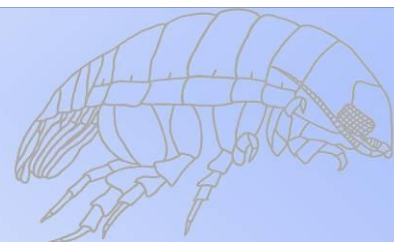


# SAM e-Rapport

Uni Research  
Uni Miljø, SAM-Marin





e-Rapport nr: 14-2013

*MOM C-undersøkelse ved Stokkvika i Hemne kommune,  
februar 2012*

Rune Haugen  
Tone Vassdal  
Stian Ervik Kvalø



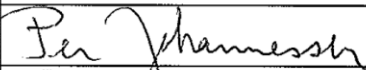

 <b>uni Research</b>	<b>SAM-Marin</b>	 Test 157
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25	Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA	

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse ved Stokkvika i Hemne kommune, Februar 2012	Dato: 22.04.13 Antall sider og bilag: 37
Forfatter(e): Rune Haugen, Tone Vassdal, Stian Ervik Kvalø	Prosjektleder: Stian Ervik Kvalø Prosjektnummer: 806321

Oppdragsgiver: Aqua Gen AS	Tilgjengelighet: Åpen
----------------------------	-----------------------

Abstract: A recipient survey was conducted at the aquaculture facility at Stokkvika in Hemne municipality to see wheter the aquaculture facility has any influence on the recipient. In general the conditions were good with regards to the parameters studied; fauna, phosphorous, copper, organic matter in sediment for all stations included in this survey and it can be concluded that the aquaculture facility has no negative effects on its recipient.

Keywords: Benthos, Chemistry, sediment, recipient	Emneord: Fauna, kjemi, sediment, resipient	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 14-2013
---	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	Per Johannessen	
Prosjektet / undersøkelsen:	Stian Ervik Kvalø	

---

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

**Følgende er utført akkreditert:**

**Prøvetaking til Bunnfauna og kjemi analyser, samlet av:** Arild Kjerstad og Christian Bø

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Nargis Islam

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Tom Alvestad og Per Johannessen

**Rapportering utført av:** Rune Haugen, Tone Vassdal og Stian Ervik Kvalø

**Glødetapsanalyser utført av:** Helge Grønning

**Kornfordelingsanalyser utført av:** Helge Grønning

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Blåstål

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Norsk Miljøanalyse AS **akkrediteringsnummer** Test 003

Akkreditert: kobber, sink, fosfor, TOC

Ikke akkreditert: -

**Andre:**

**INNHold**

<b>1 INNLEDNING .....</b>	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Undersøkelsesområdet.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder .....</b>	<b>6</b>
2.2.1 Hydrografi .....	7
2.2.2 Sediment.....	7
2.2.3 Kjemiske analyser .....	8
2.2.4 Bunndyr.....	9
<b>2.3 Produksjonsdata fra anlegget .....</b>	<b>11</b>
<b>3 RESULTATER OG DISKUSJON.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Hydrografi.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 Sediment.....</b>	<b>13</b>
<b>3.3 Kjemi.....</b>	<b>14</b>
<b>4 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØKELSE.....</b>	<b>19</b>
<b>5 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....</b>	<b>19</b>
<b>6 LITTERATUR.....</b>	<b>21</b>
<b>7 VEDLEGG.....</b>	<b>22</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Stokkvika, Hemne kommune, lokalitetsnummer 19015. Innsamlingene ble gjennomført 18. februar og den 19. april 2012.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å undersøke miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Stokkvika. Med resipient menes her det sjøområdet som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser. Stokkvika har vært i bruk siden våren 2003.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), Vanndirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009) og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

Undersøkelsen er utført av Havbrukstjenesten AS og Uni Miljø, SAM-Marin på oppdrag fra Aqua Gen AS. SAM-Marin er en seksjon ved forskningsselskapet Uni Research AS, har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 21 år og utført miljøundersøkelser i 11 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

## 2 MATERIALE OG METODER

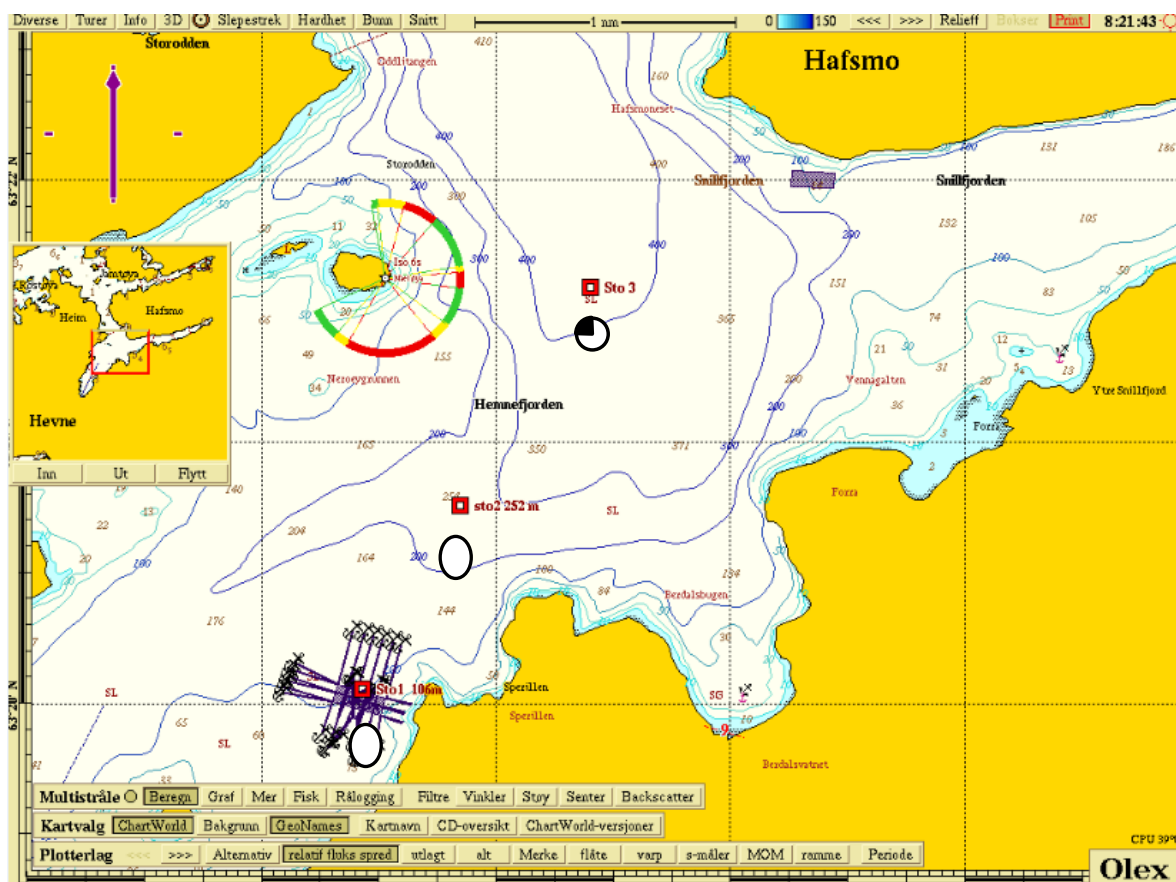
### 2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger øst i Hemnefjorden (Figur 2.1). Anlegget ligger øst i Hemnefjorden, 3km nordøst for Holla i et grunt område. Lokaliteten er lite til moderat eksponert for strøm og moderat eksponert for bølger. Strømmåling fra lokaliteten viser at hovedstrøms- retningen er mot nordvest.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra Havbruksstjenestens egen båt ”Blåstål” den 18. februar 2012 med Havbruksstjenestens eget toktpersonell Arild Kjerstad og Christian Bøe. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (Sto 1), en i overgangssonen (Sto 2), samt en fjernsone (Sto 3). Fjernsonen ble tatt den 19. april av Rune Haugen. Grunnen til at Sto 3 ble tatt senere var at det ved første gang ble valgt feil fjernsone. Prøvestedene ble valgt ut i fra dybde.

