

SAM e-Rapport

Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin
Uni Miljø



e-rapport nr: 34 – 2014

MOM C-undersøkelse fra lokalitet Store Teistholmen i Sandnes kommune, 2014

Torben Lode
Trond Einar Isaksen



Foto: Bjarte Espevik



ID: 10723 Versjonsnr: 004

Vedlegg SF-SAM-506 Utforming av sammendrag SAM e-rapport

Uni Miljø - Sam Marin

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



SAM-Marin



SAM-Marin
Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway
Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25

Internet: www.uni.no
E-post: Sam-marin@uni.no
Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse fra lokalitet Store Teistholmen i Sandnes kommune, 2014	Dato: 02.09.2014
	Antall sider og bilag: 48
Forfatter(e): Torben Lode og Trond Einar Isaksen	Prosjektleder: Trond Einar Isaksen
	Prosjektnummer: 808479
Oppdragsgiver: Grieg Seafood Rogaland AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Store Teistholmen on its surrounding environment. Conditions were poor close to the facility itself, having both high organic load and high concentrations of copper and sink in sediments here. Also the transition zone showed signs of impact from the facility, especially through high copper concentrations, high phosphorous concentrations and a macrofauna consisting only of opportunist species commonly found in areas with high organic input. The most distant zone examined showed no signs of being affected by the aquaculture facility Store Teistholmen.

Keywords: Marine, environment, MOM C-survey, recipient	Emneord: Marin, miljø, MOM C-undersøkelse, resipient	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 34-2014
--	--	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	Thomas Dahlgren	4/9-14 TL Dah
Prosjektet / undersøkelsen:	Trond Einar Isaksen	4/9-14 Trond Isaksen

ID: 10723 Versjonsnr: 004

Vedlegg SF-SAM-506 Utforming av sammendrag SAM e-rapport**Uni Miljø - Sam Marin**

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

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til sediment analyser, samlet av: Torben Lode og Linda Bjelland Pedersen (opplæring)

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Natalia Korableva, Nargis Islam, Maria Knoph, Ingrida Petrauskaite og Hanna Molden

Identifikasjon av marin fauna utført av: Per Johannessen og Frøydis Lygre

Faglige vurderinger og fortolkninger utført av: Thomas Dahlgren

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Scallop, Kvitsøy Sjøtjenester AS, Bjarte Espevik

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

Akkreditert: Sink, kobber, fosfor, TOC, totalt tørrstoff

Ikke akkreditert: -

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

Akkreditert: TOM, kornfordeling

Ikke akkreditert: -

Andre: -

INNHold

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	13
2.4 Avvik	13
3 RESULTATER OG DISKUSJON	14
3.1 Hydrografi.....	14
3.2 Sediment.....	16
3.3 Kjemi	17
3.4 Bunndyr	19
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	25
5 TAKK	27
6 LITTERATUR	28
7 Vedlegg	29
<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	30
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	39
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	41
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	44
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i>	45
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data</i>	48

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Store Teistholmen (lokalitetsnr. 11971) i Høgsfjorden, Sandnes kommune. Innsamlingene ble gjennomført 27. mars 2014.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Store Teistholmen i forbindelse med krav fra Fiskeridirektoratet og endring av lokalitetskonfigurasjonen. 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 Miljødirektoratet tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (SFT 1997, SFT 2008), Direktoratets gruppa Vanndirektivets indekser (Veileder 02:2013) og mot C-delen av MOM-standard (NS 9410:2007).

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

Det er utført MOM B-undersøkelse (forundersøkelse) i området til det planlagte anlegget samme dag som MOM C-undersøkelsen ble utført, 27. mars 2014 (Lode, 2014). Det er tidligere utført MOM C-undersøkelse ved lokaliteten i februar 2008 (Johansen *et al.*, 2008). Strømforhold i området ved det gamle anlegget er beskrevet fra strømmålinger utført i perioden 30.mai til 4. juli 2012 (Vassdal, 2012).

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkellesområdet

Den planlagte nye utformingen av lokaliteten Store Teistholmen ligger ytterst i Høgsfjorden i Sandnes kommune, rett øst for Stavanger (Figur 2.1). Bunnen under lokaliteten ligg på 60 – 150 meters dybde og skråner jevnt nedover i østlig retning, ned mot 240 meter dybde i bunnen av Høgsfjorden. (Figur 2.2 og 2.3).

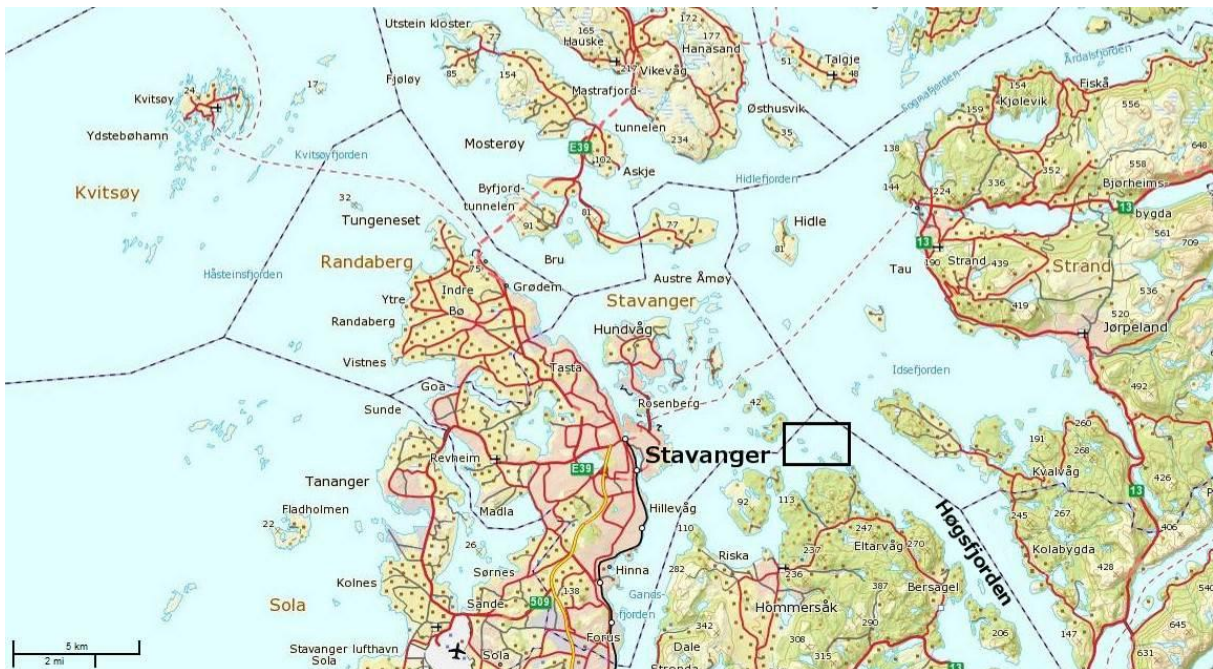
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 27. mars 2014. Det ble tatt prøver fra en stasjon like ved området for det planlagte anlegget, en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden. Undersøkelsen ble gjennomført av Torben Lode og Linda B. Pedersen fra SAM-Marin.

