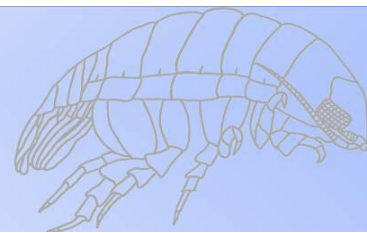


SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



e-rapport nr: 33– 2013

*MOM-C undersøkelse fra lokalitet Hafsmo i Hemnfjorden,
Snillfjord kommune, september 2012*



Rune Haugen

Ragni Torvanger

Stian Ervik Kvalø

Thomas Dahlgren



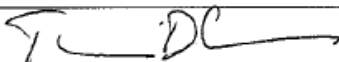
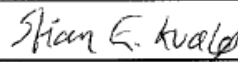
 uni Research	SAM-Marin	 <small>NORSK AKKREDITERING</small> Test 157
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25		Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM C undersøkelse fra lokalitet Hafsmo i Hemnfjorden, Snillfjord kommune, september 2012	Dato: 21.08.13 Antall sider og bilag: 41
Forfatter(e): Rune Haugen, Ragni Torvanger, Stian Ervik Kvalø, Thomas Dahlgren	Prosjektleder: Stian Ervik Kvalø Prosjektnummer: 807000

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

Abstract: A recipient survey was conducted to assess the environmental impact of the fish farm Hafsmo on its surroundings. In general conditions were good according to the standards, the species composition however, indicates a disturbed fauna due to sedimentation of organic material, which can also be seen in elevated levels of loss on ignition. The conditions should be closely monitored with regards to the future use of the facility to avoid further accumulation of organic material, which may lead to a collapse of the fauna and in turn lead to negative impacts on the fish itself.

Keywords: Marine, Recipient, MOM C, Benthos, Environmental study	Emneord: Marin miljøundersøkelse. MOM C, benthos, resipient	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 33-2013
--	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	Thomas Dahlgren	
Prosjektet / undersøkelsen:	Stian E. 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 sediment analyser, samlet av: Rune Haugen

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Ragna Tveiten, Nargis Islam

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad, Per Johannessen, Frøydis Lygre

Rapportering utført av: Rune Haugen, Ragni Torvanger, Stian E. Kvalø, Thomas Dahlgren

Glødetapsanalyser utført av: -

Kornfordelingsanalyser utført av: Helge Grønning

Ikke akkreditert:

Glødetapsanalyser utført av Helge Grønning

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Blåstål

Kjemiske analyser utført av: Eurofins norsk miljøanalyse as med deres underleverandør

Eurofins Umwelt GmbH **akkrediteringsnummer** test 003,

Akkreditert: Fosfor, Kobber, Sink, TOC, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: -

Andre: -

INNHOOLD

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER.....	6
3 RESULTATER OG DISKUSJON.....	13
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	22
5 TAKK	23
6 LITTERATUR.....	24
7 VEDLEGG.....	25
Generell vedleggsdel	26
Vedleggstabell 1. MOM-B parametre	34
Vedleggstabell 2.Artsliste	35
Vedleggstabell 3. Geometriske klasser	38
Vedleggstabell 4. Analysebevis.....	39

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Hafsmo ytterst i Snillfjorden i Hemnfjorden, Snillfjord kommune. Innsamlingene ble gjennomført 29. september 2012.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Hafsmo. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

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

Undersøkelsen er utført av Havbrukstjenesten AS og Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) på oppdrag fra Aqua Gen AS. SAM-Marin er en seksjon ved Uni Research AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157. 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

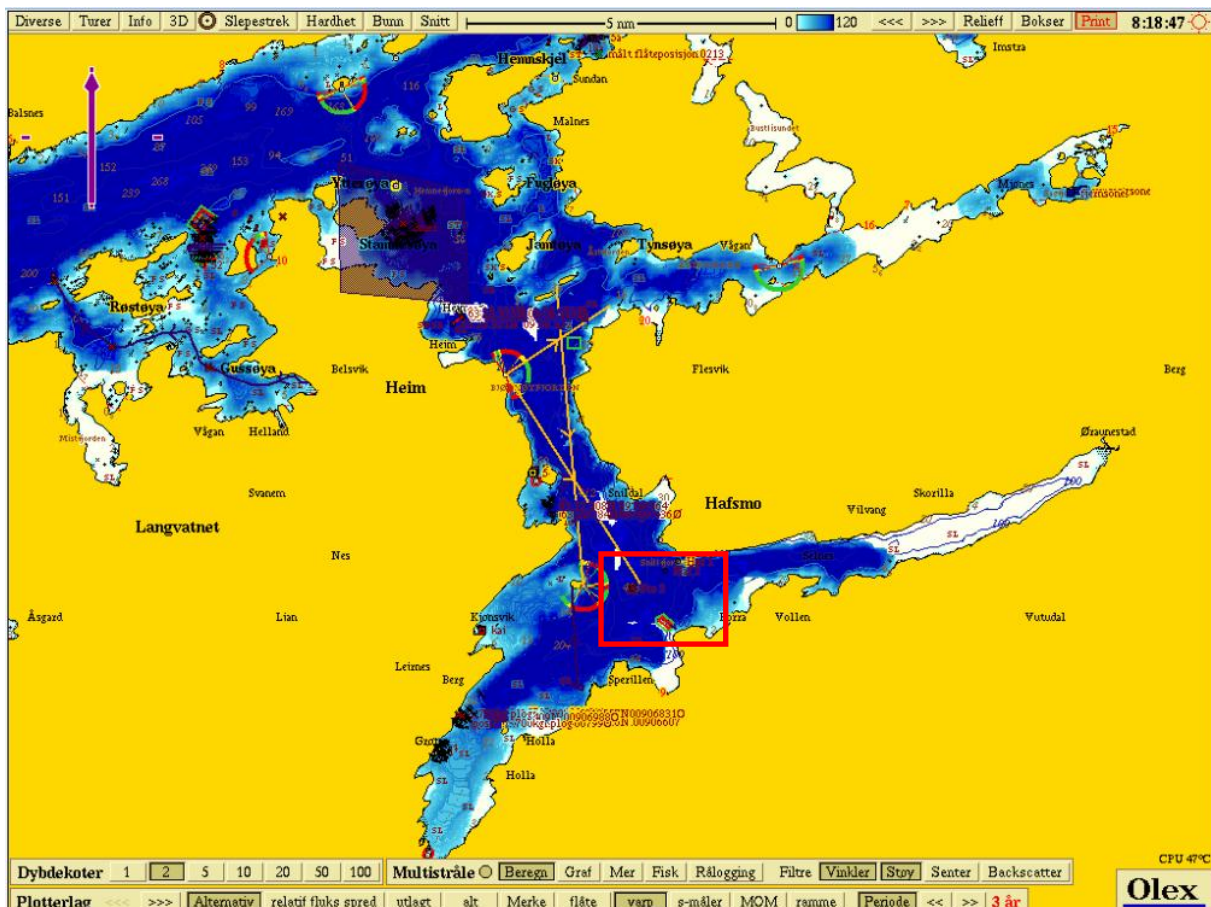
2.1 Undersøkelsesområdet

Lokaliteten ligger i Hemnfjorden, ved utløpet av Snillfjorden i Snillfjord kommune. Den ligger opp under land på omtrent 85 til 120m dyp. (Figur 2.1, 2.2 og 2.3). Bunnen skråner relativt bratt ned fra anlegget og ned mot de dypere delene av Hemnfjorden ned til rundt 400m. Hemnfjorden har en mindre terskel langt ute mot Trondheimsleia på rundt 100m dyp.