Dominerende strømreretning går mot nordvest, men disse vannmassene går lengre ut nordover i fjorden.



**Figur 2.1.** Oversiktskart (innfelt bilde) og mer detaljert kart ved lokaliteten Stokkvika. Vurdering av miljøforholdene er vist som kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex

**Tabell 2.1.** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Stokkvika, Hemnefjorden i februar og april 2012. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en van Veen-grabb med åpning 0,1m<sup>2</sup> til alle prøver (fullt kammer 17 l).

Sto 1	Hemnefjorden	106	1	11	Kjemi, og geologi, pH og $E_h$
18.02-2012	63° 20.055 N		2	11	Biologi
	09° 10.857 Ø		3	12	Biologi
Alle hugg bestod av i hovedsak silt og leire					
Sto 2	Hemnefjorden	252	1	16	Kjemi, og geologi, pH og $E_h$
18.02-2012	63° 20.754 N		2	17	Biologi
	09° 11.697 Ø		3	17	Biologi
Alle hugg var en blanding av silt og leire					
Sto 3	Hemnefjorden	403	1	17	Kjemi, og geologi, pH og $E_h$
19.04-2012	63° 21.587 N		2	17	Biologi
	09° 12.808 Ø		3	17	Biologi
Alle hugg var en blanding av silt og leire					

### 2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

### 2.2.2 Sediment

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

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984).

Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen.

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

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

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

### 2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra ett av huggene for hver stasjon til analyse av kjemiske parametre. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Analysen av Nitrogen-Kjeldahl i sedimentet ble utført etter Tecatro AN 300. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. 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 redokspotensialet ( $E_h$ ) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter.  $E_h$  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 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetning av fortynnet formalin bufret 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 blir oppbevart ved SAM-Marins lokaler i Høyteknologisenteret i Bergen i fem år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i bunndyranalysene. Planktoniske

organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene 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) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Direktorsgruppa Vanndirektoratet 2009) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad.

Artsdiversiteten ( $H'$ ) og NQII beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Både Shannon-Wiener indeks ( $H'$ ) og NQII er biologiske indekser som skal benyttes. Mens  $H'$  kun sier noe om diversiteten, gir NQII et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det finnes i sedimentet. Ved rapportering skal den verste av de to tilstandsklassene telle. 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 parameterne som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Veileder 01:2009, Direktoratgruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasser					
		I	II	III	IV	V	
		Bakgrunn/ Meget god	God	Moderat/ Mindre god	Dårlig	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
	Oksygen metn. **	%	>0,65	65-50	50-35	35-20	<0,20
<b>Sediment</b>	Shannon-Wiener ind. (H')		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	NQI1		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Organisk karbon	mg TOC/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

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

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

**Tabell 2.3.** Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen 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 anlegget

Lokaliteten Stokkvika har vært i bruk siden mai 2003, og er en stamfisklokalitet, med relativt beskjeden produksjon. Se tabell for fôrforbruk de siste 6 årene, tabell 2.4. under.

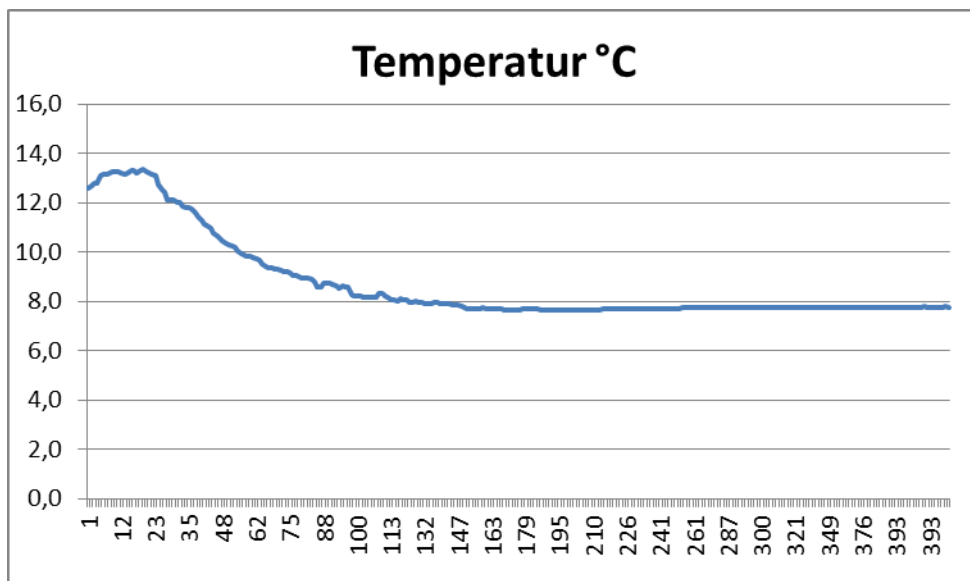
**Tabell 2.4.** Fôrforbruk målt i tonn på årsbasis på Stokkvika siden 2006 frem til prøvetidspunkt den 19.02.2012.

Årstall	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Fôrforbruk i tonn	200	1198	511	250	1033	402	1492

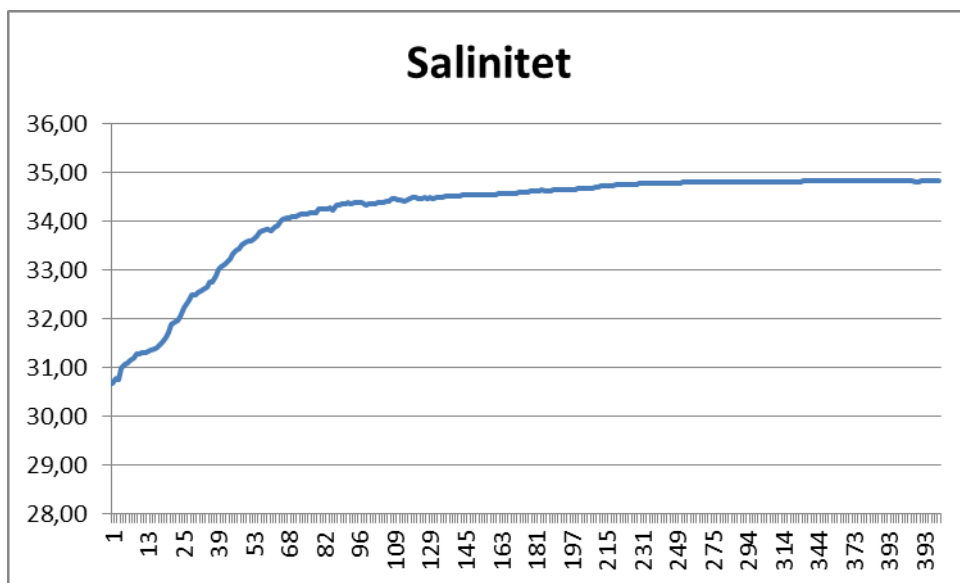
### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi.