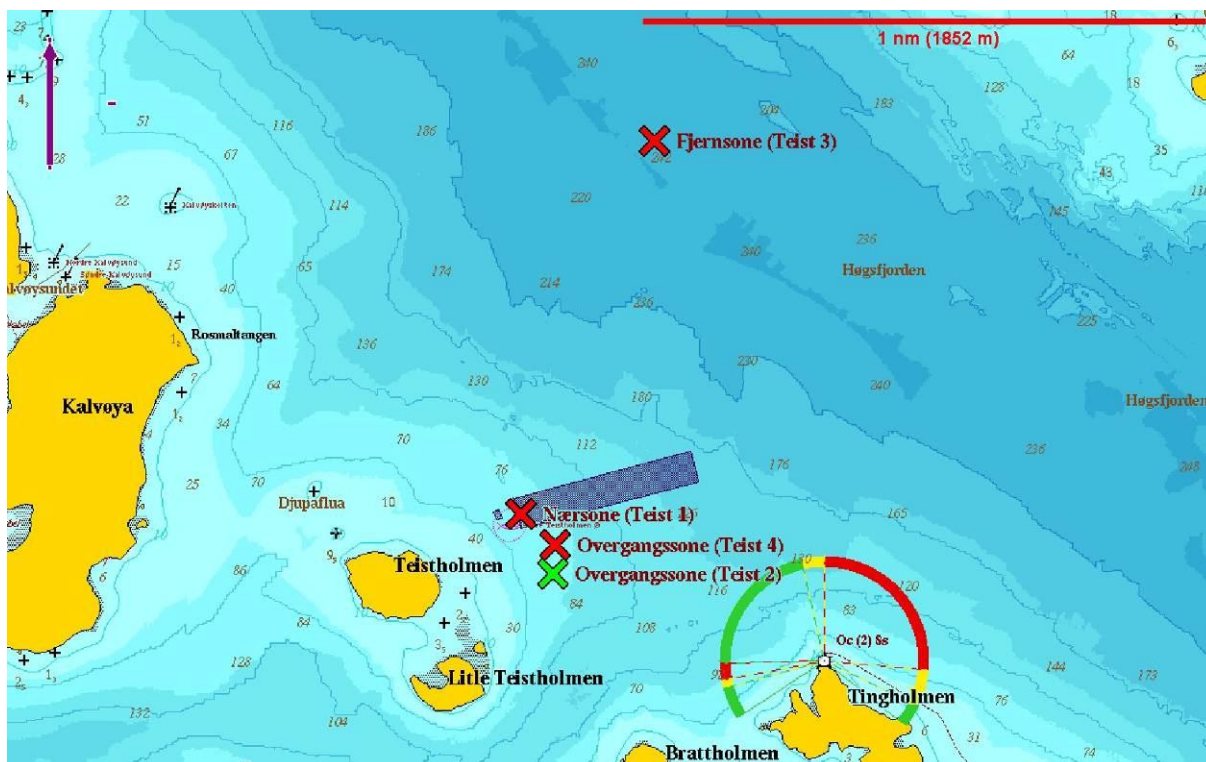
Det har tidligere vært utført MOM C undersøkelse ved Store Teistholmen i 2008 (Johansen *et al.*, 2008). Denne undersøkelsen konkluderer med at anlegget har en tydelig påvirkning på bunnfaunaen i området like ved og at driften er helt opp mot det lokaliteten kan tåle.

Stasjoner i nærsone (Teist 1) og fjernsone (Teist 3) har samme posisjon i 2008 og 2014. Overgangssonen i 2014 (Teist 4) er flyttet 95 meter nærmere anlegget sammenlignet med overgangssonen fra 2008 (Teist 2). Dette skyldes vanskelige grabbforhold med mye hardbunn. Overgangssonen er plassert nedstrøms for anlegget (Vassdal 2012).

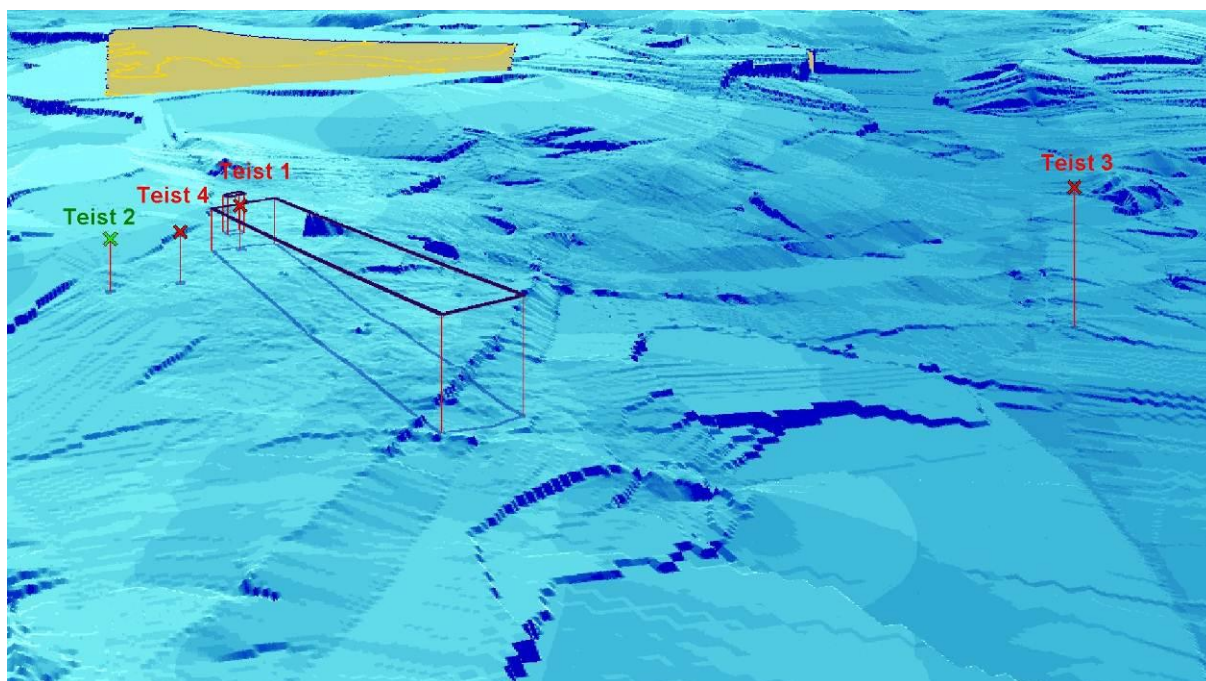
Det ble tatt vannprøver for hydrografi ved stasjonen i fjernsone (Teist 3). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.



Figur 2.1: Oversiktskart over fjordsystemet utenfor Stavanger. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Store Teistholmen. Kart kilde: Fiskeridirektoratet.



