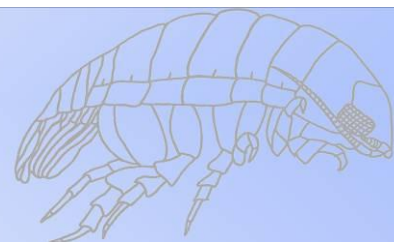


# SAM e-Rapport

Uni Research  
Uni Miljø, SAM-Marin





e-Rapport nr: 36-2012

*MOM C-undersøkelse ved Gjessingen i Åfjord kommune,  
mars 2012*

Rune Haugen  
Per Johannessen  
Stian Ervik Kvalø



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

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse ved Gjessingen i Åfjord kommune, mars 2012	Dato: 12.07.2012
	Antall sider og bilag: 37
Forfatter(e): Rune Haugen, Per Johannessen, Stian Ervik Kvalo	Prosjektleder: Erling Heggøy
	Prosjektnummer: 806273

Oppdragsgiver: SalMar Farming AS	Tilgjengelighet: Åpen
----------------------------------	-----------------------

Abstract: A MOM-C survey was conducted at Gjessingen aquaculture facility in Flesafjord in march 2012. The monitoring included geological and chemical analyses of the bottom sediment, aswell as an analysis of the benthic fauna. The analyses of the benthic fauna indicated good conditions according to the MOM standard. Chemical analyses showed low amounts of Cu and Zn placing them both in the best level.

Keywords: MOM C, Marine environmental monitoring, Benthic, Aquaculture	Emneord: MOM C, Marin miljøundersøkelse, bentisk, Akvakultur	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 36-2012
---	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	12/7-2012	
Prosjektet / undersøkelsen:	12/7-2012	

---

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

**Følgende er utført akkreditert:**

**Prøvetaking til MOM-C analyser, samlet av:** Havbrukstjenesten AS

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Ragni Torvanger og Ragna Tveiten

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Tom Alvestad og P. Johannessen

**Rapportering utført av:** R. Haugen, P. Johannessen, S.E. Kvalø

**Ikke akkreditert:**

**Geologiske analyser utført av:** H. Grønning

**LEVERANDORER**

**Toktfartøy:** Blåstål

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

Akkreditert: Kobber, Sink, Fosfor, Total tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

**Andre:** -

## INNHOOLD

<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>5</b>
<b>2 MATERIALE OG METODER</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1 Undersøkellesområdet</b> .....	<b>6</b>
<b>2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder</b> .....	<b>6</b>
<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>3.4 Bunndyr</b> .....	<b>15</b>
<b>4 SAMMENLIGNING MED TIDLIGERE UNDERSØKELSE</b> .....	<b>18</b>
<b>5 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON</b> .....	<b>18</b>
<b>6 LITTERATUR</b> .....	<b>20</b>
<b>7 VEDLEGG</b> .....	<b>21</b>

## 1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Gjessingen, Åfjord kommune, lokalitetsnummer 24315. Innsamlingene ble gjennomført 5.mars 2012.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Gjessingen. Med resipient menes her det sjøområdet som vil motta utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser. Gjessingen har vært i bruk siden våren 2005.

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), Vanddirektivets indekser (Direktoratsgruppa Vanddirektivet 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 SalMar Farming 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.