Målingene ble tatt 28.09.2012 ved hjelp av CTD. Temperatur, saltholdighet, og oksygenforhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Sto 3. Resultatene er presentert i Figur 3.1 – 3.2. Oksygenverdiene er ikke presentert her da målingene fra CTD ikke var korrekte.



Figur 3.1 Temperatur fra overflate til bunn.



Figur 3.2 Salinitet (i promille) fra overflate til bunn.

Temperaturen på stasjon Sto 3 var 13 °C i overflaten. Fra rundt 20m og nedover til omtrent 100 m dyp faller den jevnt ned til 8 °C grader, fra 100 m og ned er den tilnærmet uendret, og ligger i underkant av 8 °C. Saltholdigheten var rundt 31 promille ved overflaten, men stiger fra der av ned til 50 m jevnt til 34, fra 50 m og ned til bunnen ligger den mellom 34 og 35 promille hele veien.

CTD målingene er utelatt grunnet feil ved instrument. Artssammensetningen i bunnfaunaen kan derimot brukes som indikator på oksygeninnholdet i bunnvannet og kan her tolkes til at oksygenforholdene er moderat til gode.

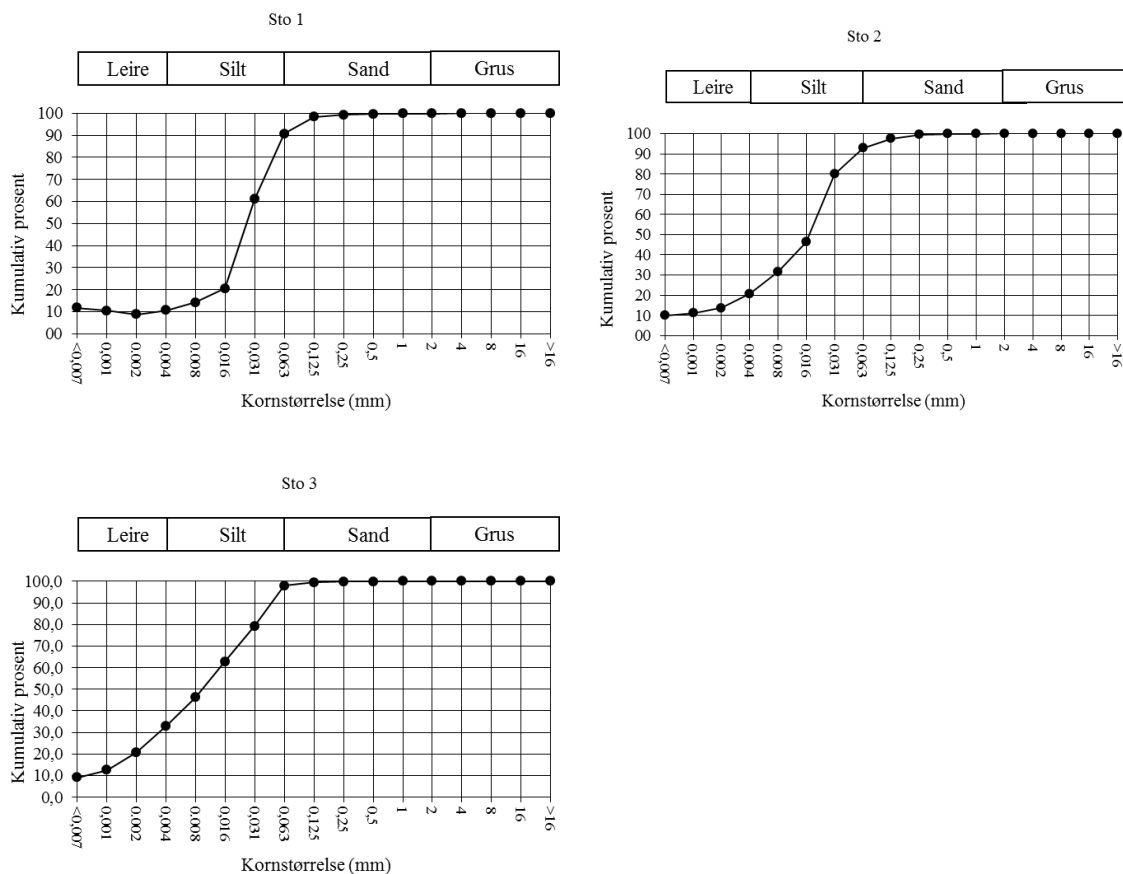
### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra 2012 er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.3.

**Tabell 3.1.** Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Stokkvik i 2012.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
<b>Sto 1</b>	106	3,8	11	80	91	9	0
<b>Sto 2</b>	252	8,5	21	72	93	7	0
<b>Sto 3</b>	403	10,8	33	65	98	2	0

Sedimentet ved alle tre stasjoner er forholdsvis likt, og fin kornet. Sedimentet ved alle stasjonene bestod for det meste av silt, Sto 1 80 %, Sto 2 72 % og på fjernstasjonen Sto 3, den dypeste, var andelen av silt lavest med 65 %. Denne dypeste stasjonen hadde høyest andel leire (33 %) og lavest andel sand (2 %) av de tre stasjonene. På den grunneste stasjonen, Sto 1 var andelen sand høyest (9 %) og leire lavest (11 %). Organisk innhold i sedimentet beregnet ut fra glødetapet er lavt (mellom 4- 11 % for alle stasjonene), og som forventet ut fra sedimentsammensetningen. Glødetapet gir dermed ikke indikasjon på tilførsel av organisk materiale utover naturlige nivåer.



**Figur 3.3.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Sto 1, Sto 2 og Sto 3.

### 3.3 Kjemi

#### Sedimentanalyser

Innholdet av tungmetallene kobber og sink var meget lavt på alle tre stasjonene, og gir beste tilstandsklasse I, bortsett fra kobber verdien for Sto 3 som fikk tilstandsklasse II, god (Tabell 3.2). Andelen fosfor var relativt lav på alle tre stasjonene.

Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt. På nærstasjonen Sto 1 fikk den normaliserte TOC verdien tilstandsklasse I (meget god), mens Sto 2 fikk III (mindre god) og Sto 3 fikk den normaliserte TOC verdien tilstandsklasse IV (dårlig, Tabell 3.2). En slik lav TOC verdi er ikke unormalt i dype fjorder.

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

Stasjon	Totalt organisk karbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	Kobber mg/kg TS	Tørrstoff (TS) %
Sto 1	14	15,7	1200	61	17	62,6
Sto 2	29	30,3	900	97	28	54,5
Sto 3	36	36,4	900	120	37	42,3

### Måling av pH og redokspotensial ( $E_h$ )

Resultatene fra pH og  $E_h$  sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM B-undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1. Kjemiske målinger (pH og  $E_h$ ) ga gode pH- og  $E_h$ -verdier for alle stasjonene, noe som ga tilstand 1, beste, for disse stasjonene (se Vedleggstabell 1).