Figur 2.2: Utsnitt av Store Teistholmen med referansestasjon i dyppet og stasjoner ved anlegget. Røde kryss markerer stasjoner undersøkt i 2014. Grønt kryss er posisjon til overgangssonen undersøkt i 2008. Avstand mellom Teist 1 (nærsonne, 2008 og 2014) og Teist 4 (overgangssone, 2014) er 152 meter; avstand Teist 1 og Teist 3 (fjernsonne, 2008 og 2014) er 1314 meter. Skyggelagt området viser planlagt utstrekning for lokaliteten. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex



Figur 2.3: Bunntopografisk oversikt i området under lokalitetens planlagte plassering med punkt for prøvestasjonsstasjoner tegnet inn. Eksakt plassering av stasjoner er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Høgsfjorden ved lokaliteten Store Teistholmen. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder innhentet vha. fartøyets ekkolodd (Scallop, Kvitsøy Sjøtjenester AS). Det er benyttet 0,1 m² van Veen grabb (KC Denmark mod. 12.210, grabb nr. VIII og IV. Volum 16,5 liter, maks 18 cm bitedybde) og en 0,04 m² Ekmangrabb (KC Denmark mod. 12.002, Ekman grab) til prøvetaking. MOM B-parametere registrert på hver stasjon.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Nærsone Teist 1 27.03.2014	58° 58.566'N 005° 51.750'Ø	66	1	7,5	Biologi. Grabb VIII
			2	7,5	Kjemi og geologi. Grabb VIII
			3	7,5	Biologi, MOM B. Grabb VIII
					Myk, brun/sort sediment med sterk lukt
Overgangssone Teist 4 27.03.2014	58° 58.511'N 005° 51.866	72	1	2,8	Kjemi, geologi, MOM B. Grabb IV
			2	2,8	Biologi*. Grabb IV
			3	4,6	Biologi*. Grabb IV
					Myk, brun/sort sediment. Ingen lukt
Fjernsone Teist 3 27.03.2014	58° 59.230'N 005° 52.210'Ø	240	1	16,5	Biologi. Grabb IV
			2	OK**	Kjemi. Ekman Grabb
			3	16,5	Biologi. Grabb IV
			4	OK**	Geologi, MOM B. Ekman Grabb CTD m/oksygenmåler Myk, lys/grå sediment. Ingen lukt

*Underkjent prøve for biologi iht. NS-EN ISO 16665:2013 grunnet lite sediment-volum.

**Godkjent prøve for kjemi/geologi iht. NS-EN ISO 5667-19:2004.

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H₂S), som er giftig, kan dannes og føre til at dyrelivet dør ut. Er vannet mettet med oksygen vil metningen være 100 %. Vann kan også være overmettet med oksygen, det vil si over 100 %. Oksygeninnholdet i oksygenmettet vann varierer med temperatur og saltholdighet.

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

Tabell 2.2: Klassifisering av kornstørrelse i sediment (NS-EN ISO 16665:2013).

Silt / leire	Svært fin sand	Fin sand	Medium sand	Grov sand	Svært grov sand	Grus
< 63 µm	63-125 µm	125-250 µm	250-500 µm	500 µm - 1 mm	1 - 2 mm	> 2 mm

2.2.2 Sediment

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. Klassifisering av ulike sedimentfraksjoner basert på partikkelstørrelse som oppgitt i NS-EN ISO 16665:2013 er vist i Tabell 2.2 over.

Organisk innhold i sediment blir målt som prosent glødetap i samsvar med NS 4764-1980. I beregningen er dette differansen til vekt av tørket prøve (vannfri prøve) og vekt av prøven etter brenning ved 550 °C (aske). Organisk innhold i sediment samsvarer ofte med kornstørrelse, der finpartikulært sediment ofte har høyere innhold av organisk materiale sammenlignet med grovt sediment. I områder med svake strømforhold og akkumulering av finere partikler kan slikt sediment ofte være oksygenfattig like under sediment-overflaten. Under slike forhold kan sedimentet ha en rått lukt av hydrogensulfid (H₂S). Dette vil være særlig fremtredende i områder med stor organisk tilførsel og/eller dersom bunnvannet i området inneholder lite oksygen.

Det er samlet sedimentprøver fra hver stasjon i det undersøkte området. Prøvetakingen og analyse er utført etter gjeldende standarder NS-EN ISO 5667-19:2004 og NS 4764:1980. Kornfordeling og organisk innhold (% glødetap, total organisk materiale) er analysert akkreditert av Molab AS. Molab AS har et kvalitetssikringssystem som tilfredsstillende NS-EN ISO/IEC 17025:2005 og er akkreditert for analyse av total organisk materiale og kornfordeling med akkrediterings nr. TEST 032.

Resultat av kornfordelingen til sedimentprøvene er presentert i kurveform, der partikkelstørrelse fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelse blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det er tatt ut prøver fra det ene hullet fra hver stasjon til analyse av kjemiske parametere. Prøvetaking utføres i henhold til NS-EN ISO 5667-19:2004. Miljøgifter i sediment er hovedsakelig knyttet til finstoff (leire, silt) og organisk materiale. Det ble tatt prøver til kjemisk analyse fra alle bløtbunnstasjonene med bruk av metoder i samsvar med *"Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann"* (SFT 2008, TA-2229/2007). Prøvene ble sendt til Eurofins Norsk Miljøanalyse AS (akkrediteringsnummer TEST 003) for kjemiske analyser.

Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) er utført etter NS-EN ISO 17294-2:2004. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) er utført etter NS-EN 13137:2001 og beregning av normalisert TOC i henhold til gjeldende veileder (SFT 1997, TA 1467/1997). For klassifisering av totalt organisk karbon i sedimentprøver, må konsentrasjoner av TOC i sediment standardiseres for andel finstoff (F) med bruk av formelen:

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

Det er de normaliserte verdiene som brukes i tilstandsklassifiseringen av TOC med bruk av grenseverdier som oppgitt i Tabell 2.4. Innholdet av tørrstoff er analysert etter NS-EN 14346:2006. Tilstandsklasser gis for de målte parameterne som inngår i Miljødirektoratets veiledere (TA 1467/1997 og TA 2229/2007) (Tabell 2.4).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensialet (E_h) i marint sediment kan si noe grad av anoksiske forhold i bunnvann og sediment. Anoksiske forhold har negativ effekt på makrofauna og viktige nedbryterorganismer som børstemark. I sterkt anoksiske sedimenter vil det derfor kunne dannes surt miljø og hydrogensulfid (H_2S) under bakteriell nedbryting av organisk materiale. Surhetsgrad og redokspotensialet i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGoTM pH/ E_h metere (Mettler Toledo). Redokspotensialet ble målt med Ag/AgCl-redokselektrode (InLab Redox) fylt med 3M KCl løsning. Miljøtilstand basert på disse målingene er beregnet på samme måte som i MOM B-undersøkelser i henhold til skjema B1 (NS 9410:2007).

2.2.4 Bunndyr

Bunndyr eller bløtbunnsfauna i denne undersøkningen skal forstås som virvelløse dyr større enn 1 mm som lever på- eller i overflatesediment (gravende dyr). Vanlige dyregrupper i denne sammenheng er børstemark, muslinger, snegler, krepsdyr og pigghuder.

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

mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Dersom det er dårlige miljøforhold vil det være få eller ingen arter tilstede i sedimentet.

I henhold til NS-EN ISO 16665:2014 må prøvetaking for biologi oppfylle krav med tanke på bitedybde ned i sedimentet. For 0,1 m² van Veen grabb tilsvarer dette et minstekrav på 5 liter sediment-volum ved prøvetaking i faste sedimenter og 10 liter sediment-volum i løse sedimenter. For innsamling av bunnprøver er det brukt en van Veen grabb med grabbåpning på 0,1 m² (KC Denmark mod. 12.210, maks volum 16,5 liter). 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. Sediment-volumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. 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 5 liter sediment. Prøver med mindre enn 5 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinholdet vaskes gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard, 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene er fiksert ved tilsetning av 8 % formaldehyd tilsatt bengalrosa og nøytralisert med boraks. I laboratoriet skylles prøvene på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene sorteres ut fra sediment-restene og overføres til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det lar seg gjøre bestemmes dyr til art. Bunndyrs materialet oppbevares 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 bunndyrsanalysene. Planktoniske organismer som ble fanget av den åpne grabben på vei ned og krepsdyr som lever fritt på bunnen er inkludert i artslisten, men utelatt fra analysene.

I vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene benyttet for analyse av det innsamlede bunndyrs materialet. 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 Vanndirektivet har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet og tilstand i marine områder (Veileder 02:2013). Denne veilederen erstatter Veileder 01:2009 og på sikt de gjeldende SFT veilederne (SFT 1997; SFT 2008). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H'), Hulberts diversitetsindeks (E_{S100}), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks NQI1, ømfintlighetsindeksene NSI, ISI₂₀₁₂ og AMBI (komponent i NQI1), samt indeks for individtetthet DI. Indeksverdiene blir omregnet til nEQR-verdier (normalised ecological quality ratio) med en tallverdi mellom 0 og 1. Denne omregningen gjør at tallverdiene fra de forskjellige indeksene kan sammenliknes (se Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyr).

Tilstandsklassen til stasjonen blir bestemt av snittet av de enkelte indeksenes nEQR-verdier, tilstandsverdien sier noe om både hvilken tilstandsklasse stasjonen hører til og hvor høyt eller evt. lavt stasjonen er plassert i denne klassen. Klassegrenser for nEQR er vist i Tabell 2.3. Grenseverdier for klassifisering av biologiske indekser og andre parametere er vist i Tabell 2.4. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410:2007) (Tabell 2.5).

Tabell 2.3: Klassegrenser for nEQR i henhold Veileder 02:2013.

Tilstandsklasse	Basisverdi (nedre grenseverdi)
Klasse 1 (Svært god)	0,8
Klasse 2 (God)	0,6
Klasse 3 (Moderat)	0,4
Klasse 4 (Dårlig)	0,2
Klasse 5 (Svært dårlig)	0,0

Tabell 2.4: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i SFT 1997 (TA 1467/1997), SFT 2008 (TA 2229/2007) og Direktoratgruppa Vanddirektivet 2013 (Veileder 02:2013). Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

Parameter	Veileder	Måleenhet	Tilstandsklasser					
			I Bakgrunn/ Svært god	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen *	TA 1467	ml O ₂ / l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Oksygen metn. **	TA 1467	%	>65	65-50	50-35	35-20	<20
Sediment	NQI1	02:2013		0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	<0,31
	Shannon-Wiener (H')	02:2013		5,7-4,8	4,8-3,0	3,0-1,9	1,9-0,9	<0,9
	ES ₁₀₀	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	ISI ₂₀₁₂	02:2013		13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	<4,5
	NSI	02:2013		31-25	25-20	20-15	15-10	<10
	DI	02:2013		<0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05
	Organisk karbon	TA 1467	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 2.5: Vurdering av miljøtilstanden i nærsone og overgangssone ved oppdrettsanlegg. Hentet fra NS 9410:2007 (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

Det har vært drift ved lokaliteten Store Teistholmen siden produksjonen først startet i 2002. På undersøkelsestidspunktet er det ikke noe produksjon eller anlegg ved lokaliteten. Lokaliteten har en MTB på 3120 tonn og planlagt anlegg består av 6 stk. 160 meter ringer. Området har vært brakklagt siden 31. januar 2014 og er planlagt brakklagt frem til slutten av september 2014. Tabell 2.6 viser fôrforbruk og produksjon ved lokaliteten de siste 3 årene.

Tabell 2.6. Fôrforbruk i tonn på lokaliteten de siste 3 år:

	Utfôret mengde	Produsert mengde
2013	1 856 tonn	2 323 tonn
2012	1 709 tonn	1 886 tonn
2011	3 227 tonn	2 657 tonn

2.4 Avvik

- Teist 4, hugg 2 og 3: underkjente prøver for biologiprøvetaking iht. NS-EN ISO 16665:2013 mtp. minstekrav sediment-volum.
- Stasjonsnavn brukt i felt (for feltjournal og analysebevis) er endret til korrekte og respektive historiske navn i rapporten her. Følgelig endringer er gjort for rapport: TE-01 = Teist 1, TE-02 = Teist 4, TE-03 = Teist 3. Teist 1 (nærsone) og Teist 3 (fjersone) er historisk tidligere brukte stasjoner, mens Teist 4 (overgangssone) er ny.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