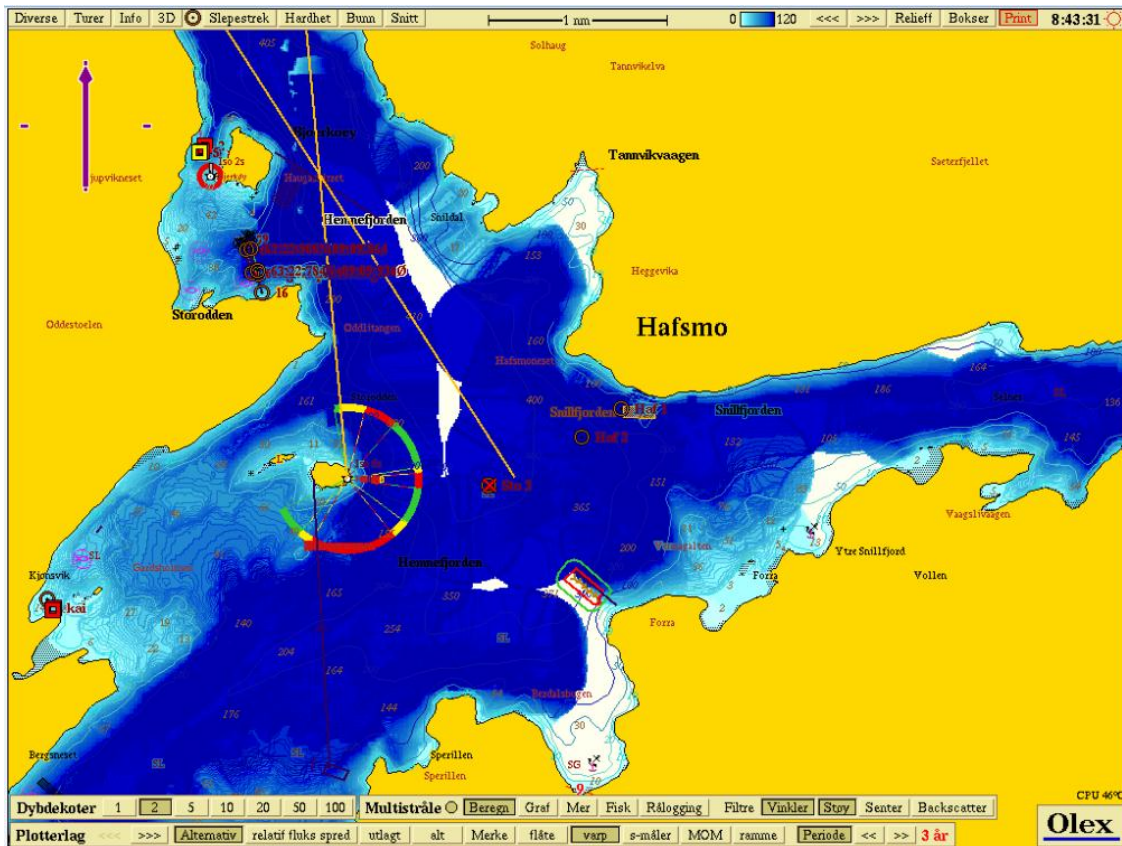
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene på Hafs 1 og Hafs 2, ble gjort 29. september i 2012, mens fjernstasjonen er felles med Stokkvika, Sto 3 og ble utført den 19. april 2012. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (Hafs 1), en i overgangssonen (Hafs 2) og en stasjon i dypet av fjorden (Sto 3). Undersøkelsen ble gjennomført av Rune Haugen fra Havbruksstjenesten AS.

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden (Sto 3). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200W benyttet.

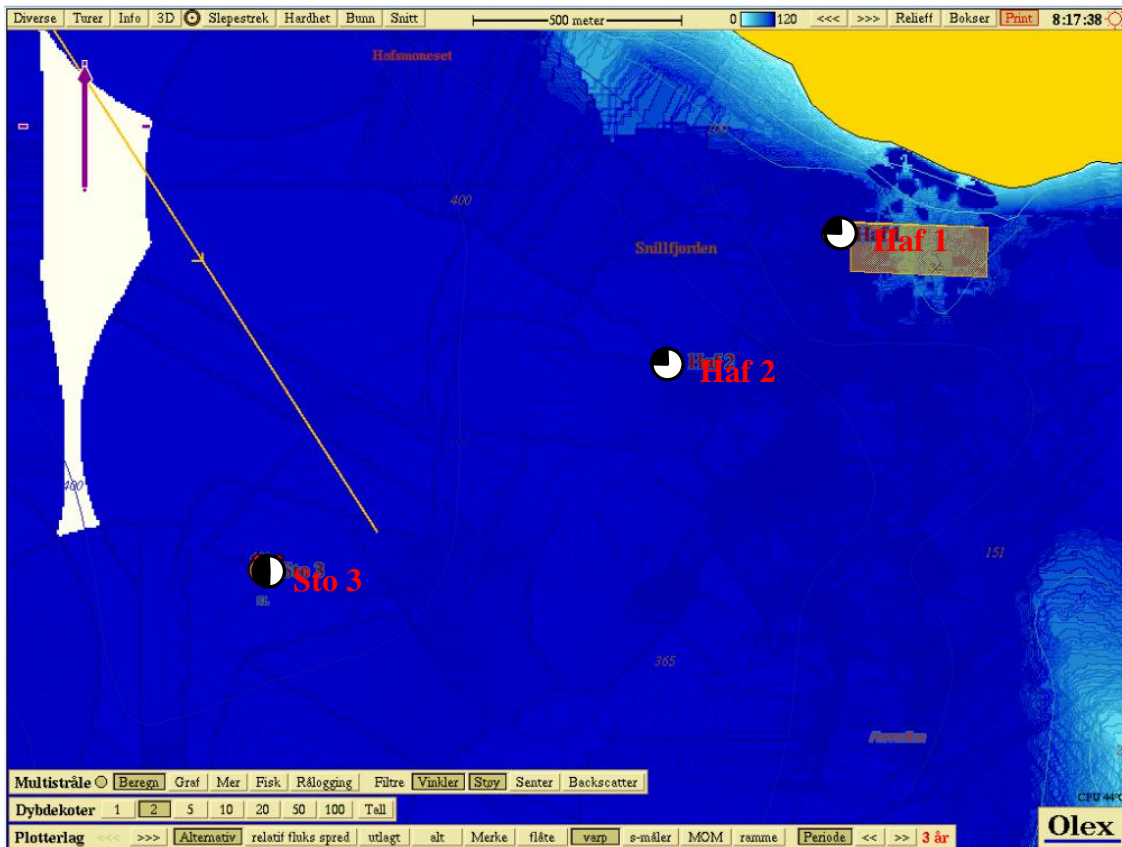


Figur 2.1: Oversiktskart over Hemnfjorden og Trondheimsleia. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Hafsmo.



Figur 2.2: Utsnitt av midtre del av Hamnfjorden med lokaliteten Hafsmo midt i kartet, med referansestasjonen i dypet, mellom stasjonen- og stasjonen ved anlegget. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i -Tabell

2.1. Kart kilde: Olex.



Figur 2.3: Skisse av anleggets plassering (gul ramme) med punkt for prøvestasjonerstasjoner tegnet inn.

Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Hafsmo, Hemnefjorden i september og april 2012, hvor dypstasjonen Sto 3 er felles med en annen MOM-C, Stokkvika. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en van Veen-grabb med åpning 0,1m² til alle prøver (fullt kammer 17 l).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Hafs 1 28.09.12	Hemnefjorden 63° 22.019 N 09° 14.456 Ø	149	1	12	Kjemi, og geologi, pH og E_h Biologi Biologi Alle hugg var en blanding av sand og silt
			2	9,5	
			3	6,5	
Hafs 2 28.09.12	Hemnefjorden 63° 21.855 N 09° 13.976 Ø	300	1	17	Kjemi, og geologi, pH og E_h Biologi Biologi Alle hugg bestod av i hovedsak silt
			2	17	
			3	17	
Sto 3 19.04.12	Hemnefjorden 63° 21.587 N 09° 12.808 Ø	403	1	17	Kjemi, og geologi, pH og E_h Biologi Biologi Alle hugg var en blanding av silt og leire
			2	17	
			3	17	

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H_2S), som er giftig, kan dannes og dyrelivet vil dø ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet. Vannet kan være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %.

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en 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 sediment-overflaten, og lukte råttent (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 Kjemiske analyser

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 (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². 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 m² 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 4 % formalin nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i 5 år.

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

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene 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.

Direktoratsgruppa for gjennomføring av vandirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder. Veileder 01:2009 – Klassifisering av miljøtilstand i vann, Økologisk og kjemisk klassifisering klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Denne veilederen skal på sikt erstatte KLIF's veileder 97:03 (TA 1467/1997) - Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Når bunndyr brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') og ømfintlighetsindeksene NQI1 og NQI2 (Tabell 2.5). Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 og NQI2 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Vedlegg 1. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg

(97:03) og for gjennomsnittet (01:2009) slik det står beskrevet i de to veilederene. Klassegrensene for Shannon–Wiener er også forskjellige i de to veilederne, se tabell 2.2. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det 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, Direktoratets-gruppen Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I	II	III	IV	V	
			Bakgrunn/ Meget god	God	Moderat/ Mindre god	Dårlig	Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen *	97:03	ml O ₂ / l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	97:03	%	>0,65	65-50	50-35	35-20	<0,20
Sediment	Shannon-Wiener ind. (H')	01:2009		>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
	Shannon-Wiener indeks (H')	97:03		>4	3-4	2-3	1-2	<1
	NQI1	01:2009		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	NQI2	01:2009		>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
	Organisk karbon	97:03	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	TA 2229	mg Zn/ kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	TA 2229	mg Cu/ kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