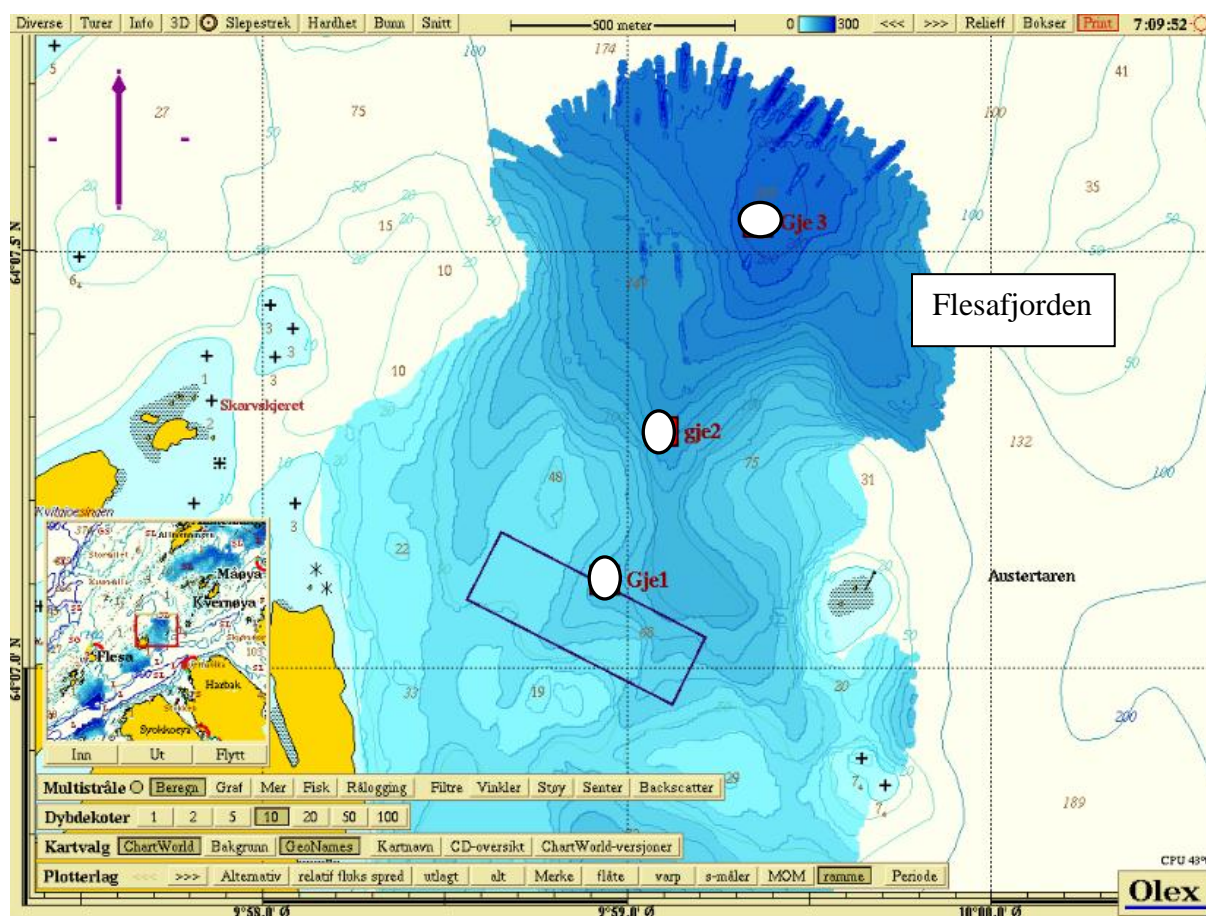
## 2 MATERIALE OG METODER

### 2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger på nordsiden av Stokkøya, i Flesafjorden (Figur 2.1). Anlegget ligger mellom holmer i et grunt område. Lokaliteten er moderat eksponert for strøm og sterkt eksponert for bølger. Strømmåling fra lokaliteten viser at hoved strøms retningen er mot nord øst.

### 2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra Havbruktjenestens egen båt ”Blåstål” den 5. mars 2012 med Havbruktjenestens eget toktpersonell Arild Kjerstad, Christian Bøe og Geir Håvard Espnes. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (Gje 1), en i overgangssonen (Gje 2), samt en fjernsone (Gje 3). Prøvestedene ble valgt ut fra dybde og dominerende strømrretning som går mot nordøst.



**Figur 2.1.** Oversiktskart (innfelt bilde) og mer detaljert kart ved lokaliteten Gjessingen. 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 Gjessingen, Flesafjorden i mars 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).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Gje 1 05.03-2012	Stokkøya 64° 07.105 N 09° 58.940 Ø	85	1	8,5	Kjemi, og geologi, pH og $E_h$ Biologi Biologi Alle hugg bestod av i hovedsak sand
			2	8,5	
			3	6,5	
Gje 2 05.03-2012	Stokkøya 64° 07.284 N 09° 59.102 Ø	134	1	12	Kjemi, og geologi, pH og $E_h$ Biologi Biologi Alle hugg var en blanding av sand og silt
			2	14	
			3	13	
Gje 3 05.03-2012	Stokkøya 64° 07.543 N 09° 59.355 Ø	206	1	13	Kjemi, og geologi, pH og $E_h$ Biologi Biologi Alle hugg var en blanding av sand og silt
			2	13	
			3	13	

### 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 forurensingsdirektoratet (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 NQI1 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 NQI1 er biologiske indekser som skal benyttes. Mens  $H'$  kun sier noe om diversiteten, gir NQI1 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 parametrene som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Direktoratgruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Bakgrunn (svært/meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen	ml O <sub>2</sub> /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener indeks ('H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	NQI1		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	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

**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> .

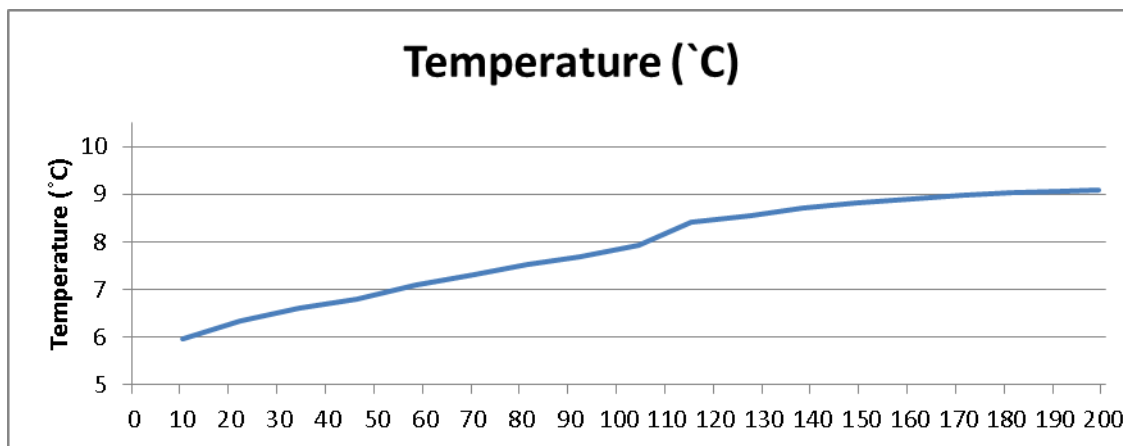
### 2.3 Produksjonsdata fra anlegget

Lokaliteten Gjessingen har hatt utsett av to generasjoner fisk. Første utsett i mai 2005 som ble utslaktet i januar 2007. Totalt ble det benyttet 6 117 tonn på denne generasjonen. Neste utsett var i mai 2009. Denne fisken ble flyttet til Masterholmen i juni 2010. Det ble foret ut 3332 tonn mens fisken stod på Gjessingen på generasjon vår 2009.

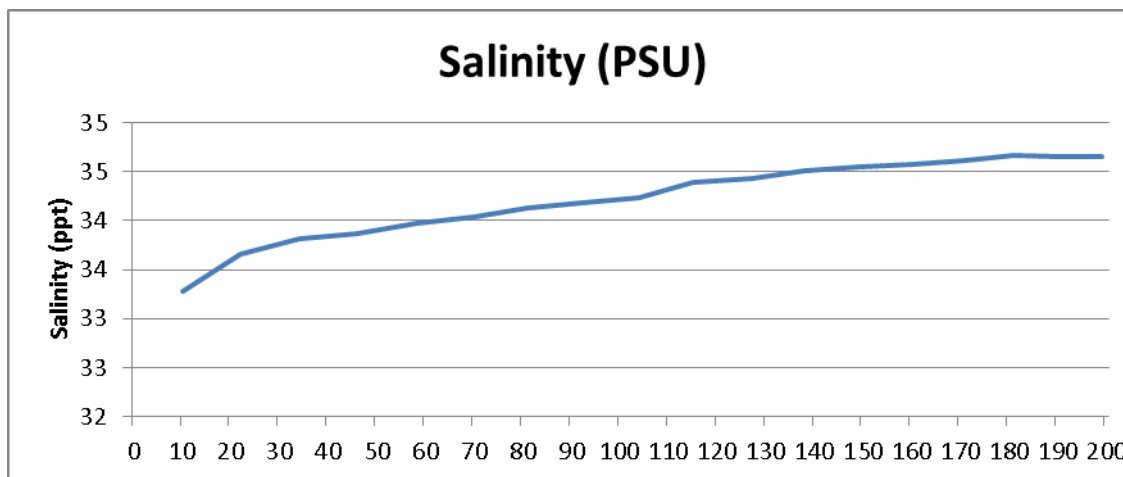
### 3 RESULTATER OG DISKUSJON

#### 3.1 Hydrografi.

Målingene ble tatt 5.3.2012 ved hjelp av CTD. Temperatur, saltholdighet, og oksygenforhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Gje 3. Resultatene er presentert i Figur 3.1.1 – 3.1.2. Oksygenverdiene er ikke presentert her da målingene fra CTD ikke var korrekte.