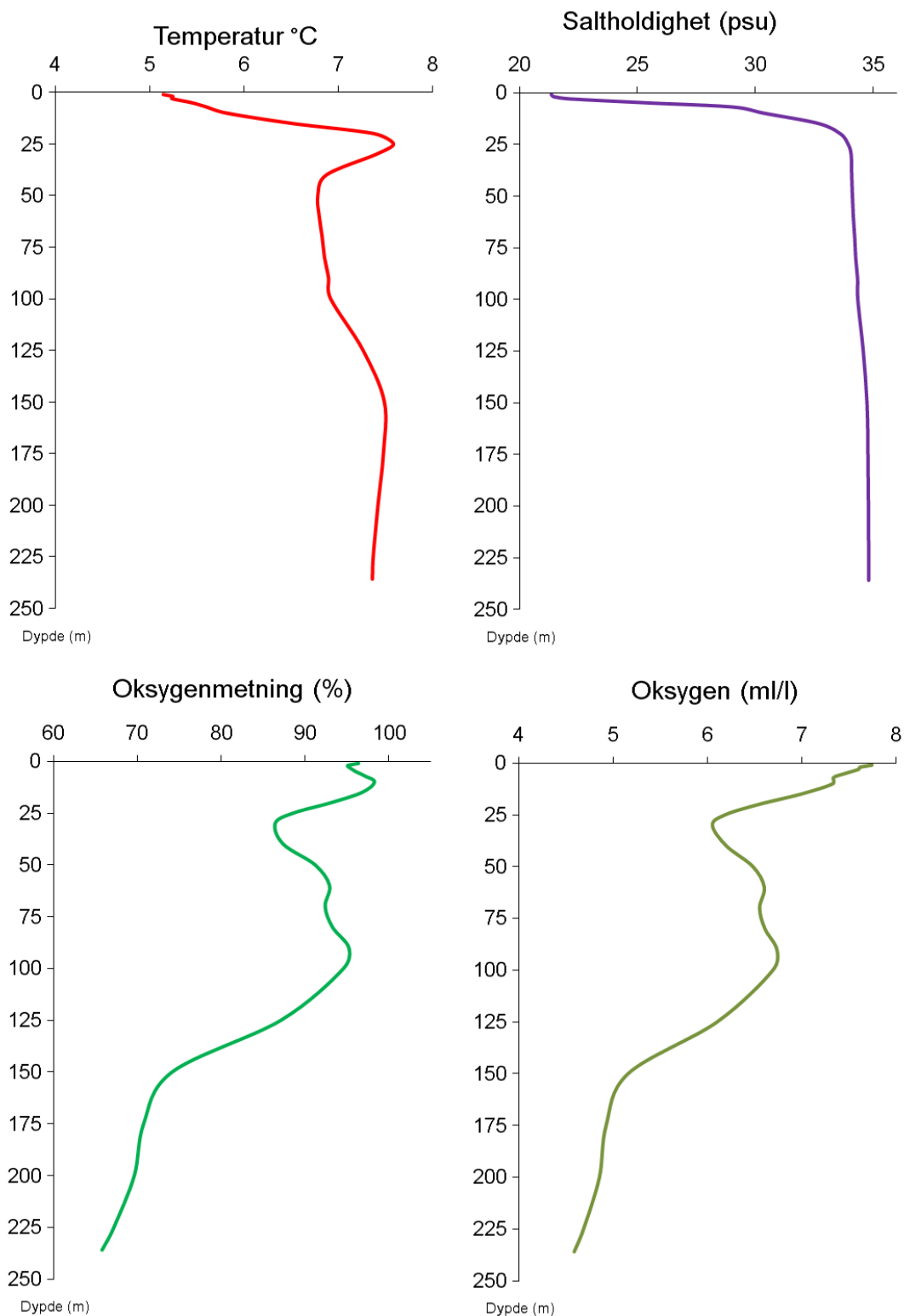
3.1 Hydrografi

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen ved fjernsonen (Teist 3), 27. mars 2014. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedleggstabell 5.

Det er tydelige sprangsjikt (pyknoklin) ned mot 50 meters dyp hvorfra temperatur og salinitet er stabilt ned mot 100 meters dyp. Fra 100 meter og videre nedover øker temperaturen noe, ned til 150 meter, for så å avta igjen ned mot bunn på om lag 230 meters dyp. Saltholdigheten er langt mer stabil og viser en svak økning fra 50 meters dyp og ned mot bunn. Et sprangsjikt antyder en vertikal inndeling av vannmassene ved at både temperatur og saltholdighet direkte påvirker vannets tetthet og dermed blanding av vannmassene. Det øvre sprangsjiktet ned mot 40-50 meters dyp forventes effektivt å hindre de øvre vannmassene fra å blande med de nedenforliggende. Antydningen til en lagdeling av vannmassene lengre ned i vannsøylen virker langt svakere og mindre stabilt.

Oksygeninnholdet i vannsøylen når høyest nivå i de øvre 10 meterne av vannsøylen (95-98 % metningsgrad, 7,33-7,75 ml O₂/liter) og ved 90 meters dyp (95 % metningsgrad, 6,74 ml O₂/liter). De øvre 100 meterne av vannsøylen har noe varierende oksygeninnhold. Nedenfor 100 meters dyp og ned mot bunnen på omtrent 200 meters dyp avtar oksygeninnholdet i stor grad, fra metningsgrad over 90 % ved 100 meters dyp til under 70 % ved 200 meters dyp. Oksygeninnhold i vannmasser er ikke like stabilt som temperatur og saltholdighet, og vil i større grad bli påvirket av små-skala endringer, som for eksempel tidevannsstrømmer og høye konsentrasjoner av planktoniske organismer ved enkelte dyp. Det er derfor ikke unormalt med slike variasjoner vertikalt som fremstår av disse målingene.

Oksygeninnhold i bunnvann ble målt til 4,59 ml O₂/liter (metning 65,8 %) ved fjernsonen (Teist 3) på 236 meters dyp (dybde målt med CTD). Dette tilsvarer Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god) for oksygeninnhold i bunnvann. Resultatet samsvarer med undersøkelsen i 2008 som også fikk tilstandsklasse I (Svært god) for oksygeninnhold i bunnvannet på samme stasjon.



Figur 3.1: Lokalitet Store Teistholmen. Temperatur, saltholdighet, Oksygen i % metning og ml/l ved fjernsonen (TE-03), målt med STD/CTD-sonde med påmontert oksygensensor fra overflaten og ned mot bunnen den 27. mars 2014. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO_2/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

3.2 Sediment

Sediment på stasjon Teist 1 (nærsone) og Teist 4 (overgangssone) besto hovedsakelig av sand (>62 %). Kornstørrelsesfordelingen ved undersøkelsestidspunktet indikerer moderat gode bunnstrømforhold ved nærsonen og overgangssonen.

På den dypeste stasjonen (fjernsone, Teist 3) var sedimentet mer finkornet med 95 % finstoff. Det er vanlig at dypere deler av fjorder har mindre bunnstrømaktivitet. Bunnstrømforhold påvirker sedimenteringsrater av ulike partikkelstørrelser ved at svake bunnstrømmer tillater finere partikler å sedimentere. Slike lavstrømsområder kan påvirke områders miljøkvalitet ved at finpartikulært sediment enklere binder opp organiske og kjemiske avfallsstoffer, samtidig som disse avfallsstoffene har lettere for å sedimentere grunnet den lave strømhastigheten.

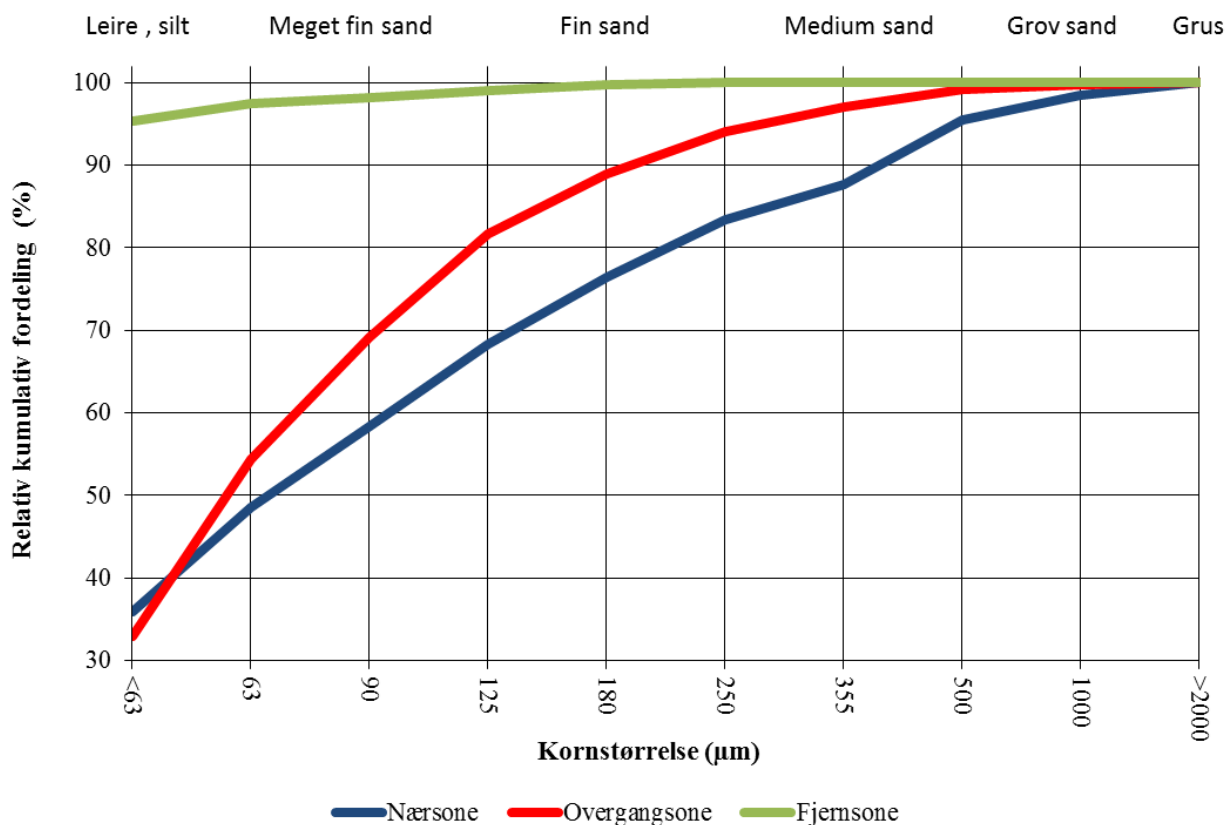
Normale verdier for glødetap i norske fjorder ligg på under 10 % glødetap (TOM). Glødetapsverdien på 19,8 % for nærsonen (Teist 1) er forhøyet og vitner om organisk belastning i området. Verdiene for overgangssonen (Teist 4) er imidlertid fine og angir normal tilstand.