### 3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.3 - 3.4, Figur 3.3- 3.4, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i februar-2012. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra Sto 1 like ved anlegget, ble det på 0,2 m<sup>2</sup> av bunnen funnet til sammen 48 arter med til sammen 556 individer. Nærsonen i en MOM-C undersøkelse skal i følge NS 9410 vurderes ut fra eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg (tabell 2.3). Etter klassifiseringssystem i MOM-standard fikk stasjonen Sto 1 Miljøtilstand 1 (Meget god). Den mest tallrike arten på stasjon Sto 1 var skjellet (Bivalvia) *Thyasira sarsi*, som utgjorde nesten 39 % av alle individer med 218 individer. Nummer to mest vanlige art var også et skjell (Bivalvia), *Abra nitida*. Denne arten utgjorde nesten 6 % av alle individer med 33 stk. Den tredje mest vanlige arten på stasjonen var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* med 32 stk og 5,8% av individantallet. De ti mest vanlige artene utgjorde nesten 75% av alle registrerte individer. Det ble registrert en god artsdiversitet på stasjonen og kurven for de geometriske klasser viste også gode forhold med hensyn til bunndyrsfauna på stasjonen i nærsonen.

Stasjon Sto 2 er utelatt fra bunndyrsanalyser da forholdene på nær og fjernstasjonen er gode.

På fjernstasjon Sto 3, på 403 meter, ble det funnet til sammen 19 arter fordelt på 104 individer. I følge NS-9410 skal fjernsone vurderes etter Klif –standard (Tabell 2.2). Artsdiversiteten ble beregnet til 2,41 i snitt av de to grabbhuggene noe som tilsvarer tilstandsklasse III-Moderat/Mindre god. Indeksen som beskriver artenes ømfintlighet (AMBI) kommer ut som «uforstyrret» og indksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir artsamfunnet på stasjonen henholdsvis tilstandsklasse I-«meget god» og II-«god». På Sto 3 på 403 meters dyp var den mest tallrike arten (Sipunculidea) *Onchnesoma steenstrupi* med 55,8 % og 58 stk. Nummer to mest vanlig var skjellet (Bivalvia) *Thyasira equalis*, med 8,7% og 9 registrerte individer. Slangestjernen *Amphilepis norvegica* var den tredje mest vanlige arten på stasjon Sto 3. Denne utgjorde 5,8 % av individene med 6 stk. De ti mest vanlige artene utgjorde 91 % av alle registrerte individer på det undersøkte arealet på 0,2 m<sup>2</sup> av bunnen. Kurven for de geometriske klasser viser også en lavere artdiversitet enn på stasjon Sto 1.

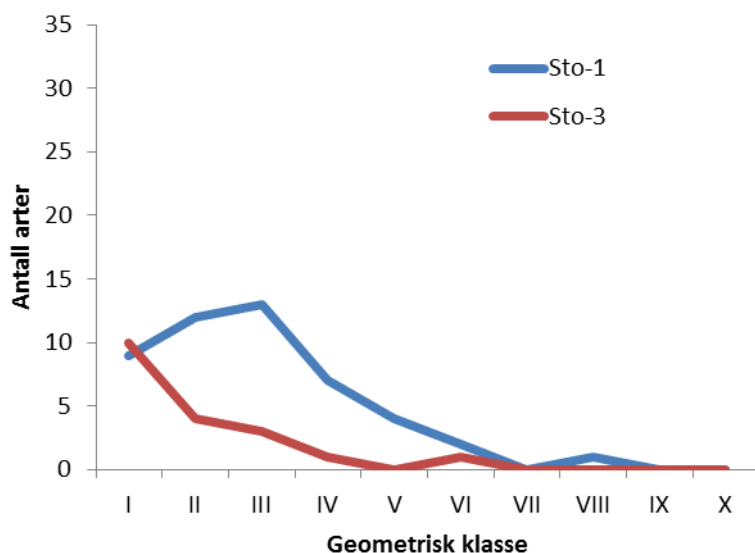
De multivariate analysene viste at det var likhet mellom huggene fra samme stasjon. Det er imidlertid stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter som ble funnet og hvor mange individer det var av hver art (Figur 3.5 og 3.6).

**Tabell 3.3.** Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon/ Dyp	Hugg nr.	Ind. ant.	Arter ant.	Diversitet (H')	MOM TK	Jevnhet (J)	H'- max	AMBI	NQI1	NQI2
Sto 1	2	302	38	3,61		0,69	5,25	2,631	0,69	0,61
106 m	3	254	40	3,96		0,74	5,32	2,455	0,72	0,65
Nærsone	Sum	<b>556</b>	<b>48</b>	<b>3,90</b>	<b>1</b>	<b>0,70</b>	<b>5,58</b>			
	Snitt	278	39	3,78		0,72	5,28	2,54	0,70	0,63
Sto 3	2	51	15	3,07		0,78	3,91	1,286	0,74	0,66
403 m	3	53	10	1,76		0,53	3,32	0,5	0,75	0,61
Fjernsone	Sum	<b>104</b>	<b>19</b>	<b>2,63</b>		<b>0,62</b>	<b>4,25</b>			
	Snitt	52	12,5	2,41		0,66	3,61	0,89	0,75	0,64