Figur 3.1.1. Temperatur fra overflate til bunn.



Figur 3.1.2. Salinitet fra overflate til bunn.

Temperaturen på stasjon Gje 3 var 5 °C i overflaten og økte til 8.6 °C grader på 199 m dyp. Saltholdigheten var tilnærmet lik i vannsøylen.

Grunnen til at oksygenmålingene er utelatt er fordi CTD dataene viste for høye verdier av oksygen enn hva som er normalt i Midt Norge i hele vannsøylen. Det er uklart hvorfor vi har fått for høye verdier. Artssammensetningen i bunnfaunaen kan derimot brukes som indikator på oksygeninnholdet i bunnvannet og kan her betegnes som god (se avsnitt 3.4).

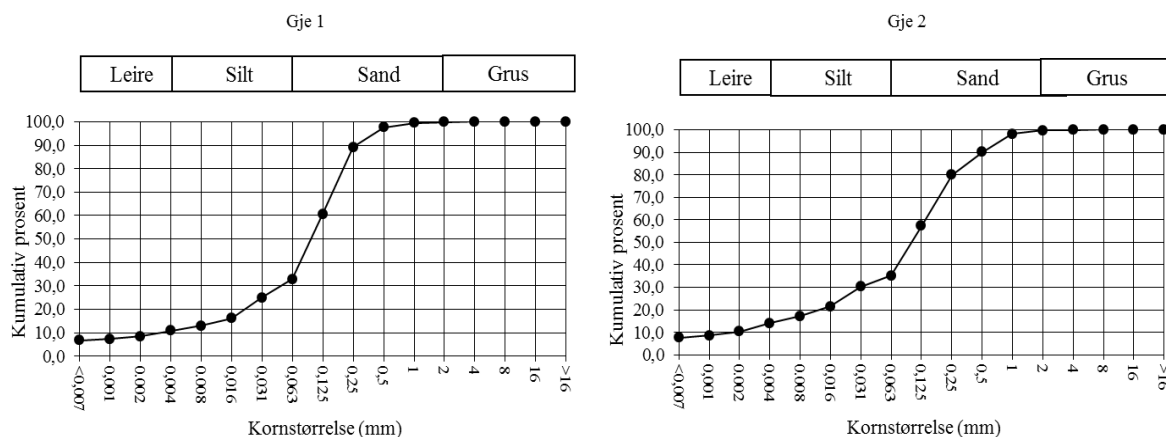
### 3.2 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra 2012 er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2.

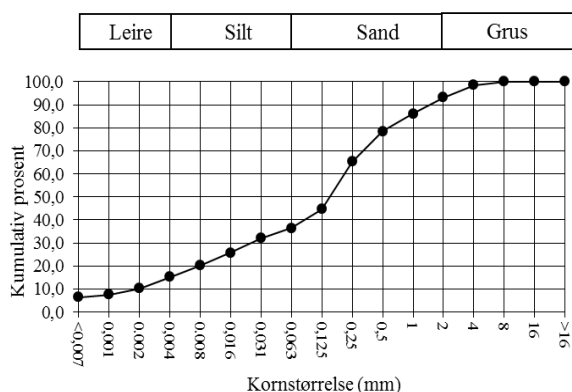
**Tabell 3.1.** Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Gjessingen i 2012.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Gje 1	85	6,24	11	22	33	67	0
Gje 2	134	5,69	14	21	35	65	0
Gje 3	206	7,97	15	21	37	57	7

Sedimentet ved alle tre stasjoner er forholdsvis likt. Sedimentet ved alle stasjonene bestod for det meste av sand, Gje 1 67 %, Gje2 65 % og på fjernstasjonen Gje 3, den dypeste, var andelen av sand lavest med 57 %. Siltandelen var lik på alle tre stasjonene, rundt 21- 22 %. Sedimentet på nærstasjonen Gje 1, den grunneste bestod av 11 % leire, sedimentet ved de to andre stasjonene bestod av 14- 15% leire. På Gje 3 var det og en andel grus på 7 %. Organisk innhold i sedimentet beregnet ut fra glødetapet er lavt (mellom 5- 8 % for alle stasjonene), og som forventet ut fra sedimentsammensetningen. Glødetapet gir dermed ikke indikasjon på tilførsel av organisk materiale utover naturlige nivåer.



## Gje 3



**Figur 3.2.** Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Gje 1, Gje 2 og Gje 3. Sandfraksjonen dominerer i kornfordelingen.

### 3.3 Kjemi

#### Sedimentanalyser

Innholdet av tungmetallene kobber og sink var meget lavt på alle tre stasjonene, og gir beste tilstandsklasse 1 (Tabell 3.2).

Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt. På nærstasjonen Gje 1 fikk den normaliserte TOC verdien tilstandsklasse I, mens på Gje 2 og Gje 3 fikk den normaliserte TOC verdien tilstandsklasse IV (Tabell 3.2).