Resultat fra undersøkelsen i 2014 viser høyere organisk materiale i sedimentet i nærsonen og overgangssonen, sammenlignet med undersøkelsen fra 2008. Forholdene i fjernsone er tilnærmet uendret. For overgangssonen er det nærliggende å koppe ulikheter her mot relokaliseringen av stasjonen.

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.2. Tabell 3.1 viser prosentvis fordeling av sedimentfraksjoner for de 3 undersøkte stasjonene.

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Store Teistholmen, mars 2014.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Teist 1, Nærsone	66	19,8	36,0	62,4	1,6
Teist 4, Overgangssone	72	5,8	33,0	66,8	0,2
Teist 3, Fjernsone	240	12,3	95,4	4,6	0,0



Figur 3.2: Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Store Teistholmen: Nærsone, Teist 1; Overgangssone, Teist 4; Fjernsone, Teist 3. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (ISO 16665:2005): leire / silt (< 63 µm), meget fin sand (63 – 124 µm), fin sand (125 – 249 µm), medium sand (250 – 499 µm), grov sand (500 – 2000 µm), grus (> 2000 µm).

3.3 Kjemi

3.3.1 Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis omkring 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Alle de 3 undersøkte stasjonene har fosforverdier overfor det som betraktes som normalt (Tabell 3.2). Verdiene for fosfor ved nærsonen (Teist 1) er svært forhøyet og antyder høy grad av organisk belastning i området. Fosforverdiene ved overgangssonen (Teist 4) er mye lavere enn ved nærsonen, men det er også ved Teist 4 en ganske kraftig forhøyning av fosfor. Prøver fra fjernsonen (Teist 3) viser bare svak forhøyning av fosfor, og det kan ved denne stasjonen argumenteres for at den svært høye andelen finstoff muliggjør en naturlig større grad av opphopning av organisk og kjemisk materiale. Sammenlignet med undersøkelsen i 2008 er verdiene for nærsonen og fjernsonen i grove trekk indikerende for henholdsvis samme tilstander ved undersøkelsen i 2014. Den nye overgangssonen for 2014 har imidlertid betydelig høyere verdier for fosfor sammenlignet med overgangssonen for 2008.

Samtlige undersøkte stasjoner har forhøyede verdier av normalisert TOC. Stasjonen ved overgangssonen (Teist 4) har verdier innenfor Miljødirektoratets nest verste tilstandsklasse – IV (Dårlig). Nærsonen (Teist 1) og fjernsonen (Teist 3) får begge Miljødirektoratets verste tilstandsklasse – V (Svært dårlig). Av disse to er nærsonen en klar versting, og overgår langt nedre grenseverdi for tilstandsklasse V (Svært dårlig) med TOC verdi på hele 112 mg/g TS. TOC-verdiene for stasjonene samlet tyder på høy grad av organisk belastning i resipienten ved undersøkelsestidspunktet (Tabell 3.2). Sammenlignet med undersøkelsen i 2008 er det en tydelig økning i normalisert TOC både ved nærsonen og fjernsonen. Også den nye overgangssonen har høyere TOC-verdier sammenlignet med overgangssonen fra 2008.

Klassifiseringssystemet krever beregning av normalisert totalt organisk karbon (TOC). Dette betyr at både finstoff (leire og silt) og TOC må analyseres og brukes i beregningene. I følge gjeldende veileder (TA 1467/1997) har dette medført at grenseverdiene mellom tilstandsklassene har blitt strengere. Formelen som benyttes til dette er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten. Slike kystnære områder kan ha til dels store variasjoner med tanke på organisk materiale i sediment. Kilden til slike variasjoner kan være både terrestrisk og marin (TA 1883/2002). Det påpekes også i Direktoratgruppa Vanddirektivet sin veileder 02:2013 at forholdet mellom normalisert TOC og glødetap er vist å variere og at de ikke er direkte sammenlignbare.

Verdiene av metallene kobber og sink målt viser stor variasjon mellom de undersøkte stasjonene. Nærsonen (Teist 1) er den klare versting og har svært forhøyede verdier av kobber (1600 mg/kg TS) ved undersøkelsestidspunktet. Dette gir Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig) og tilsvarer verdier langt over nedre grenseverdi for tilstandsklasse V som ligg på 220 mg/kg TS. Dette er en tydelig oppgang fra undersøkelsen i 2008 hvor nærsonen målte kobberverdier på 990 mg/kg TS, også da i verste tilstandsklasse. For sink påvises det forhøyede verdier i nærsonen (770 mg /kg TS) som får Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig). Også dette er en forverring sammenlignet med undersøkelsen i 2008, hvor nærsonen målte sinkverdier på 570 mg/kg TS og tilstandsklasse III (Moderat). Ved overgangssonen (Teist 4) er forholdene noe bedre. Mens verdiene for kobber også her er kraftig forhøyet og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig), er nivåene av sink langt bedre og tilsvarer Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). Dette er allikevel høye verdier om man sammenligner med overgangssonen brukt i 2008, hvor begge måleparameterne fikk tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå). Fjernsonen (Teist 3) viser meget gode verdier for både kobber og sink og får beste tilstandsklasse for begge de målte parameterne – Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå). Fjernsonen fikk også i 2008 beste tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå) for begge måleparameterne kobber og sink.

Tabell 3.2: Innholdet av undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved Store Teistholmen, mars 2014. Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering for sink, kobber (TA 2229/2007) og normalisert TOC (TA1467/1997).

Stasjon	Totalt organisk karbon		TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS		Kobber mg/kg TS		TK	Tørrstoff (TS) %
	mg/g TS	Normalisert TOC mg/g TS			TK	TK	TK			
Teist 1, Nærsonen	100	112	V	23000	770	IV	1600	V		35,9
Teist 4, Overgangssone	25	37	IV	4900	170	II	310	V		58,8
Teist 3, Fjernsonen	44	45	V	1200	140	I	27	I		23,4
	I - Bakgrunn	II - God	III – Moderat		IV – Dårlig			V – Svært dårlig		

3.3.2 Måling av pH og redokspotensialet (Eh)

Tabell 3.3 viser målte verdier for pH og redokspotensialet ved undersøkte stasjoner, samt tilstandsvurdering på bakgrunn av disse parameterne. Resultatene fra de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1.