*Omregningsfaktoren til mgO₂/l er 1,42

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

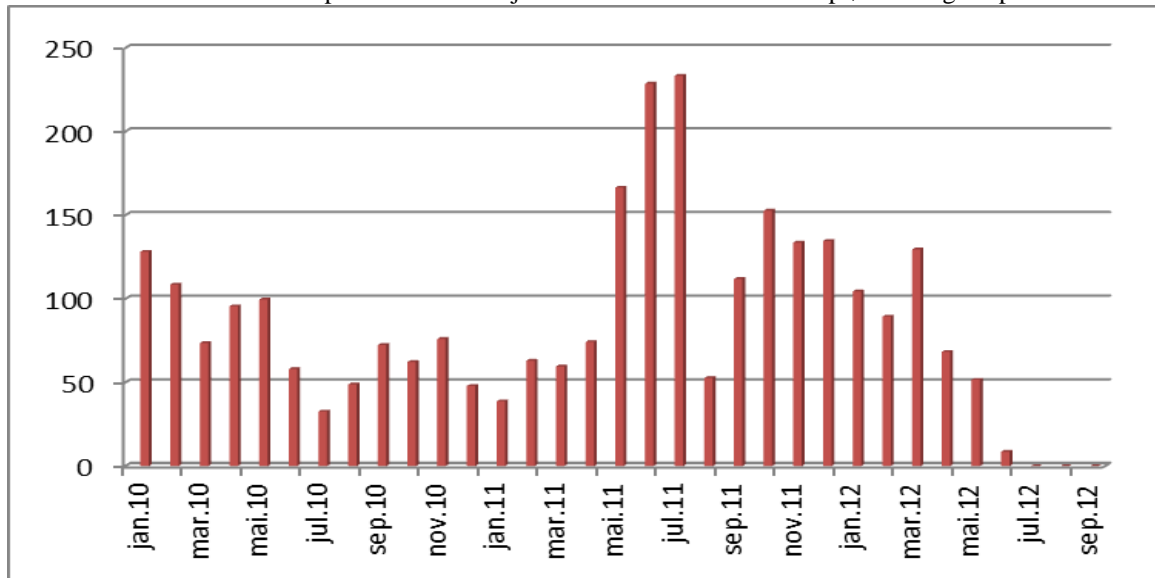
Tabell 2.3: Vurdering av miljøtilstanden i nærsonen og overgangssonen ved oppdrettsanlegg. Hentet fra Norsk Standard 9410 (MOM).

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

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

På lokalitet Hafsmo startet produksjonen i desember 2008, og anlegget har ligget i samme posisjon siden da. Anlegget var brakklagt ved prøvetakingstidspunktet for MOM C.

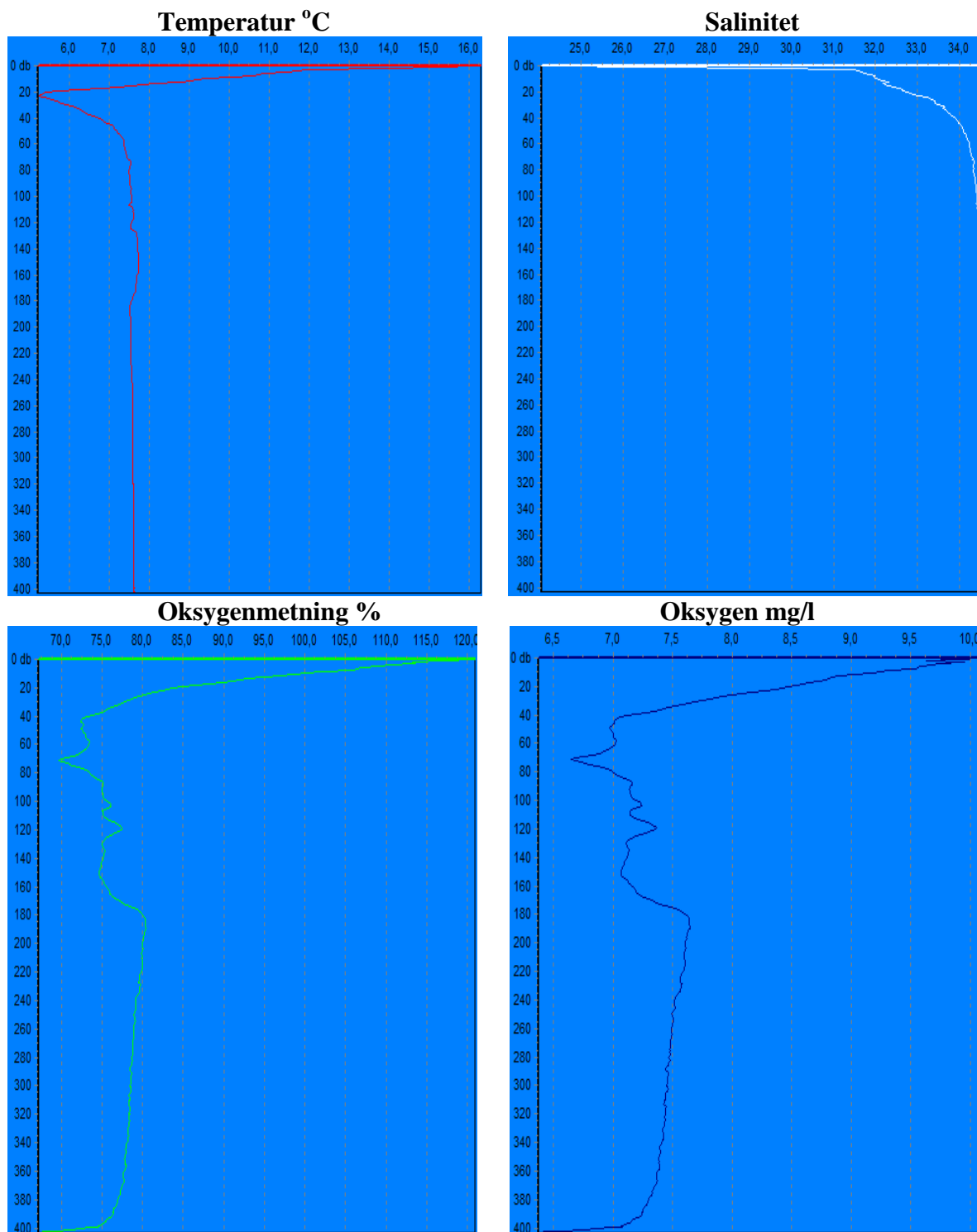
Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten fra januar 2010 frem til MOM C prøvetaking i september 2012.



3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Sto 3 den 4. juli 2013. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1.



Figur 3.1: Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og mg/l på Sto 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 403 meter den 4. juli 2013. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO₂/l med en omregningskoeffisient på 1,42

Temperaturen på Sto 3 den dato var ca. 11 °C i overflatelaget, fra der sank den raskt ned til 5 °C ned til 20 meter. Fra 20 meter steg temperaturen jevnt mot 7,5 °C på ca. 50 meters dyp for så å holde seg stabil rundt 7,5 °C grader ned til bunnen på 403 meter.

I overflatelaget var saltholdigheten ca. 31 promille. Fra der og ned til omtrent 50 meter dyp steg saltholdigheten til i overkant av 34 promille. Fra dette dyppet var saliniteten stabil rundt >34 promille helt ned til bunnen. Dette viser stor grad av homogenitet angående saltholdighet fra 50m og ned til bunnen.

Oksygeninnholdet var rundt 9,5 mg/l i overflatelaget. Fra overflatelaget sank konsentrasjonen noenlunde jevnt til 70 m dyp, der oksygeninnholdet var 6,6 mg/l. Oksygeninnholdet steg så noe ned til omtrent 180 m dyp. Fra dette dyppet sank den jevnt ned til bunnen ved 403 m til 6,42 mg/l, noe som gir 4,52 ml/l. Dette plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse I (meget god).