**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	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	TK.	Sink (mg/kg)	TK.	TOC (g/kg)	Normalisert TOC (mg/g)	TK.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)
Gje 1	85	9	I	36	I	0,000076	19,66	I	0,7	66
Gje 2	134	16	I	51	I	0,00025	36,70	IV	0,65	57
Gje 3	206	14	I	52	I	0,00025	36,34	IV	0,58	61

#### 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 mars 2012. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

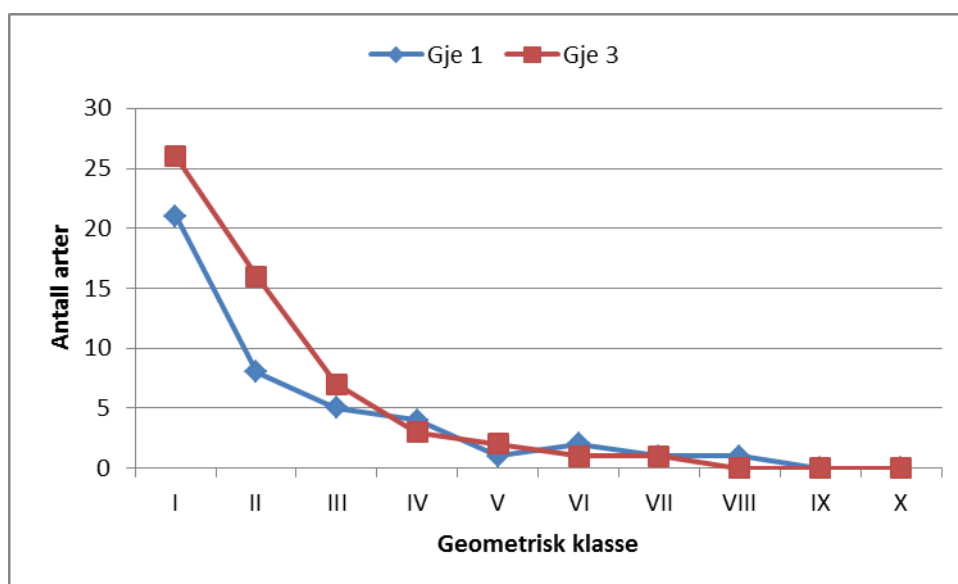
På stasjon Gje 1, på 85 m, ble det funnet 482 individer fordelt på 43 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 3,37 og en jevnhet på 0,62. Det var flest individer av børstemark i slekten *Chaetozone* (150 stk., 31,1 %), på andre plass skjellet *Thyasira sarsii* (109 stk., 22,6 %) og på tredje plass skjellet *Thyasira flexuosa* (57 stk., 11,8 %). Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse II (god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir tilstandsklasse ”god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”moderat forstyrret”.

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

På stasjon Gje 3, på 206 m, ble det funnet 316 individer fordelt på 56 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 4,18 og en jevnhet på 0,72. Arten med flest individer var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (96 stk., 30,4 %), på andre plass skjellet *Thyasira equalis* (35 stk., 11,1 %) og på tredje plass børstemark i slekten *Aphelochaeta* sp. (27 stk., 8,5 %). Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse ”svært god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”. Forholdene er svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer normal, uforstyrret sjøbunn.

**Tabell 3.3.** Antall individer, arter, diversitet ( $H'$ ), jevnhet ( $J$ ), beregnet maksimal diversitet ( $H'_{max}$ ), 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, Gul: moderat/mindre god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	Dybde	Hugg	Individer	Arter	Diversitet			AMBI	NQI1	NQI2	MOM		KLIF	
					$H'$	$J$	$H'_{max}$				TK	TK		
Gje 1	85 m	2	197	30	3,32	0,68	4,91							
	85 m	3	285	33	3,21	0,64	5,04							
	Sum		482	43	3,37	0,62	5,43	3,31	0,64	0,54	I	-		
Gje 3	206 m	2	164	48	4,33	0,78	5,58							
	206 m	3	152	30	3,55	0,72	4,91							
	Sum		316	56	4,18	0,72	5,81	2,59	0,73	0,66	-	I		



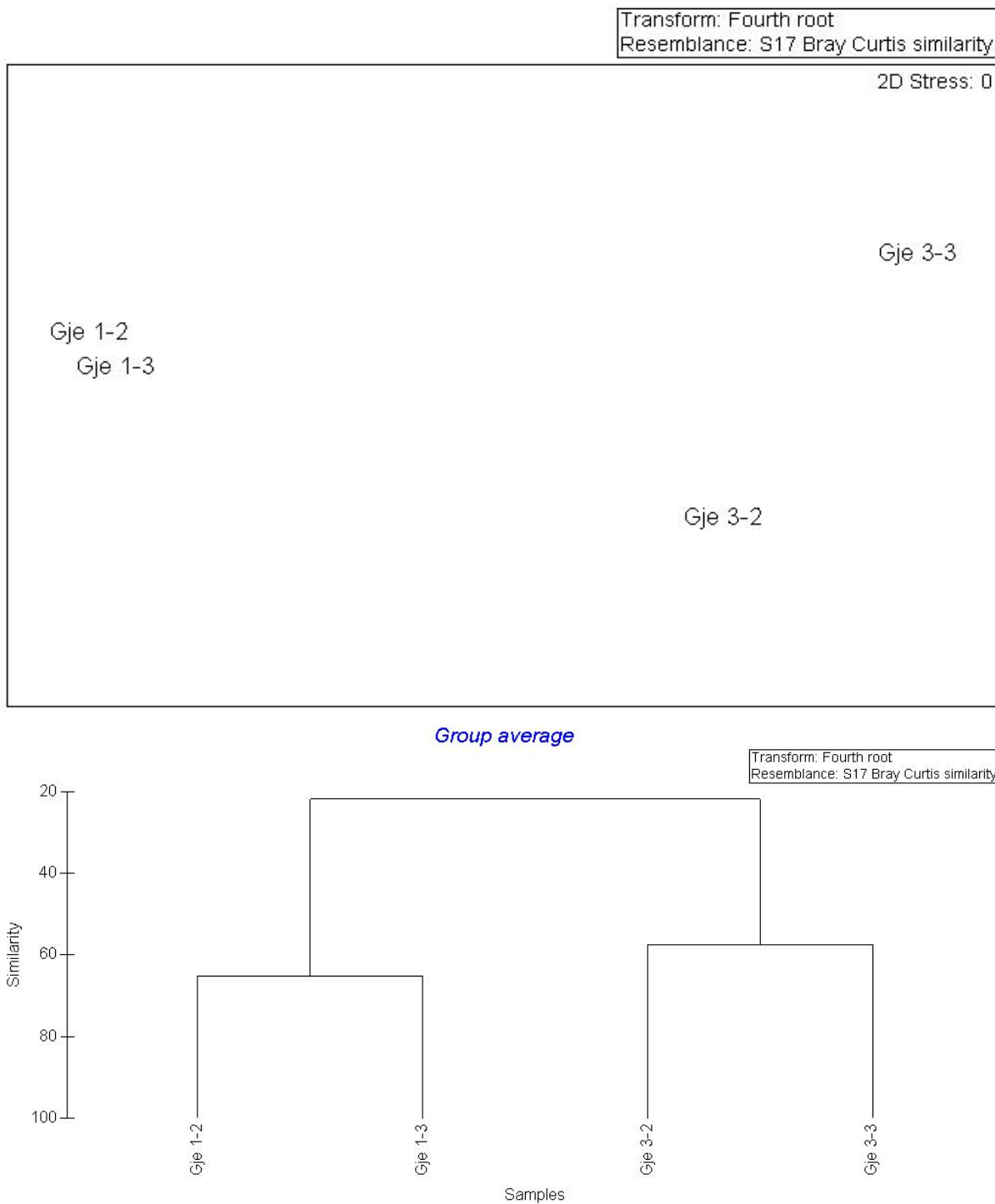
**Figur 3.3.** Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