De målte pH verdiene er gode for alle de 3 målte stasjonene. Kombinert med E_h målinger gir dette tilstand 1 (Meget god) for nærsone (Teist 1) og fjernsone (Teist 3). Overgangssone har en noe lavere E_h sammenlignet med de øvrige målinger hvilket resulterer i tilstand 2 (God) for stasjonen her (Teist 4). Det er en klar bedring av nærsone sammenlignet med undersøkelsen i 2008, hvor nærsone målte pH lik 6,3 og fikk pH/ E_h poeng 5 (tilstand 4, meget dårlig). Den nye overgangssone er litt mer preget enn overgangssone for undersøkelsen i 2008 (tilstand 1), mens fjernsone imidlertid er tilnærmet uendret mellom de to undersøkelsene.

Tabell 3.3: Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved Store Teistholmen, mars 2014. Den beregnede pH/ E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best.

Stasjon / Parameter	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand
Teist 1, Nærsonen	7,30	21	1	1
Teist 4, Overgangssone	7,50	-129	2	2
Teist 3, Fjernsone	7,64	54	1	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.3-3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mars 2014. De fleste bløtbunnarter er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Miljøforhold basert på bunndyrsanalyser (makrofauna) vurderes i henhold til grenseverdier gitt i gjeldende standarder og veiledere. Makrofauna i fjernsone skal vurderes ut fra grenseverdier basert på beregnede indekser iht. Direktoratgruppa Vanndirektivets veileder 02:2013 (se Tabell 2.4). I følge MOM-standard (NS 9410:2007) er diversitetsindekser lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Vurdering av bunndyrsamfunnet i nærsone blir derfor basert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (se Tabell 2.5). For overgangssone er begge kriterier brukt til klassifisering av tilstanden.

I bunndyrsprøvene fra nærsone (Teist 1) er det totalt 4 arter bestående av til sammen 1088 individer. Alle de biologiske indeksene havner i tilstandsklassene IV (Dårlig) og V (Svært dårlig), se Tabell 2.3 og Tabell 2.4 for oversikt over grenseverdier og tilstandsklasser. Alle artene funnet ved denne stasjonen er arter som typisk forekommer i organisk belastede områder, og de to mest dominerende artene utgjør samlet 99 % av alle individer funnet i prøvene herfra. I følge MOM-standard er imidlertid diversitetsindekser lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen like ved anlegg (Tabell 2.5). Etter dette klassifiseringssystemet får stasjonen Teist 1 miljøtilstand 3 (Dårlig). Stasjonens dårlige tilstand er også tydelig ut fra fordelingen av geometriske klasser i Figur 3.3. Stasjonens flate og hakkete graf (Figur 3.3) med gjentatte og tidlige nullverdier, samt fraværet av tidlig toppunkt indikerer en preget faunasammensetning.

Undersøkelsen i 2008 fant tilsvarende tilstand i nærsone undersøkt den gang. Nærsone (Teist 1) fikk da MOM-tilstand 3 (Dårlig). Også da var faunaen utelukkende preget av arter indikerende for organisk belastning.

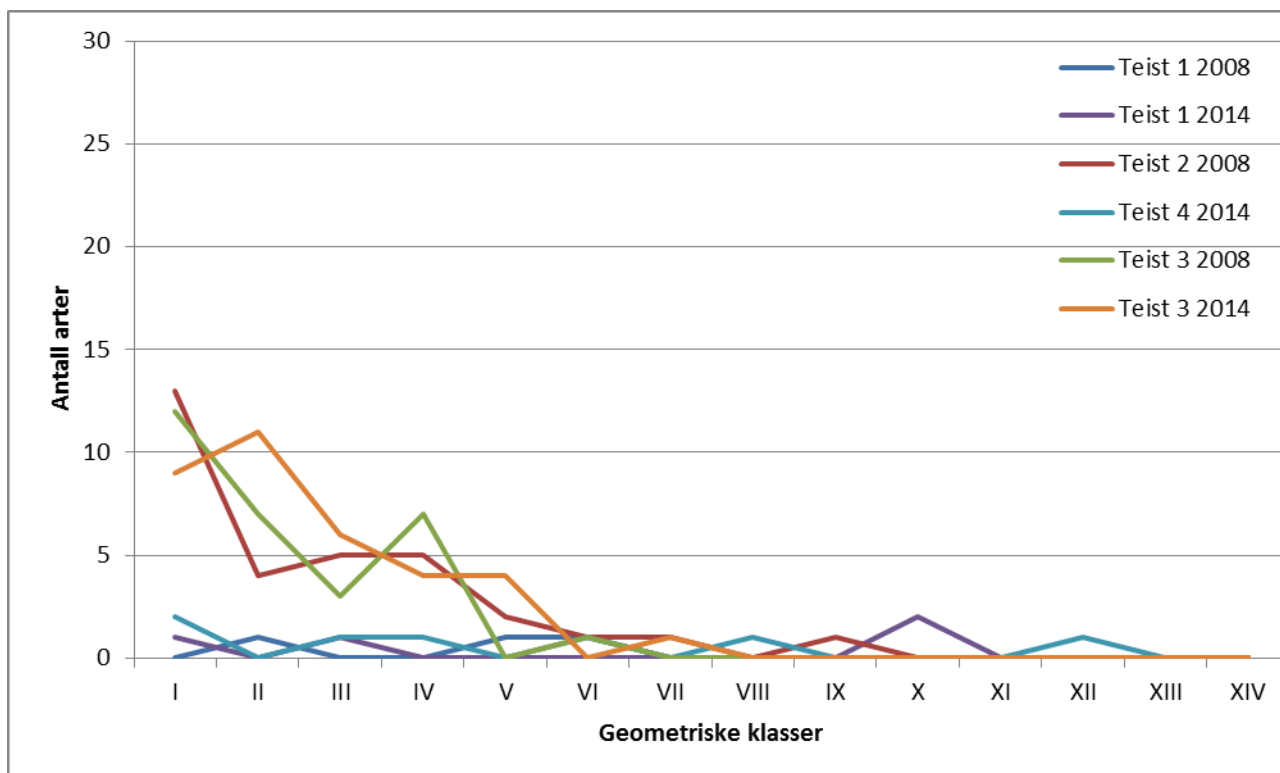
I prøvene fra overgangssone (Teist 4) ble det funnet totalt 7 ulike arter bestående av til sammen 2501 individer. Nesten alle de biologiske indeksene havner her i tilstandsklasse V (Svært dårlig), og samtlige av de 7 artene er typisk forekommende ved organisk belastede områder. Det er en meget skjev fordeling av individer på artene og den mest tallrike arten *C. capitata* er representert ved hele 91 % av alle individer funnet ved stasjonen. MOM-klassifiseringen gjelder også for overgangssone. Ettersom en art her utgjør mer enn 90 % av alle individer funnet får stasjonen Teist 4 miljøtilstand 3 (Dårlig). Figuren for geometriske klasser (Figur 3.3) viser samme resultat med en gjennomgående lav, flat graf samt et svært sent og lavt topp-punkt som representerer den store gruppen av *C. capitata*.

Undersøkelsen i 2008 fant langt bedre forhold ved den da brukte overgangssone Teist 2, omtrent 95 meter lengre sør for anlegget. Området hadde langt flere arter sammenlignet med Teist 4 2014, samt en mer variert og jevnere fordeling og fikk miljøtilstand 1 (Meget god).