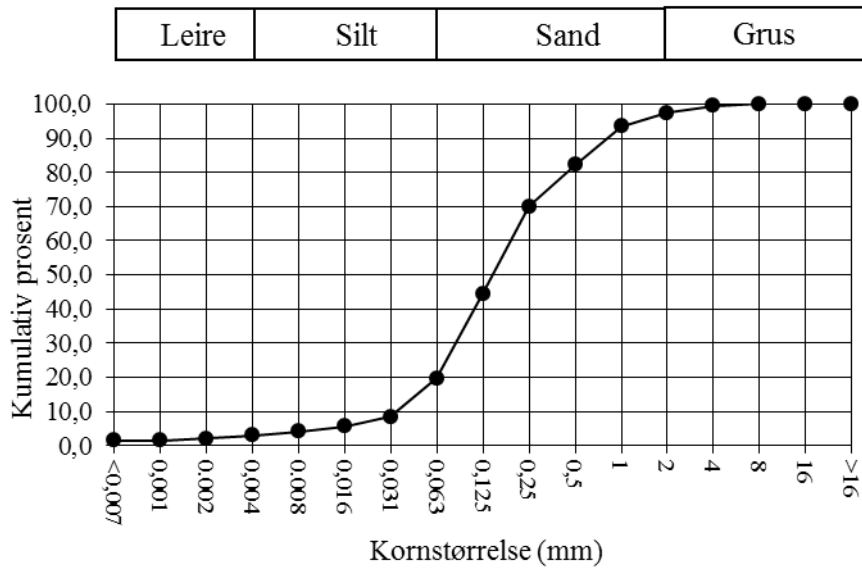
3.2 Sediment

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

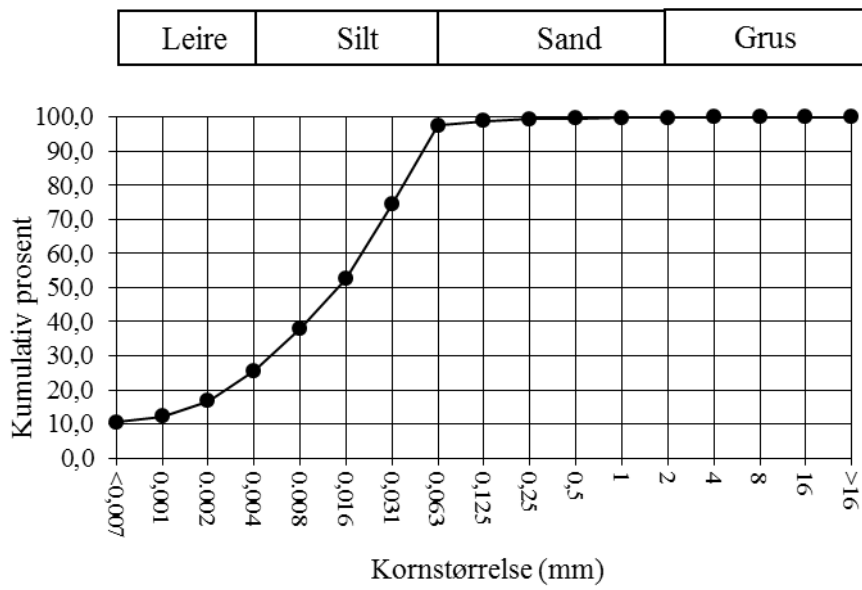
Tabell 3.1: Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Hafsmo, september 2012 og felles fjernstasjon med Stokkvika, Sto 3, fra april 2012.

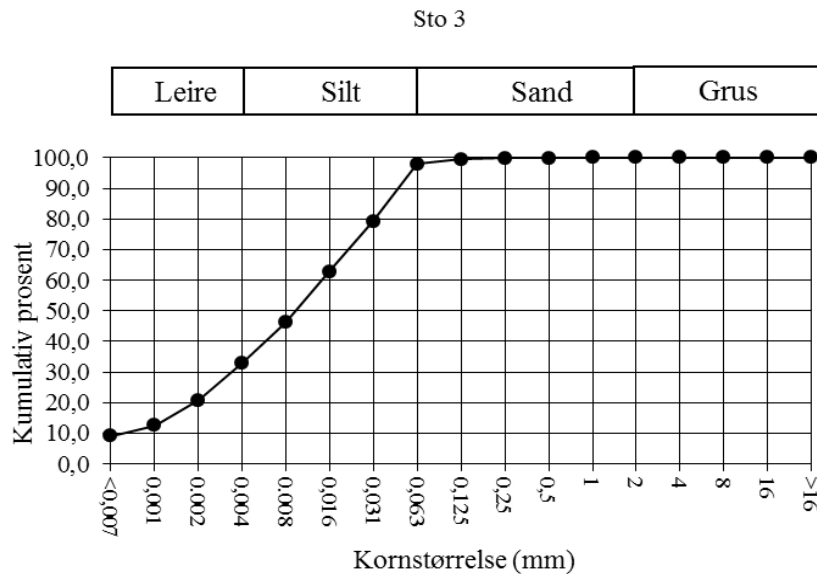
Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Hafs 1	149	2	3	17	20	78	3
Hafs 2	300	10	26	72	98	2	0
Sto 3	403	10,8	33	65	98	2	0

hafs1



hafs 2





Figur 3.2: Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra de undersøkte stasjonene ved lokalitet Hafsmo, september 2012 (Hafs 1 og Hafs 2) og april 2012 (Sto 3) felles fjernstasjon med Stokkvika.

I nærsone, Hafs 1, dominerte sand og utgjorde 78 % av sedimentet. De resterende bestod mest av silt, 17 %, og litt leire og sand (3 % av hver). Glødetapet var meget lavt, 2 %.

Overgangssone (Hafs 2) og fjernstasjonen (Sto 3) var meget like. De bestod begge av 98 % blanding leire og silt, med mest silt, og kun 2 % sand. Glødetapet var 10-11 %, på begge. Dette er normalt for dype norske fjorder.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Verdiene for fosfor var lave ved alle stasjonene, det vil si litt forhøyet ved Hafs 1 (Tabell 3.2). Den målte verdien av TOC normaliseres ved beregning med leire/silt andel. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure *et. al.*, 1993). TOC verdiene for Hafs 2 og Sto 3 tyder på store mengder organisk materiale. Dette samsvar delvis med glødetapet for denne stasjonen, som angir noe organisk materiale. Ved nærstasjonen, som ligger grunnest, var både TOC og glødetap lavt. Kobberverdiene er normalt lave og ga henholdsvis TK 1 for Hafs 1 og Hafs 2 (meget god), og TK 2 for Sto 3 (god). Målte verdier for sink er lave på alle tre stasjonene, og fikk beste TK 1.

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 mg/g	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Hafs 1	12	26,4	II	1100	58	I	12	I	69,3
Hafs 2	34	34,4	IV	880	110	I	31	I	44,1
Sto 3	36	36,4	IV	900	120	I	37	II	42,3

Måling av pH og redokspotensialet (E_h)

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

Målingen av pH og E_h på nærstasjonen viste en normal til litt lav pH og negativt redokspotensiale og plasserer dermed (Hafs 1, nærsone) i tilstand 1, akkurat på nedre grense til TK 2. Hafs 2 i overgangssonen har en mer nøytral pH og får tilstand 1. Sto 3, fjærnsone, får beste tilstandsklasse, tilstand 1.

Tabell 3.3: Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene. Den beregnede pH/E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon	/			
Parameter	pH	E _h	pH/E _h poeng	Tilstand
Hafs 1	7,32	-219	1	1
Hafs 2	7,37	-193	1	1
Sto 3	7,38	9	0	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.3-3.4, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i november 2011. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Overgangssonen har ikke blitt opparbeidet med grunnlag i at det er gode forhold på nærstasjonen i henhold til MOM standarden, samt at det er normale gode forhold på

fjernstasjonen med tanke på den sammensatte NQI1 indeksen og artssammensetningen i forhold til dypet på stasjonen.

I bunndyrprøvene fra Hafs 1 (på 149 m dyp) like ved anlegget, ble det funnet 45 arter med til sammen hele 6903 individer. Diversiteten ble beregnet (på snitt) til 0,97 som plasserer stasjonen i KLIFs tilstandsklasse IV (Dårlig). I følge MOM-standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 2 (God) (Tabell 2.3). Med et individantall på 5925 dominerte børstemakken *Capitella capitata* totalt på denne stasjonen, og utgjorde hele 85,8 prosent av alle individene i prøven. Dette er en art som trives i forhold med mye tilført organisk materiale der andre arter ikke kan leve. AMBI-verdien indikerer at faunasammensetningen er kraftig forstyrret, noe den relativt ujevne fordelingen av de geometriske klassene også viser.