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

Gje 1	Antall	%	kum. %
<i>Chaetozone</i> sp.	150	31,1	31,1
<i>Thyasira sarsii</i>	109	22,6	53,7
<i>Thyasira flexuosa</i>	57	11,8	65,6
<i>Scoloplos armiger</i>	38	7,9	73,4
<i>Paraonis</i> sp.	19	3,9	77,4
<i>Ophelina acuminata</i>	13	2,7	80,1
<i>Mediomastus fragilis</i>	13	2,7	82,8
<i>Cylichnina umbilicata</i>	9	1,9	84,6
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	8	1,7	86,3
<i>Anobothrus gracilis</i>	5	1,0	87,3

Gje 3	Antall	%	kum. %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	96	30,4	30,4
<i>Thyasira equalis</i>	35	11,1	41,5
<i>Aphelochaeta</i> sp.	27	8,5	50,0
<i>Notomastus latericeus</i>	25	7,9	57,9
<i>Caudofoveata</i> indet.	15	4,7	62,7
<i>Sabellidae</i> indet.	9	2,8	65,5
<i>Lumbrineridae</i> indet.	9	2,8	68,4
<i>Rhodine</i> sp.	6	1,9	70,3
<i>Eclysippe vanelli</i>	6	1,9	72,2
<i>Amphiura chiajei</i>	5	1,6	73,7
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	5	1,6	75,3





**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 Gjessingen i Flesafjorden i Åfjord kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført i mars 2012. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, én ved anlegget, én i overgangssonen og én lengre øst i fjorden.

Det ble ikke registrert klare sjiktinger i vannsøylen for tempertur, saltholdighet eller oksygenverdier. Målte oksygenverdier kan ikke benyttes da de var høyere enn hva som er normalt. Men det var ikke tegn på dårlige oksygenforhold i bunnvannet grunnet rik bunnfauna.

Det var forskjellig dyp på de tre prøvestasjonene, fra 85 til 206 meter, men sedimentet var omtrent likt på alle. På alle tre stasjonene var sedimentet noe grovt, med sand som dominerende komponent, fra 57 til 67 %, deretter en silt/leire- andel på rundt 35 % for alle stasjonene.

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. Innholdet av organisk karbon (TOC) var lavt på Gje 1 (TK I), men høyt på Gje 2 og Gje 3 (TK IV). Det må spesifiseres at SFTs klassifiseringssystem for TOC er tilpasset områder som er lite påvirket av organisk partikler fra land eller fra strender med tang og tare. I kystnære farvann vil det kunne være høyere naturlige innhold av organisk materiale i sedimentet som følge av dette.

Analysene av bunnfauna påviste svært gode forhold ved fjernstasjonen Gje 3 i henhold til alle målte indekser og kvalitativ vurdering, og indikerer normal, uforstyrret sjøbunn.

Nærstasjonen Gje 1 ga KLIF-tilstandsklasse II (god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand

1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold gir god tilstand, mens ømfintlighet tyder på at faunen er ”moderat forstyrret”. I sum vil dette si at det kan påvises litt organisk påvirkning fra anlegget ved nærstasjonen, men denne er godt under hva som regnes som akseptabel grad av påvirkning i henhold til MOM-standarden. Da Gje 1 viser mindre tegn på påvirkning og Gje 3 viser ingen tegn på unormale forhold i faunaen, ble ikke mellomstasjonen Gje 2 analysert.

## **Takk**

Vi takker for god hjelp til innsamling av prøver og rapportering fra Havbrukstjenesten AS. Sedimentanalysene ble utført av H. Grønning. Bunnprøvene ble sortert av: Ragni Torvanger og Ragna Tveiten. Bunndyrene ble artsbestemt av T. Alvestad og Per Johannessen.

## 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.
- Kjerstad A. 2009. Kartlegginga av miljøforholdene på bunnen rundt lokaliteten Singsholman. Havbrukstjenesten AS.
- 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>22</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametere. ....</i>	<i>30</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste .....</i>	<i>31</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>35</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>36</i>

**GENERELL VEDLEGGSEDEL****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.

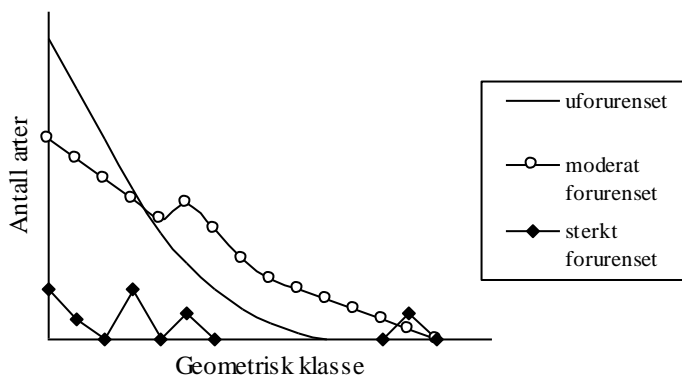
**Geometriske klasser**

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:

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

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

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:

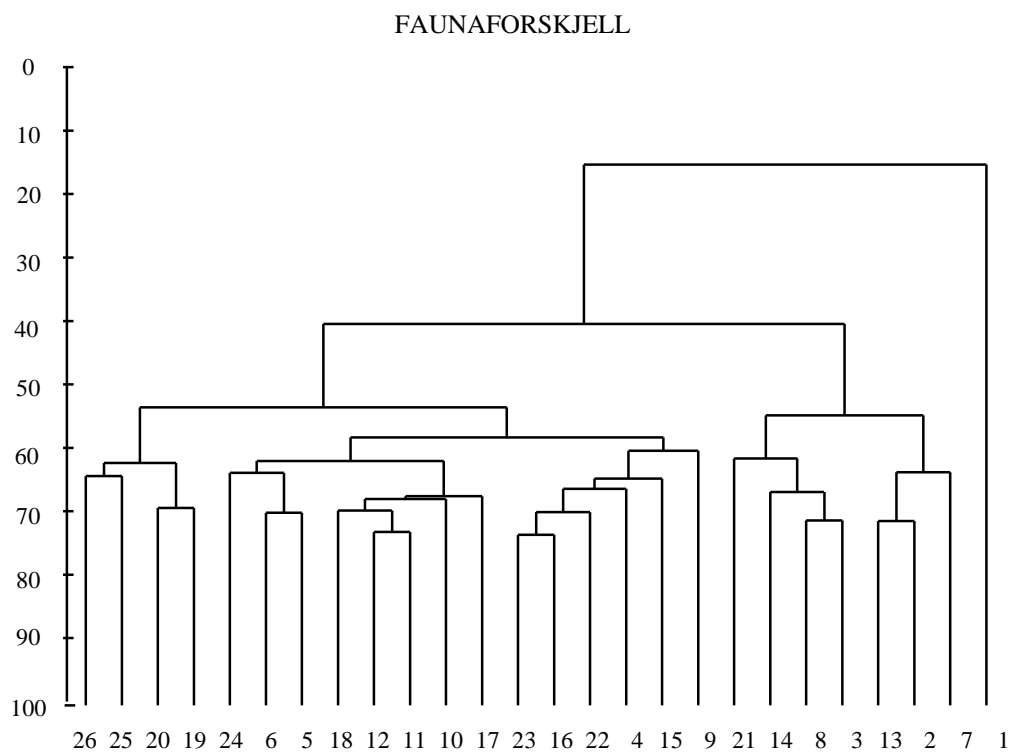
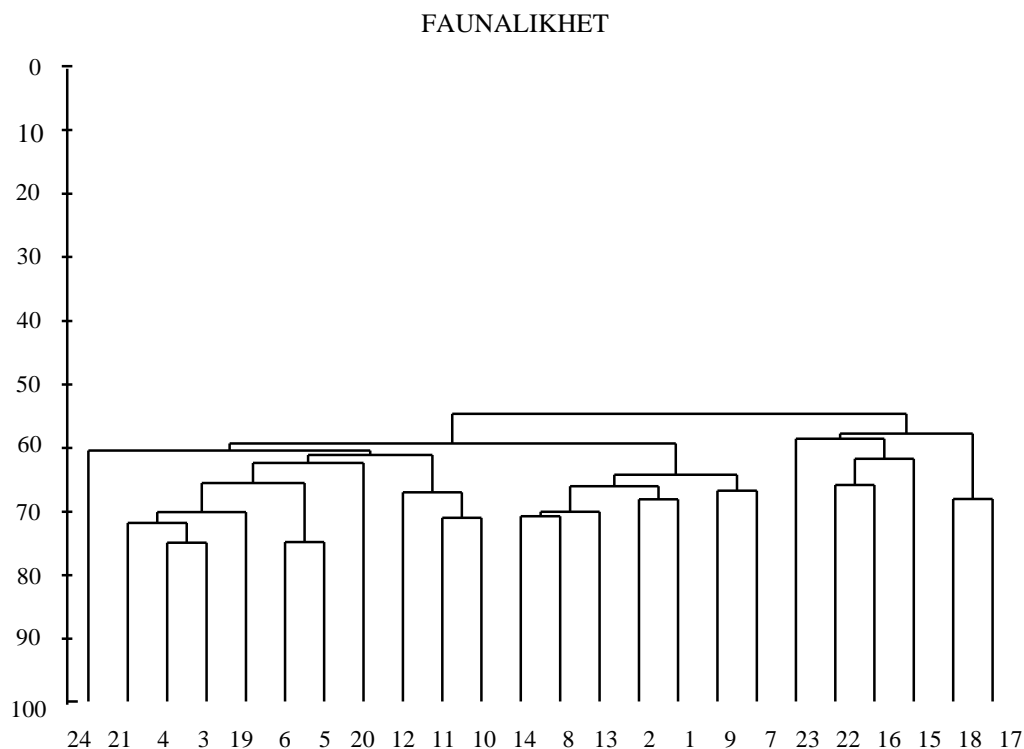
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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**

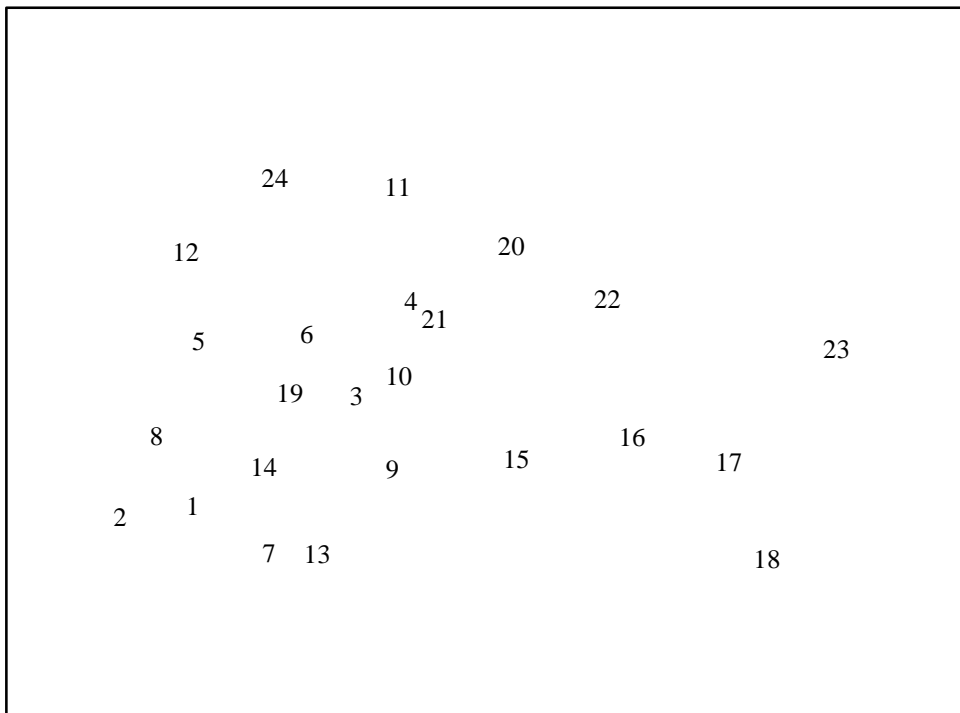
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet ( $H'$ ), jevnhet ( $J$ ),  $H'$ -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro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