I – Meget god    II – God    III – Mindre god    IV – Dårlig    V – Meget dårlig

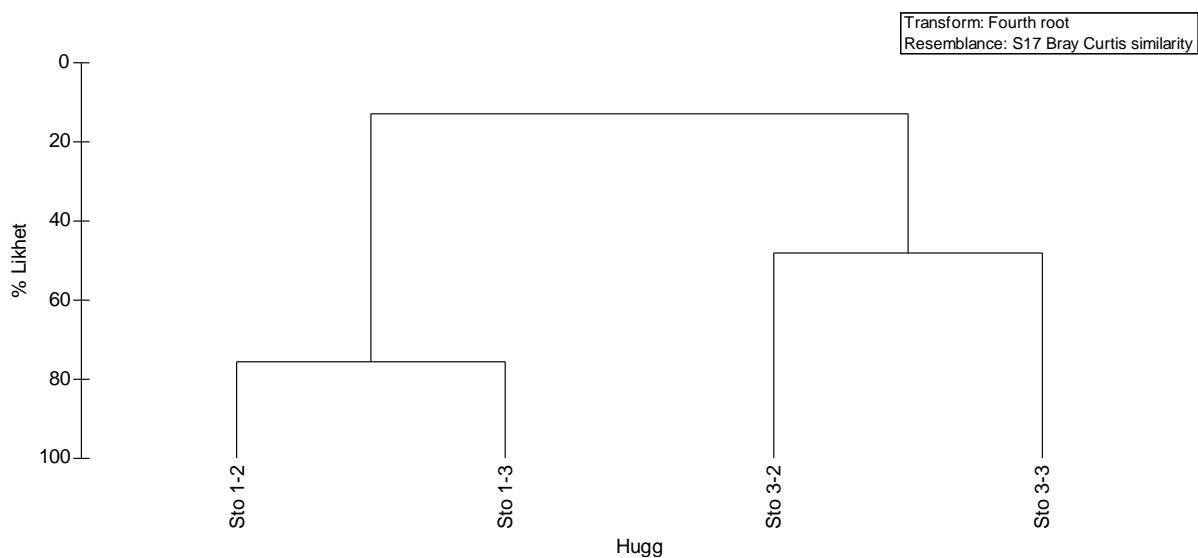
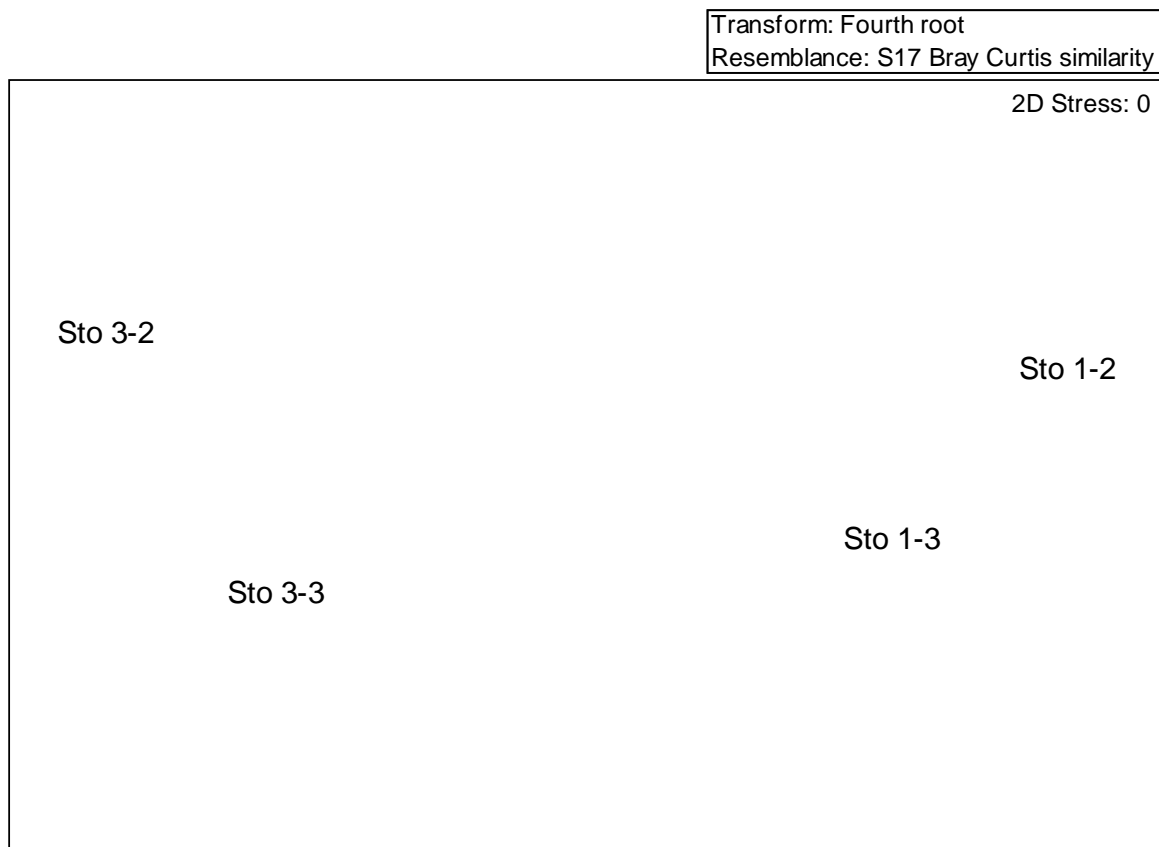




Figur 3.3. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.4. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Stasjon: Sto1-12				Stasjon: Sto3-12			
Art:	0,2m2 Ant. ind.	%	Kum. %	Art:	0,2m2 Ant. ind.	%	Kum. %
<i>Thyasira sarsi</i>	218	39,2	39,2	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	58	55,8	55,8
<i>Abra nitida</i>	33	5,9	45,1	<i>Thyasira equalis</i>	9	8,7	64,4
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	32	5,8	50,9	<i>Amphilepis norvegica</i>	6	5,8	70,2
<i>Lipobranchus jeffreysii</i>	26	4,7	55,6	<i>Pholoe baltica</i>	5	4,8	75,0
<i>Notomastus latericeus</i>	23	4,1	59,7	<i>Heteromastus filiformis</i>	5	4,8	79,8
<i>Mendicula ferruginosa</i>	23	4,1	63,8	<i>Chaetozone sp.</i>	3	2,9	82,7
<i>Lumbrineridae indet.</i>	17	3,1	66,9	<i>Terebellides stroemi</i>	3	2,9	85,6
<i>Chaetozone sp.</i>	15	2,7	69,6	<i>Caudofoveata indet.</i>	3	2,9	88,5
<i>Maldanidae indet.</i>	15	2,7	72,3	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	2	1,9	90,4
<i>Diplocirrus glaucus</i>	13	2,3	74,6	<i>Ceratocephale loveni</i>	1	1,0	91,3



**Figur 3.4.** MDS- og clusterplot på huggnivå for stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

#### **4 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØKELSE**

Det er ikke gjennomført MOM-C undersøkelser i området tidligere. Heller ikke utvidede MOM-B undersøkelser. En har da ingen data å sammenligne denne undersøkelsen mot.

#### **5 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON**

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdretts-lokaliteten Stokkvika i Hemnefjorden i Hemne kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført i februar og april 2012. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, én ved anlegget, én i overgangssonen og én dypere, lengre nord i fjorden.

Det ble ikke registrert klare sjiktinger i vannsøylen for temperatur- eller saltholdighetsverdier. Målte oksygenverdier kan ikke benyttes grunnet feil på instrument. Men det var ikke tegn på dårlige oksygenforhold i bunnvannet grunnet moderat god tilstand hos bunnfauna.

Det var forskjellig dyp på de tre prøvestasjonene, fra 106 til 403 meter, men sedimentet var omtrent likt på alle. På alle tre stasjonene var sedimentet fint, med silt som dominerende komponent, fra 65 til 80 %, deretter en leire- andel fra 11 til 33 %. Den dypeste stasjonen bestod av det fineste materialet med en total leire/silt andel på 98 %. Det var små mengder sand på alle stasjonene, men maksimum på Sto 1 på 9 %.

Det var ingen lukt av H<sub>2</sub>S, mørkere farge eller andre sensoriske indikatorer på organisk forurensing ved noen av stasjonene, og verdier for pH og redokspotensial påviste beste tilstand ved alle tre stasjonene. De kjemiske analysene viste lave verdier, noe som ga beste tilstand for kobber og sink, bortsett fra kobber verdien for Sto 3 som fikk tilstandsklasse II, god. Innholdet av organisk karbon (TOC) var lavt på Sto 1 høyere på Sto 2 og høyest på Sto 3.

Analysene av bunnfauna påviste gode til meget gode forhold ved fjernstasjonen Sto 3 i henhold til alle målte indekser og kvalitativ vurdering, og indikerer normal, uforstyrret sjøbunn. Nærstasjonen Sto 1 ga MOM-standarden ga miljøtilstand 1 (meget god). På dette grunnlaget var det ikke behov for å analysere Sto 2 nærmere for fauna.

Totalt vil dette si at det kan påvises litt organisk påvirkning fra anlegget ved fjernstasjonen (Sto 3), da denne fikk TK IV, mindre god for TOC. De andre parameterne ga lite og ingen utslag som kan tilsi at de andre stasjonene er påvirket av organisk forurensing eller annen forurensning. Årsaken til den dårlige TOC- verdien på Sto 3 er sannsynlig et utslag på tilførsel av organisk materiale.