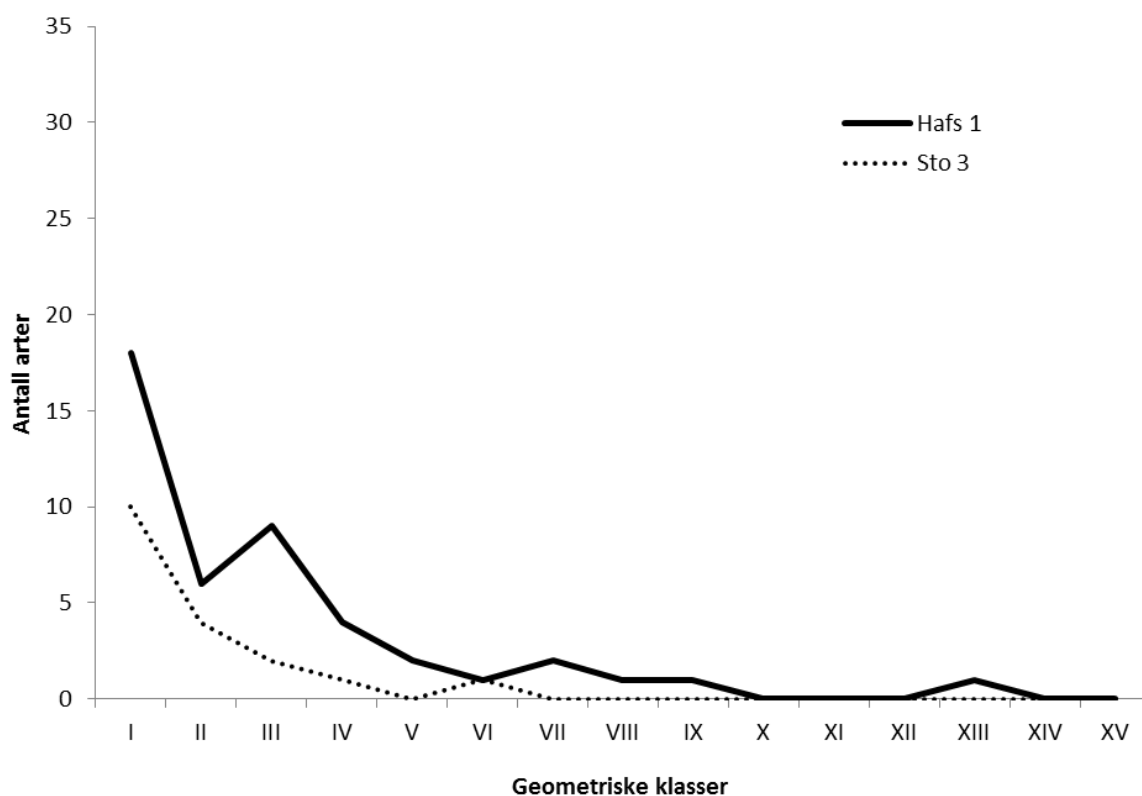
På fjernstasjonen Sto 3 (felles med Stokkvika), på 403 meter, ble det funnet 104 individer fordelt på 19 arter. I følge NS-9410 skal fjernsonen vurderes etter KLIF-standard (Tabell 2.2). Artsdiversiteten ble beregnet til 2,42 i snitt av de to grabbhuggene noe som tilsvarer tilstandsklasse III (Moderat). Indeksen som beskriver artenes ømfintlighet (AMBI) indikerer en «uforstyrret» faunasammensetning og indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir artssamfunnet på stasjonen henholdsvis tilstandsklasse I-«Meget god» og II-«God». På Sto 3 på 403 meters dyp var den mest tallrike arten (Sipunculidea) *Onchnesoma steenstrupii* med 58,6 % og 58 stk. Nummer to mest vanlig var skjellet (Bivalvia) *Thyasira equalis*, med 9,1 % og 9 registrerte individer. Slangestjernen *Amphilepis norvegica* var den tredje mest vanlige arten på stasjon Sto 3. Denne utgjorde 6,1 % av individene med 6 stk.

De multivariate analysene viser at det var stor likhet mellom huggene fra samme stasjon på Hafsmo (73 % likhet), mens det på Sto 3 var 48 % likhet mellom huggene på stasjonen. Det er stor forskjell mellom stasjonene i hvilke arter som ble funnet og hvor mange individer det var av hver art (kun 13 % likhet mellom stasjonene) (Figur 3.4 - 3.5). Dette er forventet og naturlig ettersom de tre stasjonene ligger på forskjellige lokaliteter og dyp.

Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for arts mangfold 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	Hugg	Arter	Individ	Diversitet	Jevnhet	H'-max	NQI1	NQI2	AMBI	MOM	KLIF
				H'	J						
Hafs 1	2	38	4109	1,14	0,22	5,25	0,42	0,20	5,56		
	3	30	2794	0,81	0,17	4,91	0,39	0,16	5,74		
<i>Nærsoner</i>	Sum	45	6903	1,02	0,19	5,49					
149m dyp	Snitt	34	3452	0,97	0,19	5,08	0,41	0,18	5,65		
	TK									2 - God	
Sto 3	2	15	51	3,07	0,78	3,91	0,74	0,66	1,286		
	3	10	53	1,76	0,53	3,32	0,75	0,61	0,5		
<i>Fjernsoner</i>	Sum	19	104	2,63	0,62	4,25					
403m dyp	Snitt	13	52	2,42	0,66	3,61	0,75	0,64	0,89		
	TK									III - Moderat	

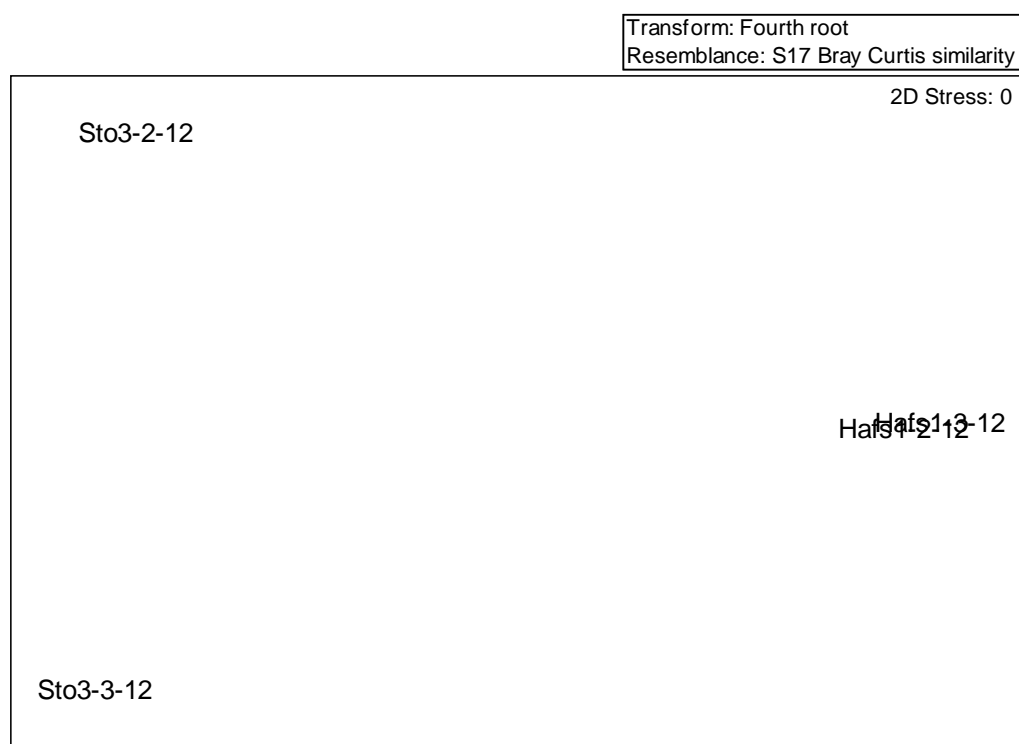
I – Meget god	II - God	III – Mindre god	IV – Dårlig	V – Meget dårlig
---------------	----------	------------------	-------------	------------------