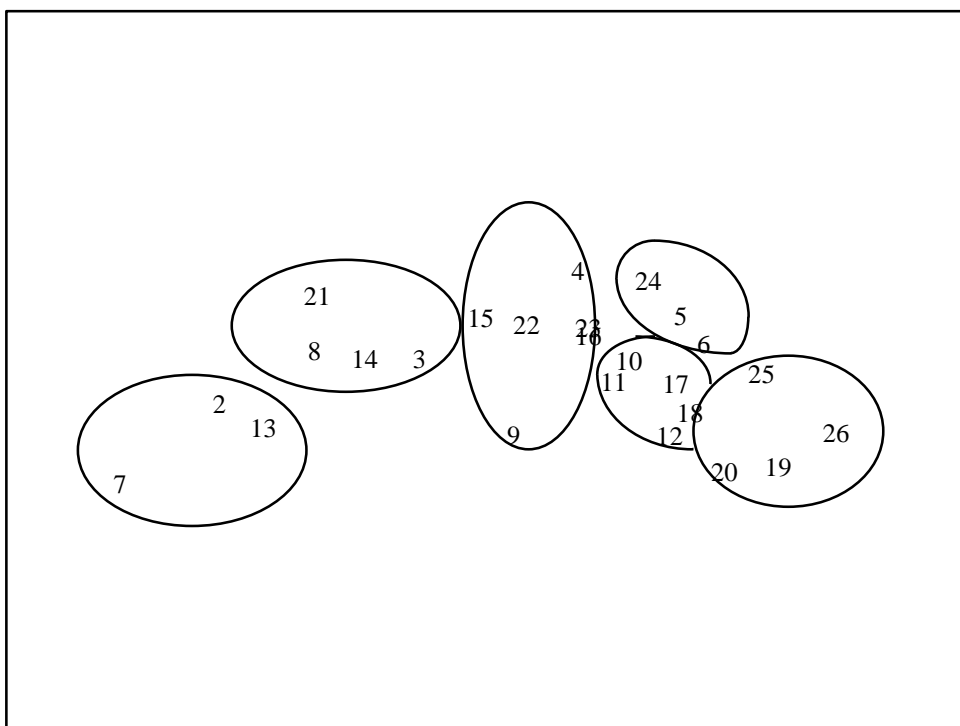


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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: <b>SalMar Farming AS</b>									
Lokalitet: <b>Gjessingen</b>									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			Gje 1	Gje 2	Gje 3				
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
	pH	Målt verdi	7,58	7,50	7,65				
	Eh (mV)	Målt verdi	56	118	97				
II		plus ref. potensial	287	349	328				
	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)	1	1	2				
		Løs (4)							
	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		2	3	4				
	Korr. Sum (0.22)		0,44	0,66	0,88				0,66
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe III)		1						
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,22	0,33	0,44				0,33
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
	Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi								
	Tilstand		1						
	Tilstand		1						

## 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): SalMar Farming AS, 7266 Kverva  
Prosjekt nr.: 806273  
Prøvetakingssted (område): Gjessingen i Flesafjorden, Åfjord kommune  
Dato for prøvetaking: 9/3-2012  
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruksstjenesten 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 grabbhuuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

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

**Andre opplysninger:**

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

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

Signatur: Tom Alvestad  
Godkjent taksonom

Per Johannessen

## SAM-Marin / Havbruksstjenesten

09.03.2012 Lokalitetsnavn	Gjessingen			
	Gje 1	Gje 1	Gje 3	Gje 3
Stasjonsnavn	85 m	85 m	206 m	206 m
Dybde	85 m	85 m	206 m	206 m
Hugg	2	3	2	3
* <i>Porifera</i> indet.	+	+	+	+
* <i>Nemertini</i> indet.		+	+	2
* <i>Nematoda</i> indet.		4	3	5
<b>POLYCHAETA</b>				
<i>Eunoe nodosa</i>		0/1		
<i>Pholoe baltica</i>	1	5	2	2
<i>Pholoe pallida</i>			3	
<i>Pholoe assimilis</i>	1	1		
<i>Phyllodoce mucosa</i>		1		
<i>Eteone longa</i>	2	2		
<i>Glycera alba</i>		1	1	
<i>Goniada maculata</i>	0/1	1/2	1	0/1
<i>Syllidae</i> indet.		1		
<i>Exogone</i> sp.	2	1	1	
<i>Nephtys hombergii</i>	2			
<i>Nephtys hystricis</i>				1
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	5	3	37	59
<i>Paradiopatra quadricuspis</i>			1	3/1
<i>Lumbrineridae</i> indet.			2	7
<i>Drilonereis filum</i>			1	2
<i>Scoloplos armiger</i>	4/9	10/15		
<i>Aricidea catharinae</i>			1	
<i>Levinsenia gracilis</i>				3
<i>Paraonis</i> sp.	12	7	1	2
<i>Prionospio cirrifera</i>	1	1		
<i>Prionospio dubia</i>				1
<i>Scolelepis korsuni</i>			1	
<i>Aphelochaeta</i> sp.			17	10
<i>Chaetozone</i> sp.	55	95	1	2
<i>Diplocirrus glaucus</i>		1		
<i>Brada villosa</i>			1	
<i>Ophelina acuminata</i>	0/6	3/4		
<i>Lipobranchus jeffreysii</i> juv				1/1
<i>Capitella capitata</i>		1		
<i>Dasybranchus caducus</i>			1	
<i>Heteromastus filiformis</i>		1	1	
<i>Mediomastus fragilis</i>	1	12		
<i>Notomastus latericeus</i>			5/2	13/5
<i>Asychis biceps</i>				0/1
<i>Lumbriclymene cylindrica</i>				
<i>cylicaudata</i>			1	+
<i>Rhodine</i> sp.			2	4
<i>Maldanidae</i> indet.	1		2	