## 6 LITTERATUR

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og Samlerapport 1990-91. Niva Overvåkingsrapport 510/93. SFT TA 914/1993.
- 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.
- Direktoratsgruppa Vanddirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- 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*.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund*.

## **7 VEDLEGG**

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata .....</i>	<i>23</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere. ....</i>	<i>31</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste .....</i>	<i>32</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>36</i>

**GENERELL VEDLEGGSDDEL****Analyse av bunndyrsdata****Generelt**

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

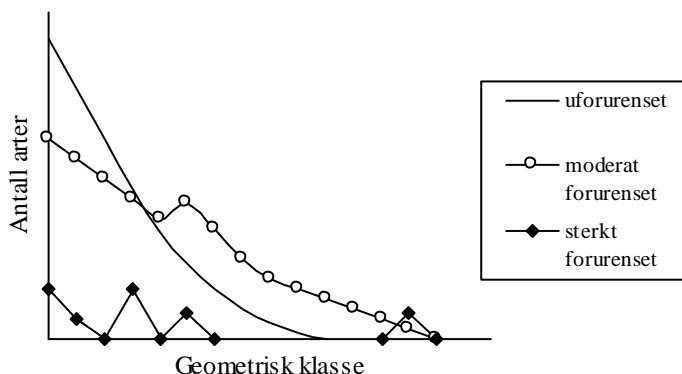
**Geometriske klasser**

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

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

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

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



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

### Univariate metoder

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

### Diversitet.

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

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

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

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

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

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

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

**Hurlbert diversitetsindeks  $ES(100)$**  er beskrevet som:

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



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

**Diversitetsindeksen  $SN$**  er beskrevet som:

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

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

### Ømfintlighet

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

### Sammensatte indekser

Sammensatte indekser NQI1 og NQI2 bestemmes ut fra både artsmangfold og ømfintlighet. NQI1 er brukt i NEAGIG (den nordost-atlantiske interkalibreringen). De fleste land bruker nå sammensatte indekser av samme type som NQI1 og NQI2.

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

$$NQI2 \text{ (Norwegian quality status, version 2)} = [0.5*(1-AMBI/7) + 0.5*(H'/6)]$$

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

### Referansetilstand og klassegrenser

Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene\*:

Indikativ parameter	Referanse-verdi	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indikativ parameter (nye verdier, 2008)				
		Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
NQI1	0.78	>0.72	0.63-0.72	0.49-0.63	0.31-0.49	<0.31
NQI2	0.73	>0.65	0.54-0.65	0.38-0.54	0.20-0.38	<0.20
$H'$	4.4	>3.8	3.0-3.8	1.9-3.0	0.9-1.9	<0.9
$ES_{100}$	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9.0	>8.4	7.5-8.4	6.1-7.5	4.2-6.1	<4.2

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

### 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 miljøgradienter. Miljøgradienten trenger ikke å være en gradient fra “godt” til “dårlig” miljø. Gradienten kan f.eks. være mellom brakkvann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

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

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

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

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

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

p = totalt antall arter

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

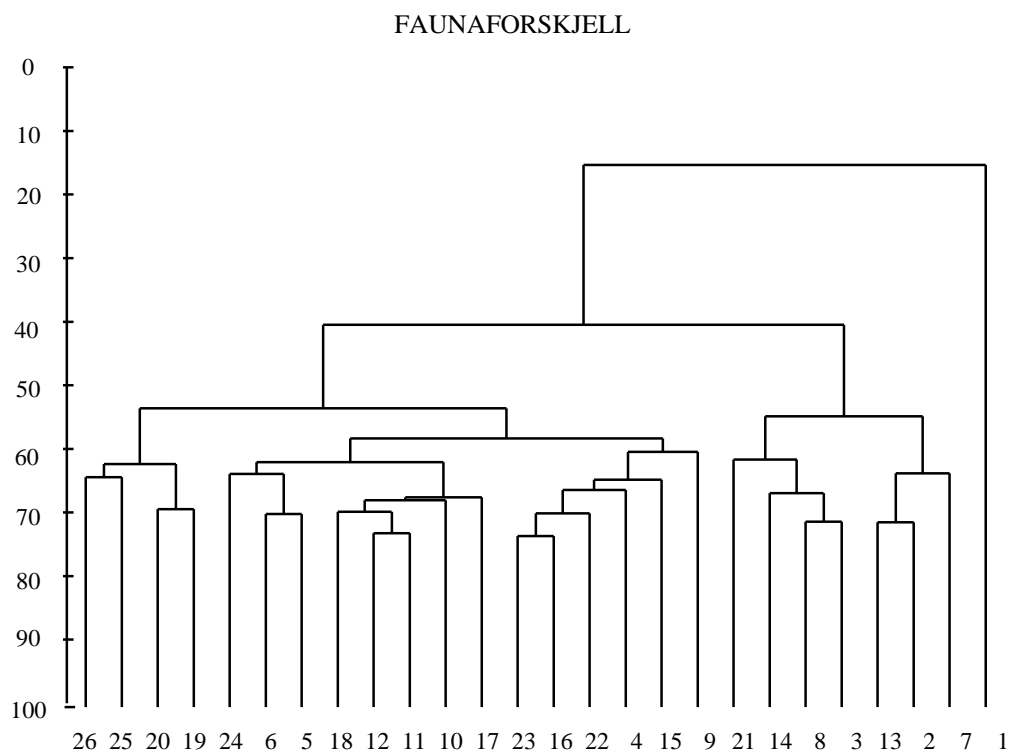
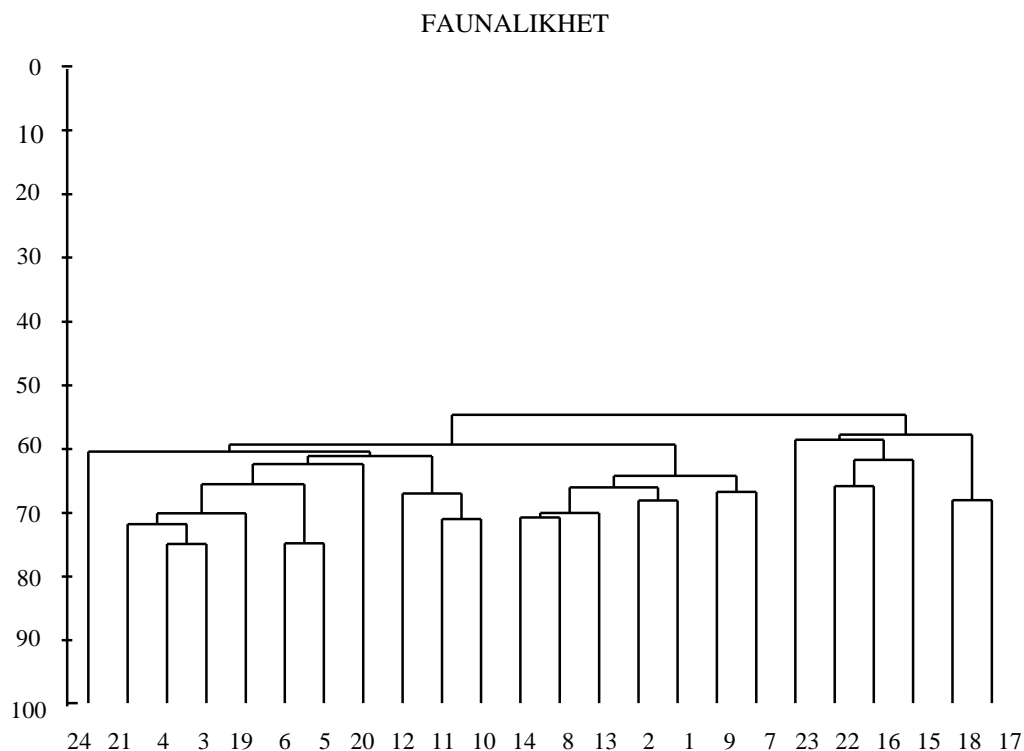
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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**