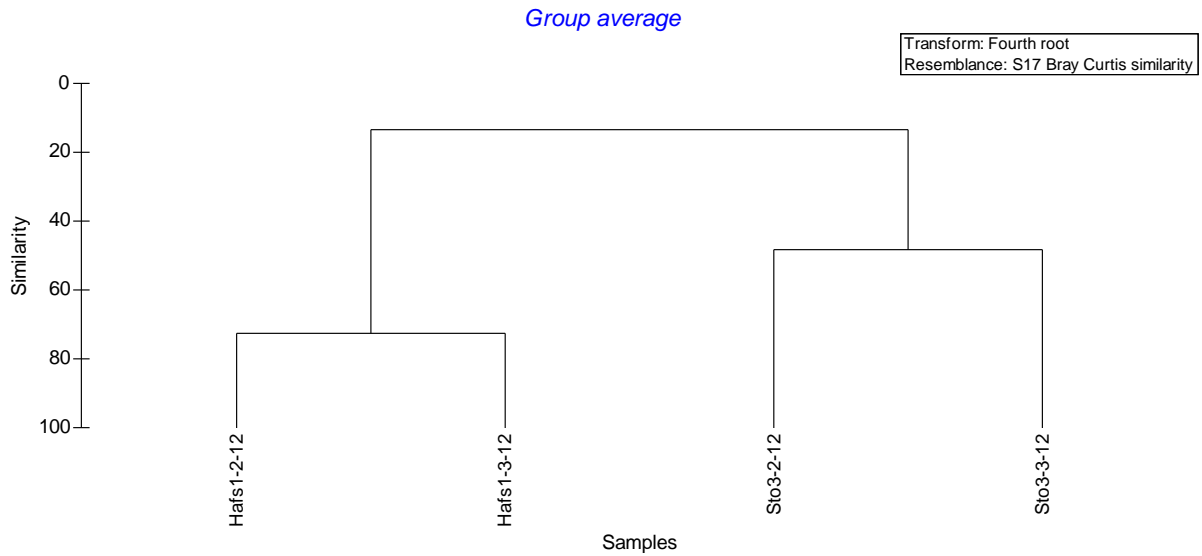


Figur 3.3: Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Stasjon: Hafs 1-12				Stasjon: Sto3-12			
Art:	Antall individ	%	Kum. %	Art:	Antall individ	%	Kum. %
<i>Capitella capitata</i>	5925	85,8	85,8	<i>Onchnesoma steenstrupii</i>	58	58,6	58,6
<i>Thyasira sarsii</i>	374	5,4	91,3	<i>Thyasira equalis</i>	9	9,1	67,7
<i>Chaetozone</i> sp.	216	3,1	94,4	<i>Amphilepis norvegica</i>	6	6,1	73,7
<i>Prionospio steenstrupii</i>	98	1,4	95,8	<i>Heteromastus filiformis</i>	5	5,1	78,8
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	87	1,3	97,1	<i>Chaetozone</i> sp.	3	3,0	81,8
<i>Abra nitida</i>	35	0,5	97,6	<i>Terebellides stroemi</i>	3	3,0	84,8
<i>Notomastus latericeus</i>	29	0,4	98,0	<i>Caudofoveata</i> indet.	3	3,0	87,9
<i>Mytilus edulis</i>	18	0,3	98,2	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	2	2,0	89,9
<i>Pholoe baltica</i>	12	0,2	98,4	<i>Ceratocephale loveni</i>	1	1,0	90,9
<i>Syllidae</i> indet.	12	0,2	98,6	<i>Nephtys paradoxa</i>	1	1,0	91,9
<i>Phascolion strombus</i>	12	0,2	98,8	<i>Paradiopatra quadricuspis</i>	1	1,0	92,9
				<i>Levinsenia gracilis</i>	1	1,0	93,9
				<i>Prionospio cirrifera</i>	1	1,0	94,9
				<i>Spiochaetopterus typicus</i>	1	1,0	96,0
				<i>Rhodine</i> sp.	1	1,0	97,0
				<i>Maldanidae</i> indet.	1	1,0	98,0
				<i>Eriopisa elongata</i>	1	1,0	99,0
				<i>Kelliella abyssicola</i>	1	1,0	100,0

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



Figur 3.5: Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt i 2012. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg på stasjonen Hafs 1 og Sto3.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Hafsmo i Hemnfjorden, Snillfjord kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 28.09.12, mens fjernstasjonen (Sto 3) er felles med Stokkvika og ble utført i april 2012. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden.

Sedimentet på stasjonen nærmest anlegget, Hafs 1, bestod av et grovkornet sediment der sand dominerte og utgjorde 78 % av sedimentet. De resterende var i hovedsak silt, med 17 %. Glødetapet var på 2 %, og var dermed lavt og godt innenfor det som er normalt for norske fjorder. Inntil anlegget var det lave verdier av fosfor og kobber. Fosforverdiene var litt forhøyet, men innenfor det normale. TOC verdiene var også lave og ga tilstandsklasse II, god, og da glødetapet også var lavt samsvarer det mye med TOC. Til sammen indikerer dette lite organisk stoff i sedimentet. Måling av pH og Eh ga stasjonen tilstand 1, helt på grensa til 2, altså god. Diversiteten av bunnfauna ga TK 2 etter MOM- standarden, god. Børstemakken *Capitella capitata*, dominerte i prøven med over 85,5 prosent av det totale individtallet. Dette er en art som trives godt der man har økt tilførsel av organisk materiale. Bunnfaunaen under anlegget viser at man har et miljø påvirket av økt tilførsel av organisk materiale (fôr-rester og fekalier). Bunnfaunaen er dermed kraftig forstyrret.

I overgangssonen var glødetapet noe forhøyet, mens TOC verdiene var derimot høye og ga TK IV, dårlig. TOC beregningene er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure *et. al.*, 1993). De kjemiske parametrene pH og redokspotensial kommer ut i beste tilstandsklasse, 1. Fosfor nivået var relativt lavt, og verdiene for sink og kobber ga beste tilstandsklasse, meget god. Sedimentet på stasjonen var dominert av silt og leire (totalt 98 %), med mest silt. Bunnfaunaen i overgangssonen ble ikke analysert på laboratoriet da både Hafs1 ga gode resultat i henhold til MOM standarden for bunnfauna og Sto 3 ga gode resultat i henhold til NQII indeks og artssammensetning i forhold til analysen av bunnfauna.

På stasjonen i fjernsonen får bunnvannet beste karakter med tanke på oksygeninnhold (Tilstandsklasse I). Her var sedimentet dominert av leire og silt (totalt 98 %), med mest silt. Fosforverdiene var normale og glødetapet var innenfor det som er normalt i dype norske fjorder. TOC analysen ga TK IV, dårlig, men da dette er en dypstasjon i fjorden er beregningene som ligger til grunn ikke tilpasset slike fjordforhold. Det ble ikke registrert forurensing av sink, mens kobber ga utslag og fikk TK II, god. Undersøkelsene av bunnfauna viste moderate forhold, og fikk tilstandsklasse III. Indeksen som beskriver artenes ømfintlighet (AMBI) indikerer en «uforstyrret» faunasammensetning og indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet gir artssamfunnet på stasjonen henholdsvis tilstandsklasse I-«Meget god» og II-«God». Totalt sett altså en noe påvirket bunnfauna.

Prøvene tatt ved anlegget viser at driften ved anlegget påvirker bunnfaunaen lokalt med en noe økt tilførsel av organisk materiale, som gir utslag ved en kraftig forstyrret fauna ved nærstasjonen, Hafs 1. Ellers er det ingen vesentlige indikasjoner på forurensing og forstyrrelser etter MOM C standarden ved denne stasjonen.

På de to andre stasjonene, Hafs 2 (mellomstasjon) og Sto 3 (fjernstasjon) er det noe forhøyet glødetap, og høy TOC. TOC vektlegges ikke mye ved slike dype fjordstasjoner og dermed indikerer dette en viss opphopning av organisk materiale totalt sett i sedimentet. Andre parametre, som fosfor, sink og kobber ga små og normale utslag, og viser lite tegn til forurensning av disse stoffene. Fauna ble analysert på Sto 3, og viser moderat gode forhold, mens artsmangfold og ømfintlighet indikerer gode forhold. Totalt sett viser dette at fauna på Sto 3, er moderat god, og sannsynlig påvirket av eksterne kilder, muligens oppdrettsaktiviteten på Hafsmo eller Stokkvika.

Ved fremtidig drift bør derfor bunnforholdene under anlegget følges nøye for å unngå en overbelastning der bunnfaunaen dør og man får opphopning av fekalier og fôrrester som har negativ innvirkning på fisken i anlegget og miljøet.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Rune Haugen fra Havbrukstjenesten AS. Sediment-analysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten og Nargis Islam. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen, Frøydis Lygre og Tom Alvestad.

6 LITTERATUR

- 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 Vanndirektivet 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 9410. 2000. Miljøovervåkning av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

<u>Generell vedleggsdel</u>	26
<u>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</u>	34
<u>Vedleggstabell 2. Artsliste</u>	35
<u>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</u>	38
<u>Vedleggstabell 4. Analysebevis</u>	39

Generell vedleggsdel

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

De fleste bløtbunnsarter er flerårig og lite mobile, og undersøkelser av bunnfaunaen kan derfor avspeile miljøforholdene både i øyeblikket og tilbake i tiden. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrs-samfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individene blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I våre bunndyrsprøver fra uforurensete områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m²), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

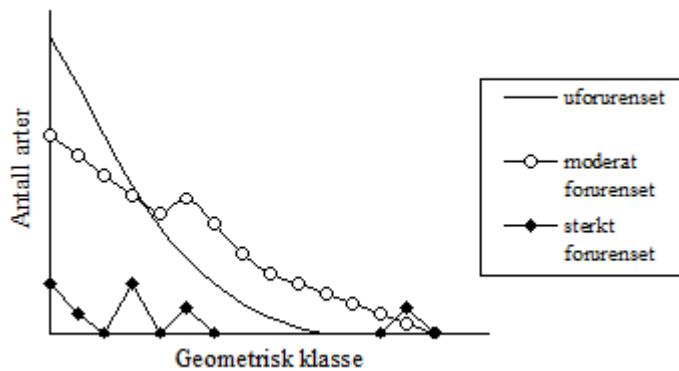
Geometriske klasser

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

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurenset område vil kurven ha et flatere forløp. Det er her færre sjeldne arter og de dominerende artene øker i antall og utvider kurven mot høyere geometriske klasser. I et sterkt forurenset område vil kurveforløpet være varierende, typisk er små 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 (Molvær et al. 1997 og Direktoratsgruppa Vanndirektoratet 2009, Tabell v2 og v3).