## SAM-Marin / Havbruksstjenesten

09.03.2012 Lokalitetsnavn	Gjessingen			
	Gje 1	Gje 1	Gje 3	Gje 3
Stasjonsnavn	85 m	85 m	206 m	206 m
Dybde	85 m	85 m	206 m	206 m
Hugg	2	3	2	3
<i>Galathowenia oculata</i>	1	1		
<i>Myriochele heeri</i>			1	
<i>Owenia borealis</i>				1
<i>Anobothrus gracilis</i>	0/1	0/4		
<i>Amythasides macroglossus</i>			2	2
<i>Eclysippe vanelli</i>			1/2	3
<i>Melinna cristata</i>			0/2	
<i>Terebellidae</i> indet.			1	
<i>Pista cristata</i>			2	1
<i>Polycirrus norvegicus</i>				0/1
<i>Polycirrus plumosus</i>	1			
<i>Trichobranchus roseus</i>			0/1	
<i>Jasmineira</i> sp.	1			
<i>Sabellidae</i> indet.	1		3	6
<i>Siboglinum fjordicum</i>			+	+
<i>Phascolion strombus</i>		1		
<b>CRUSTACEA</b>				
* <i>Philomedes globosus</i>			1	
* <i>Calanus finmarchicus</i>			1	
* <i>Mysidacea</i> indet.			1	
* <i>Amphipoda</i> indet.	2	5	2	1
* <i>Tanadiacea</i> indet.			1	
<b>MOLLUSCA</b>				
<i>Caudofoveata</i> indet.			11	4
<i>Euspira montagui</i>	0/2			
<i>Cylichna umbilicata</i>	5	4		
<i>Philine scabra</i>	1			
<i>Cylichna cylindracea</i>	1			
<i>Nucula nucleus</i>		1		1
<i>Nucula tumidula</i>			0/1	
<i>Limatula gwyni</i>			2/1	0/1
<i>Similipecten similis</i>	1			
<i>Lucinoma borealis</i>		0/1		
<i>Myrtea spinifera</i>	1	2		
<i>Thyasira equalis</i>			23/4	8
<i>Thyasira flexuosa</i>	29/11	2/15		
<i>Thyasira obsoleta</i>			2	1
<i>Thyasira sarsii</i>	29/6	60/14	2	
<i>Medicula ferruginosa</i>			2	

SAM-Marin / Havbruksstjenesten

09.03.2012 Lokalitetsnavn	Gjessingen			
	Gje 1	Gje 1	Gje 3	Gje 3
Stasjonsnavn	85 m	85 m	206 m	206 m
Dybde	85 m	85 m	206 m	206 m
Hugg	2	3	2	3
<i>Kurtiella bidentata</i>			1	
<i>Abra nitida</i>	0/1	2		
<i>Kelliella abyssicola</i>			0/1	
<i>Corbula gibba</i>	<b>1</b>			
<i>Hiatella</i> sp.		1		
<i>Cardiomya costellata</i>			1	
<i>Cuspidaria rostrata</i>			1	
<i>Entalina tetragona</i>			2	
*Bryozoa grenet		+		
<b>ECHINODERMATA</b>				
<i>Amphiura chiajei</i>		0/1	3	2
<i>Amphiura filiformis</i>			0/1	1
<i>Ophiocten affinis</i>		1		
<i>Ophiura carnea</i>			1	
<i>Synaptidae</i> indet.	1	3		
<b><i>Enteropneusta</i> indet.</b>			1	

**Vedleggstabell 3. Geometriske klasser**

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

Geometrisk klasse	Stasjonsnavn	
	Gje 1	Gje 3
I	21	26
II	8	16
III	5	7
IV	4	3
V	1	2
VI	2	1
VII	1	1
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  
Fax:  
bergen@eurofins.no

**AR-12-MX-001077-02**



**EUNOBE-00002914**

Prøvemottak: 16.04.2012  
Temperatur:  
Analyseperiode: 16.04.2012-30.04.2012  
Referanse: PO: 806273 22/12

## ANALYSERAPPORT

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

Prøvenr.:	<b>441-2012-0416-069</b>	Prøvetakingsdato:	05.02.2012		
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Gje 1, 85 m Hugg 1	Analysestartdato:	16.04.2012		
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ:
<b>a) Fosfor (Cu)</b>					
Totalt fosfor (P)	700	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	9	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	36	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	0.76	%(v/v) dv		EN 13137	0.1
<b>a) Totalt tørrstoff</b>					
Total tørrstoff	65.9	%(v/v)		EN 14346	0.1

Prøvenr.:	<b>441-2012-0416-070</b>	Prøvetakingsdato:	05.02.2012		
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Gje 2, 134 m Hugg 1	Analysestartdato:	16.04.2012		
Analyse	Resultat	Enhet	MU	Metode	LOQ:
<b>a) Fosfor (Cu)</b>					
Totalt fosfor (P)	650	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	16	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	51	mg/kg tv		NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	2.5	%(v/v) dv		EN 13137	0.1
<b>a) Totalt tørrstoff</b>					
Total tørrstoff	57.2	%(v/v)		EN 14346	0.1

### 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 2

AR-12-MX-001077-02



EUNOBE-00002914



Prøvenr.:	<b>441-2012-0416-071</b>	Prøvetakingsdato:	05.02.2012		
Prøvetype:	Saltvannssedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Gje 3, 206 m Hugg 1	Analysedato:	16.04.2012		
Analyse	Resultat	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Fosfor (Cu)					
Totalt fosfor (P)	580	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10	
a) Kobber (Cu)	14	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Sink (Zn)	52	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1	
a) Totalt organisk karbon (TOC)	2.2	% (v/v) dv	EN 13137		0.1
a) Totalt tørrstoff					
Total tørrstoff	61.1	% (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 04.05.2012**

Tommie Christensen  
Avd.leder, Kundesenter

**Teorforklaring:**

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

&lt; :Mindre enn, &gt; :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 2 av 2