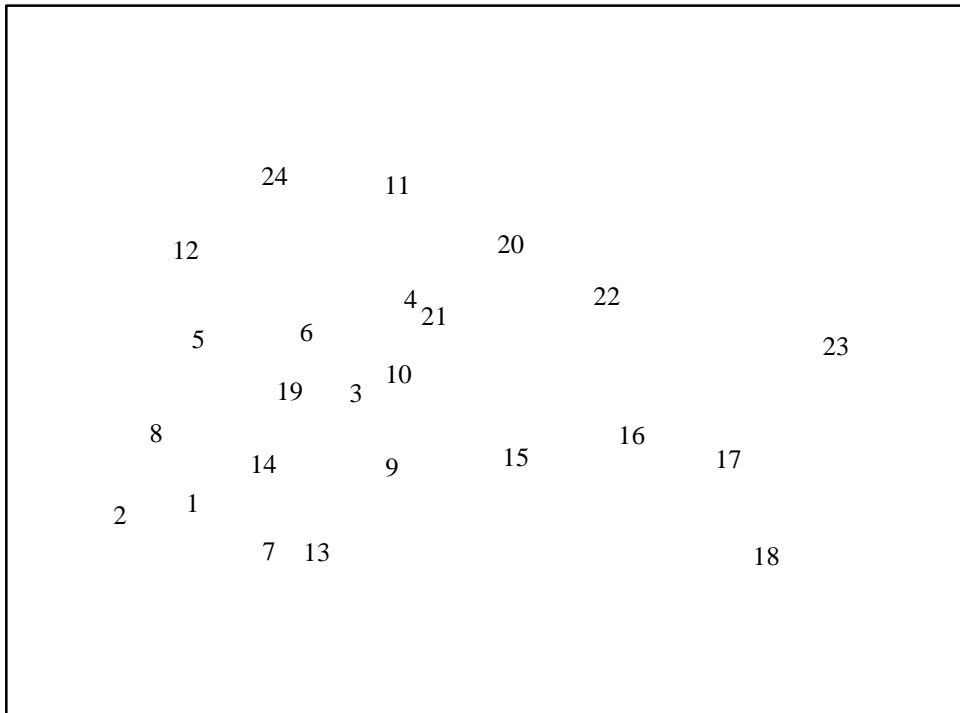
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet ( $J$ ),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro 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. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

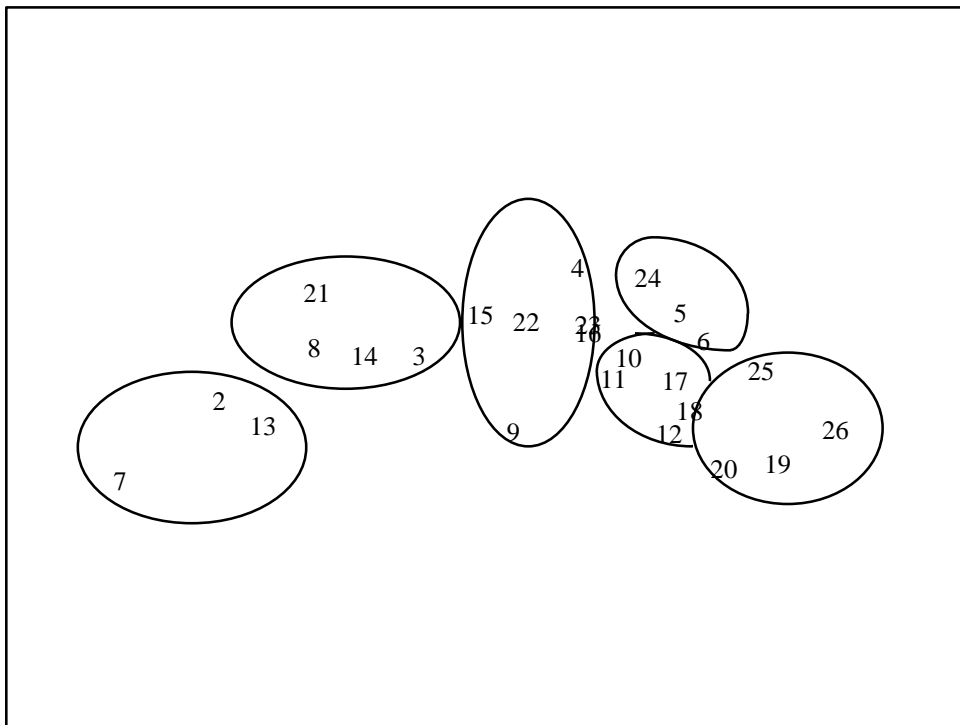


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

### Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs 27:325-349*.
- 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.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

## Vedleggstabell 1. MOM B-parametre

HAVBRUKSTJENESTEN AS									
Firma: Aqua Gen									
Lokalitet: Stokkvika									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			Sto 1	Sto 2	Sto 3				
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
	pH	Målt verdi	7,44	7,50	7,38				
	Eh (mV)	Målt verdi	1	103	9				
II		plus ref. potensial	232	334	240				
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	0	0				0,00
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II)		1						
	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)							
III	Konsistens	Fast (0)							
		Myk (2)	2						
		Løs (4)		4	3				
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)							
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1						
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)		2	2				
	Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0				
		$2\text{cm} \leq t < 8\text{cm}$ (1)							
		$t \geq 8$ cm (2)							
	Sum		3	6	5				
	Korr. Sum (0,22)		0,66	1,32	1,10				1,03
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe III)		1						
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,33	0,66	0,55				0,51
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
	Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi								
		Tilstand							
		Gruppe 1	Gruppe II og III						
		A	1,2,3,4						
		4	1,2,3						
	4	4							
	<b>Tilstand</b>								<b>1</b>

## Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



**Oppdragsgiver (navn og adresse): Aqua Gen AS, Industriveien 13**

**Prosjekt nr.: 806321**

**Prøvetakingssted (område): Stokkavika**

**Dato for prøvetaking: 18.02.2012**

**Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruktstjenesten AS**

**Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -**

**Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad**

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

**Opplysninger om merker i artslisten:**

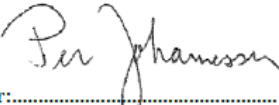
For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

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

**Andre opplysninger:**

Tabellen starter på neste side og består av:2 sider.