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.

Diversitetsindekse 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

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) og gjennomsnittet klassifiserer stasjonen etter veileder 01:2009. I tillegg blir diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen regnet ut og rapportert i henhold til Molvær et al. 1997 for sammenligning med historiske data. 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) (Tabell v2 og v3)

Tabell v2 : Tabellen under gir en oversikt over klassegrenser og referansetilstand for de ulike indeksene i henhold til veileder 01:2009*:

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.

Tabell v3 Klassifisering av tilstand for organisk innhold i sediment og bløtbunnsfauna. Veiledning 97:03- Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Parametre		Tilstandsklasser				
		I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Svært dårlig
Artsmangfold	Hulberts indeks	>26	26-18	18-11	11-6	<6
bløtbunnsfauna	Shannon-Wiener indeks	>4	4-3	3-2	2-1	<1

Multivariate analyser

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

Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

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

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

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

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

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

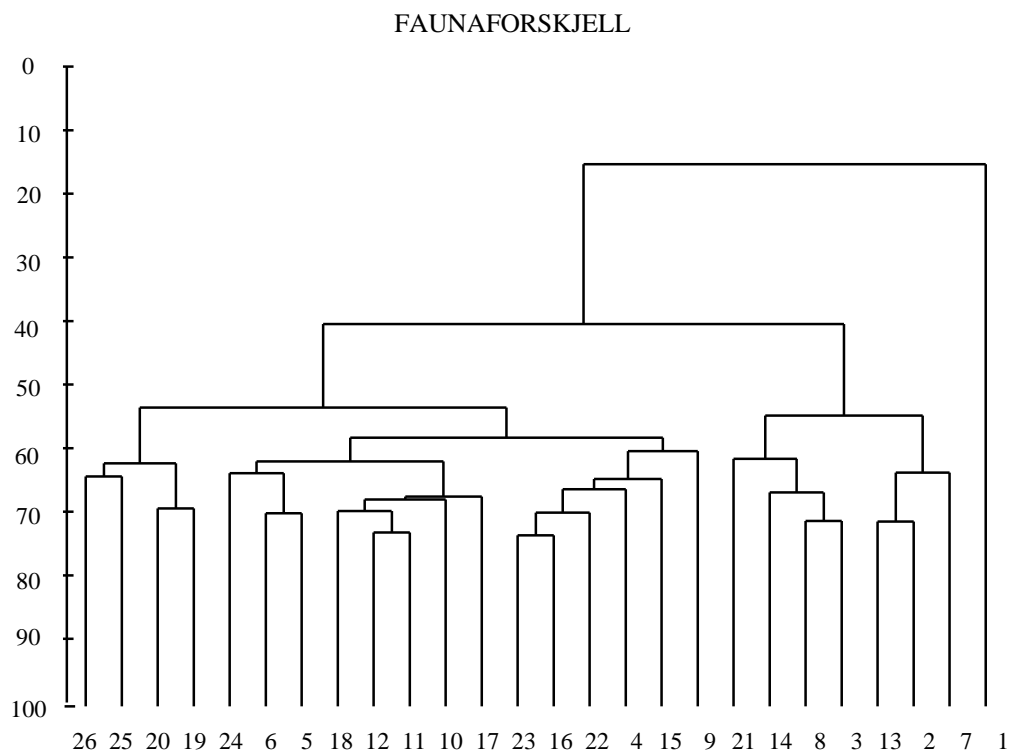
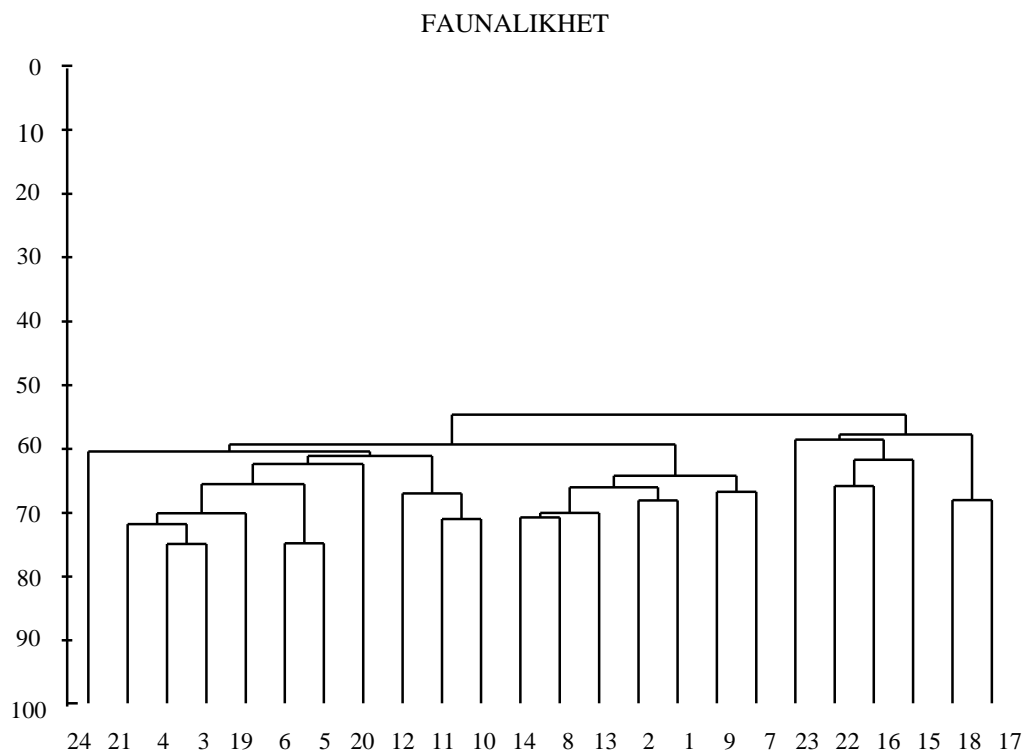
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. 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

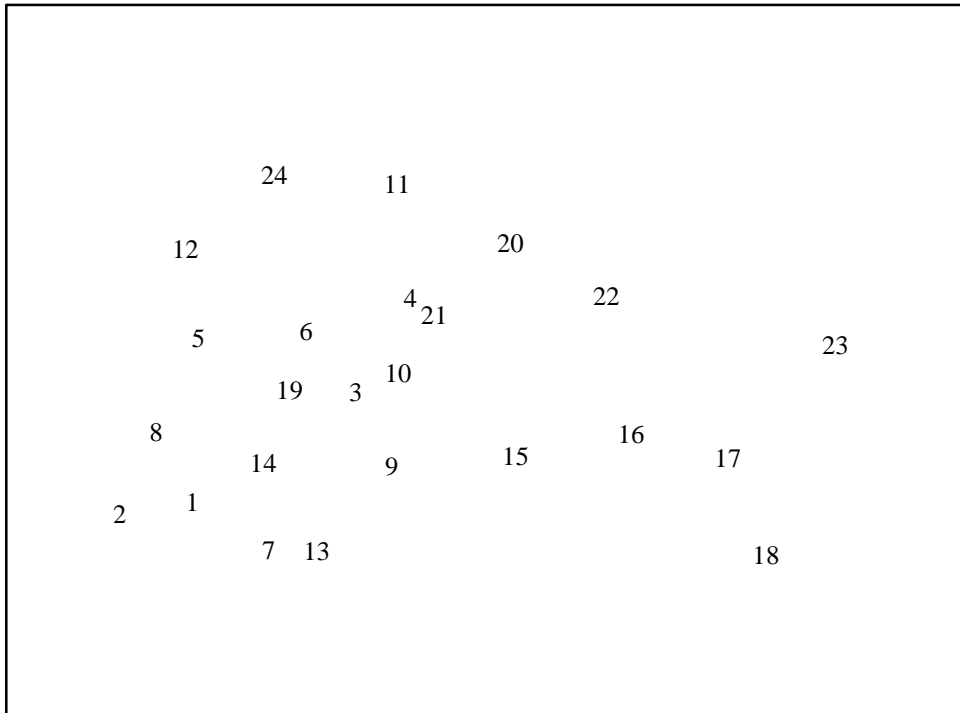
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "Diversi". Dataprogram og makro er laget 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. Clusteranalysen er utført med programmet Cluster, til MDS-analysen er programmet Mds benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

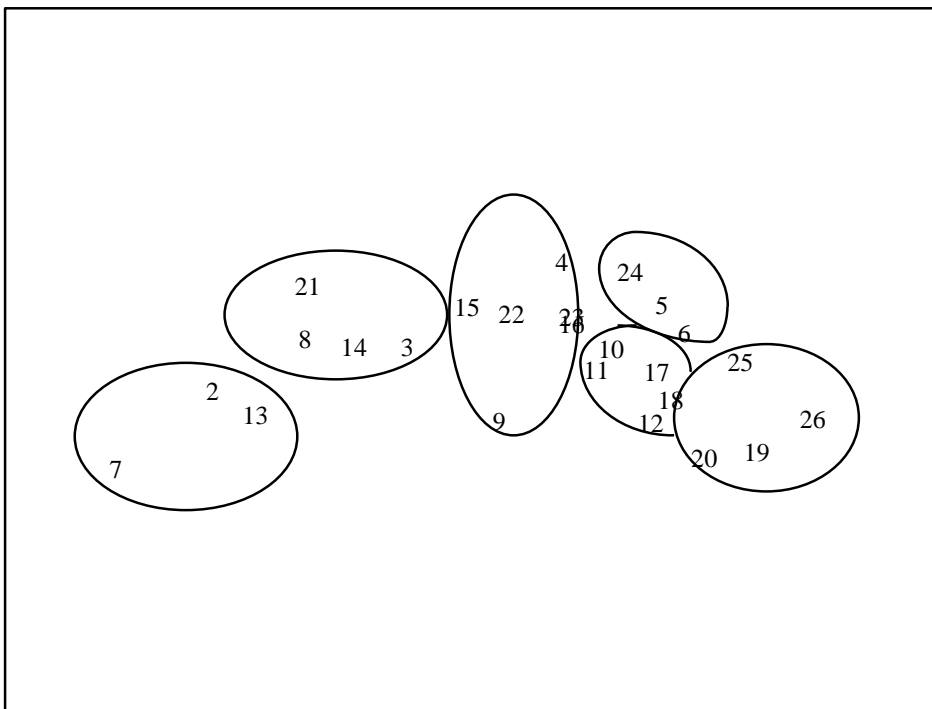


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- 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: Hafsmo									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			Hafs 1	Hafs 2	Sto 3				
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
II	pH	Målt verdi	7,32	7,37	7,38				
	Eh (mV)	Målt verdi	-219	-193	9				
		plus ref. potensial	12	38	240				
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	1	1	0				0,67
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II)		1						
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0				
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0				
		Brun/sort (2)							
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0				
		Noe (2)							
		Sterk (4)							
	Konsistens	Fast (0)							
		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)		0,83	1,16	0,55				0,85
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi		Tilstand							
<1,1		1							
1,1 - <2,1		2							
2,1 - <3,1		3							
$\geq 3,1$		4							
			Tilstand						
			Gruppe 1	Gruppe II og					
			A	1,2,3,4					
			4	1,2,3					
			4	4					
			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): AquaGen Norway AS, 7200 Kyrksæterøra
Prosjekt nr.: 807000
Prøvetakingssted (område): Hafsmo, Snillfjord kommune, Stokkvik Hemne kommune
Dato for prøvetaking: 18.2.12 og 28.9.12
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbruktstjenesten AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Tom Alvestad, Per Johannessen, Frøydis Lygre

	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:

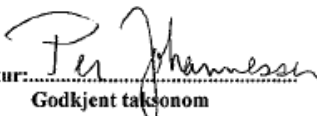
For hver stasjon er nr. på grabbhuggene angitt, og under hvert nummer de dyrene som ble funnet i prøvene.

- + 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

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

1/2	Lokalitetsnavn	Stokkavika	Stokkavika	Hafsmo	Hafsmo
	Stasjonsnavn	Sto 3	Sto 3	Hafs 1	Hafs 1
	Dato	18/2-2012	18/2-2012	28.09.2012	28.09.2012
	Dybde	403 m	403 m	149	149
	Hugg	2	3	2	3
	PORIFERA				
*	Porifera indet.			+	
	HYDROZOA				
*	Hydrozoa indet.			+	+
	NEMERTINI				
*	Nemertini indet.	1		20	1
	NEMATODA				
*	Nematoda indet.			3	3
	POLYCHAETA				
	Pholoe baltica			7	5
	Pholoe pallida			1	1
	Phyllodoce mucosa			1	
	Eteone longa			1	
	Goniada maculata			0/2	0/1
	Syllidae indet.			6	6
	Ceratocephale loveni	1			
	Nephtys paradoxa	1			
	Paramphinome jeffreysii	2		57	30
	Paradiopatra quadricuspis	0/1			
	Lumbrineridae indet.			3	1
	Scoloplos armiger			6	1
	Levinsenia gracilis		1		
	Poecilochaetus serpens				0/1
	Prionospio cirrifera		1	2	
	Prionospio steenstrupii			61	37
	Scoelelepis korsuni			1	
	Spiochaetopterus typicus	0/1	+		
	Aphelochaeta sp.			2	
	Chaetozone sp.	2	1	149	67
	Cirratulus cirratus				2
	Diplocirrus glaucus			2/2	1
	Lipobranchius jeffreysii			2/1	1/1
	Scalibregma inflatum			2	2
	Capitella capitata			3421	2504
	Heteromastus filiformis	5		4	2
	Notomastus latericeus			20	9
	Rhodine sp.		1		
	Maldanidae indet.		1		
	Pectinaria auricoma			1	
	Pectinaria koreni			1/5	0/3

SAM-Marin/Havbruktstjenesten

2/2	Lokalitetsnavn	Stokkavika	Stokkavika	Hafsmo	Hafsmo
	Stasjonsnavn	Sto 3	Sto 3	Hafs 1	Hafs 1
	Dato	18/2-2012	18/2-2012	28.09.2012	28.09.2012
	Dybde	403 m	403 m	149	149
	Hugg	2	3	2	3
	Polycirrus norvegicus			1	
	Terebellides stroemi	3			
	Siboglinum ekmani	+	+		
	OLIGOCHAETA				
	Oligochaeta indet.				1
	SIPUNCULA				
	Sipuncula indet.			1	
	Phascolion strombus			7/2	2/1
	Onchnesoma steenstrupii	21	37	1	
	COPEPODA				
	Caligus elongatus				1
*	Calanus finmarchicus				1
	AMPHIPODA				
	Corophium sp.				1
	Eriopisa elongata	1			
	MOLLUSCA				
	Caudofoveata indet.	2	1	1	
	Euspira montagui				0/2
	Diaphana minuta			4	1
	Philine scabra			0/1	
	Nucula tumidula			0/1	
	Mytilus edulis			0/7	0/11
	Thyasira equalis	3/2	4	4	1
	Thyasira flexuosa			3	1
	Thyasira sarsii			241/48	66/19
	Abra nitida			22/2	11
	Kelliella abyssicola	1			
	Hiatella sp.				0/1
*	Bryozoa indet. skorpeformet			+	
*	Bryozoa indet. grenet			+	+
	Amphilepis norvegica	2/1	2/1		
	Ophiocten affinis			0/1	
	Ophiura albida			0/1	
	ASCIDIACEA				
	Ascidiacea indet.			1	
*	VARIA			+	

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene

Geometriske klasser	Hafs 1	Sto 3
I	18	10
II	6	4
III	9	2
IV	4	1
V	2	0
VI	1	1
VII	2	0
VIII	1	0
IX	1	0
X	0	0
XI	0	0
XII	0	0
XIII	1	0
XIV	0	0
XV	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. 985 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42
Fax:

AR-13-MX-000075-01



EUNOBE-00005413

Prøvemottak: 21.12.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 21.12.2012-10.01.2013
Referanse: 807000/86/12 HAFSMO

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2013-0102-006	Prøvetakingsdato:	28.09.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver			
Prøvemerking:	HAF 1, 149 m Hugg 1	Analysestartdato:	21.12.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
a) Totalt fosfor (P)	1100	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10		
a) Kobber (Cu)	12	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1		
a) Sink (Zn)	58	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1		
a) Totalt organisk karbon (TOC)	12	mg/g tv	EN 13137	0,1		
a) Totalt tørrstoff						
a) Total tørrstoff	69.3	% (w/w)	EN 14346	0,1		

Prøvenr.:	441-2013-0102-007	Prøvetakingsdato:	28.09.2012			
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver			
Prøvemerking:	HAF 2, 300 m Hugg 1	Analysestartdato:	21.12.2012			
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:	Grenseverdi
a) Fosfor (P)						
a) Totalt fosfor (P)	880	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10		
a) Kobber (Cu)	31	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1		
a) Sink (Zn)	110	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1		
a) Totalt organisk karbon (TOC)	34	mg/g tv	EN 13137	0,1		
a) Totalt tørrstoff						
a) Total tørrstoff	44.1	% (w/w)	EN 14346	0,1		

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

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-13-MX-000075-01



EUNOBE-00005413



Bergen 10.01.2013

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 2 av 2



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.: 441-2012-0606-105	Prøvetakingsdato: 19.04.2012
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Stian Kvalø
Prøvemerkning: STO 3 403m	Analysestartdato: 06.06.2012
Hugg 1	
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
a) Fosfor (P)	
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
a) Totalt tørrstoff	
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