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

  
 Signatur:.....  
 Godkjent taksonom



Lokalitetsnavn	Stokkavika	Stokkavika	Stokkavika	Stokkavika
Stasjonsnavn	Sto 1	Sto 1	Sto 3	Sto 3
Dato	18/2-2012	18/2-2012	18/2-2012	18/2-2012
Dybde	106 m	106 m	403 m	403 m
Hugg	2	3	2	3
<b>ANTHOZOA</b>				
<b>PLATYHELMINTES</b>				
<b>NEMERTINI</b>				
<i>Nemertini indet.</i>	1	1	1	
<b>ANNELIDA</b>				
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Pholoe baltica</i>		2		
<i>Pholoe pallida</i>	5	5		
<i>Eteone longa</i>	1			
<i>Glycera rouxii</i>	2	2		
<i>Goniada maculata</i>	3	2		
<i>Syllidae indet.</i>	5			
<i>Ceratocephale loveni</i>			1	
<i>Nephtys longosetosa</i>	1			
<i>Nephtys paradoxa</i>			1	
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	20	12	2	
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>			1	
<i>Lumbrineridae indet.</i>	8	9		
<i>Drilonereis filum</i>	4	8		
<i>Levinsenia gracilis</i>	5	5		1
<i>Prionospio cirrifera</i>		2		1
<i>Spiochaetopterus typicus</i>			1	
<i>Aphelochaeta sp.</i>	2	1		
<i>Chaetozone sp.</i>	9	6	2	1
<i>Diplocirrus glaucus</i>	9	4		
<i>Ophelina cylindricaudata</i>	4	2		
<i>Lipobranchus jeffreysii</i>	25	1		
<i>Dasybranchus caducus</i>	2	2		
<i>Heteromastus filiformis</i>			5	
<i>Mediomastus fragilis</i>	4	2		
<i>Notomastus latericeus</i>	7	16		
<i>Rhodine sp.</i>				1
<i>Maldanidae indet.</i>	7	8		1
<i>Galathowenia oculata</i>	1	3		
<i>Pectinaria belgica</i>		1		
<i>Melinna albicincta</i>	1			
<i>Terebellides stroemi</i>			3	
<b>OLIGOCHAETA</b>				
<i>Oligochaeta indet.</i>	2			
<b>HIRUDINEA</b>				
<b>ECHIURA</b>				

## SAM-Marin / Havbruksstasjonen

Lokalitetsnavn	Stokkavika	Stokkavika	Stokkavika	Stokkavika
Stasjonsnavn	Sto 1	Sto 1	Sto 3	Sto 3
Dato	18/2-2012	18/2-2012	18/2-2012	18/2-2012
Dybde	106 m	106 m	403 m	403 m
Hugg	2	3	2	3
<b>SIPUNCULA</b>				
<i>Phascolion strombus</i>	1	1		
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>			21	37
<b>ARTHROPODA</b>				
<b>CRUSTACEA</b>				
<b>OSTRACODA</b>				
<i>Philomedes globosus</i>		1		
<b>AMPHIPODA</b>				
<i>Amphipoda indet.</i>	2	2		
<i>Eriopisa elongata</i>			1	
<b>CUMACEA</b>				
<i>Eudorella emarginata</i>		1		
<i>Campylaspis rubicunda</i>	2	1		
<b>MOLLUSCA</b>				
<b>APLACOPHORA</b>				
<i>Caudofoveata indet.</i>	1		2	1
<b>GASTROPODA</b>				
<i>Philine scabra</i>	1	1		
<b>BIVALVIA</b>				
<i>Ennucula tenuis</i>	1			
<i>Yoldiella lucida</i>	1			
<i>Yoldiella philippiana</i>	1			
<i>Thyasira equalis</i>		6	5	4
<i>Thyasira obsoleta</i>	1	1		
<i>Thyasira sarsi</i>	127	91		
<i>Axinulus croulinensis</i>	3	5		
<i>Mendicula ferruginosa</i>	7	16		
<i>Adontorhina similis</i>		2		
<i>Parvicardium minimum</i>		2		
<i>Abra nitida</i>	17	16		
<i>Kelliella abyssicola</i>		2	1	
<b>ECHINODERMATA</b>				
<i>Amphiura chiajei</i>	3	4		
<i>Amphiura filiformis</i>	1	4		
<i>Amphilepis norvegica</i>			3	3
<i>Ophiura carnea</i>		2		
<i>Echinocardium flavescens</i>	3	2		
<i>Synaptidae indet.</i>	4	1		
<b>ENTEROPNEUSTA</b>				
<i>Enteropneusta indet.</i>		1		

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene for stasjonene Sto 1 og Sto 3.

<b>Geometrisk klasse</b>	<b>Sto-1</b>	<b>Sto-3</b>
I	9	10
II	12	4
III	13	3
IV	7	1
V	4	0
VI	2	1
VII	0	0
VIII	1	0
IX	0	0
X	0	0

## Vedleggstabell 4. Analysebevis



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

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

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

Tlf: +47 94 50 42 42

**AR-12-MX-001080-01**



**EUNOBE-00002917**

Prøvemottak: 16.04.2012  
Temperatur:  
Analyseperiode: 16.04.2012-30.04.2012  
Referanse: PO: 806321 18/12

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	<b>441-2012-0416-078</b>	Prøvetakingsdato:	18.02.2012
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Sto 1, 106 m Hugg 1	Analysestartdato:	16.04.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
<b>a) Fosfor (Cu)</b>			
Totalt fosfor (P)	1200	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2 10
a) Kobber (Cu)	17	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2 1
a) Sink (Zn)	61	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2 1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	14	mg/g tv	EN 13137 0.1
<b>a) Totalt tørrstoff</b>			
Total tørrstoff	62.6	% (v/v)	EN 14346 0.1

Prøvenr.:	<b>441-2012-0416-079</b>	Prøvetakingsdato:	18.02.2012
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerkning:	Sto 2, 252 m Hugg 1	Analysestartdato:	16.04.2012
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode: LOQ:
<b>a) Fosfor (Cu)</b>			
Totalt fosfor (P)	900	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2 10
a) Kobber (Cu)	28	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2 1
a) Sink (Zn)	97	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2 1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	29	mg/g tv	EN 13137 0.1
<b>a) Totalt tørrstoff</b>			
Total tørrstoff	54.5	% (v/v)	EN 14346 0.1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

**Bergen 30.04.2012**

*Kristine Fiane Johnson*

Kristine Fiane Johnsson

Laboratorieingeniør

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 1



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

**Eurofins Environment Testing Norway AS  
 (Bergen)**  
 F. reg. 965 141 618 MVA  
 Box 75  
 NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42  
 Fax:  
 bergen@eurofins.no

**AR-12-MX-001459-01**



**EUNOBE-00003436**

Prøvemottak: 06.06.2012  
 Temperatur:  
 Analyseperiode: 06.06.2012-14.06.2012  
 Referanse: P.nr: 806321 / ref: 40/12.  
 Stokkvika

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: <b>441-2012-0606-105</b>	Prøvetakingsdato: 19.04.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Stian Kvalø
Prøvemerkning: STO 3 403m Hugg 1	Analysestartdato: 06.06.2012
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
<b>a) Fosfor (P)</b>	
Totalt fosfor (P)	900 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 10
a) Kobber (Cu)	37 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 1
a) Sink (Zn)	120 mg/kg tv NS EN ISO 17294-2 1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	36 mg/g DS EN 13137 0.1
<b>a) Totalt tørrstoff</b>	
Total tørrstoff	42.3 % (v/v) EN 14346 0.1

### Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

**Bergen 14.06.2012**

Tommie Christensen  
 Avd.leder, Kundesenter

### Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om målesikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 1