Prøvene fra fjernsone (Teist 3) vitner om gode forhold med 35 ulike arter bestående av til sammen 271 individer. Alle de biologiske indeksene havner i tilstandsklasse II (God), med unntak av DI som får tilstandsklasse I (Svært god). MOM-klassifiseringen gjelder ikke for fjernsone. Stasjonen (Teist 3) får imidlertid Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God) basert på indeksene gitt i Tabell 3.4. Stasjonens høye andel av arter og relativt jevne fordeling vitner om gode forhold. Grafen for geometriske klasser sier også i stor grad det samme, men mangler markant tidlig topp typisk for særs gode områder samtidig som den har en noe sen topp etter nullpunkt ved klasse VII.

Sammenlignet med undersøkelsen i 2008 virker det å ha skjedd lite endring i fjernsone totalt sett. Stasjonen Teist 3 fikk i 2008 Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God) og hadde relativt jevn individfordeling på de 30 artene funnet. Den mest merkbare endringen er dominansforholdet mellom de to mest dominerende artene/slektene. Hvor på Teist 3 i 2008 syntes å være klart dominert av individer tilhørende *Polydora* sp., har den daværende nest mest dominerende arten *Thyasira equalis* nå tatt over og dominerer klart prøvene fra Teist 3 ved undersøkelsen i 2014. Dette er av heller mindre betydning ettersom *Polydora* sp. omfatter arter som kan være naturlig svært varierende i forekomst.

De multivariate analysene viser stor ulikhet mellom overgangssone undersøkt i 2008 og overgangssone undersøkt i 2014. Cluster-plottet (Figur 3.5) viser tydelig at overgangssone for 2014 har større likhet med nærsone for 2008 og 2014 (ikke signifikant ulike), enn med overgangssone for 2008 (signifikant ulike). Overgangssone for 2008 er mer nærliggende stasjonene i fjernsone for begge årene, men er imidlertid signifikant ulike disse. Nærsone undersøkt i 2008 og 2014 har langt større likhet seg imellom, og det samme gjelder fjernsone. Dette kommer også tydelig frem i MDS-plottet (Figur 3.4) hvor huggene forekommer samlet i grupper.



Figur 3.3: Antall arter (langs y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra Store Teistholmen, mars 2014.

Tabell 3.4: Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved Store Teistholmen, mars 2014, samt historiske stasjoner fra undersøkelse utført i februar 2008. Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m². Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m². Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES₁₀₀ og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) er beregnet for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Miljøtilstand i nær- og overgangssone er vurdert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen, i henhold til NS 9410:2007. Klassifisering av miljøtilstand i overgangssone og fjernsone er gitt i henhold til vanddirektivets veileder 02:2013 med bruk av nEQR-verdier. Grabbverdien av nEQR er basert på grabbgjennomsnittet for hver enkel indeks mens stasjonsverdien av nEQR er basert på sum (kumulert grabbdata). Miljøtilstand og tilstandsklasser er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabb-hugg	Antall arter	Antall individer	NQI1 verdi	H' verdi	ES ₁₀₀ verdi	ISI ₂₀₁₂ verdi	NSI verdi	DI verdi	Tilstands-verdi	Miljø-tilstand
Nærsone											
Teist 1 27.03.2014	1	4	556	0,21	1,02	2,36	3,81	9,98	0,7		
	3	3	532	0,18	1,02	2,57	4,54	11,3	0,68		
	Sum	4	1088	0,2	1,05	2,48	3,81	10,63	0,69		3
	Snitt	3,5	544	0,2	1,02	2,46	4,18	10,64	0,69		
	Stasjon nEQR				0,13	0,23	0,1	0,17	0,23	0,33	-
Grabb nEQR				0,13	0,22	0,1	0,19	0,23	0,33	-	
Overgangssone											
Teist 1 20.02.2008	1	2	23	0,09	1	2	7,5	14,11	0,69		
	2	3	35	0,21	0,89	3	4,54	12,07	0,51		
	Sum	3	58	0,21	1,07	3	4,54	13,36	0,59		3
	Snitt	2,5	29	0,15	0,95	2,5	6,02	13,09	0,59		
	Stasjon nEQR				0,13	0,23	0,12	0,21	0,33	0,41	-
Grabb nEQR				0,1	0,21	0,1	0,39	0,32	0,41	-	
Teist 4 27.03.2014	2	4	880	0,21	0,09	1,78	4,78	7,1	0,89		
	3	6	1621	0,24	0,7	3,55	4,47	7,18	1,16		
	Sum	7*	2501	0,25	0,54	3,49	4,84	7,15	1,05		3
	Snitt	5	1250,5	0,22	0,4	2,67	4,63	7,14	1,05		
	Stasjon nEQR				0,16	0,12	0,14	0,24	0,14	0,17	0,16
Grabb nEQR				0,14	0,09	0,11	0,22	0,14	0,17	0,15	
Teist 2 20.02.2008	1	20	265	0,46	2,42	13,78	7,83	12,98	0,37		
	2	27	304	0,54	2,88	17,52	7,06	15,43	0,43		
	Sum	32	569	0,51	2,86	16,23	7,38	14,28	0,4		1
	Snitt	23,5	284,5	0,5	2,65	15,65	7,45	14,21	0,4		
	Stasjon nEQR				0,44	0,57	0,58	0,58	0,37	0,66	0,53
Grabb nEQR				0,41	0,54	0,56	0,59	0,37	0,66	0,52	
Fjernsone											
Teist 3 27.03.2014	1	23	49	0,75	4,17	23	7,82	22,05	0,36		
	3	29	222	0,66	3,52	21,84	7,26	20	0,3		
	Sum	35	271	0,68	3,92	25,23	7,73	20,36	0,08		
	Snitt	26	135,5	0,69	3,85	22,42	7,54	21,03	0,08		
	Stasjon nEQR				0,65	0,7	0,7	0,62	0,61	0,95	0,71
Grabb nEQR				0,68	0,69	0,66	0,6	0,64	0,95	0,7	
Teist 3 20.02.2008	1	25	132	0,65	3,42	21,94	8,81	19,28	0,07		
	2	18	45	0,73	3,94	18	8,56	22,03	0,4		
	Sum	30	177	0,68	3,8	23,82	8,9	19,99	0,1		
	Snitt	21,5	88,5	0,69	3,68	19,97	8,69	20,66	0,1		
	Stasjon nEQR				0,65	0,69	0,68	0,73	0,6	0,93	0,71
Grabb nEQR				0,66	0,68	0,63	0,71	0,63	0,93	0,71	

* en art utgjør mer enn 90% prøvenes totale antall individer

I – Svært god II - God III – Moderat IV – Dårlig V – Svært dårlig

SAM-Marin

Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene fra prøvene ved Store Teistholmen, februar 2008 og mars 2014. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m².

SUM Teist 1 2008 (nærssone, 66 m)	Antall	%	Kum %
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	39	67 %	67 %
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	17	29 %	97 %
<i>Capitella capitata</i>	2	3 %	100 %

SUM Teist 1 2014 (nærssone, 66 m)	Antall	%	Kum %
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	554	51 %	51 %
<i>Capitella capitata</i>	528	49 %	99 %
<i>Vigtorniella ardabilia</i>	5	0 %	100 %
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	1	0 %	100 %

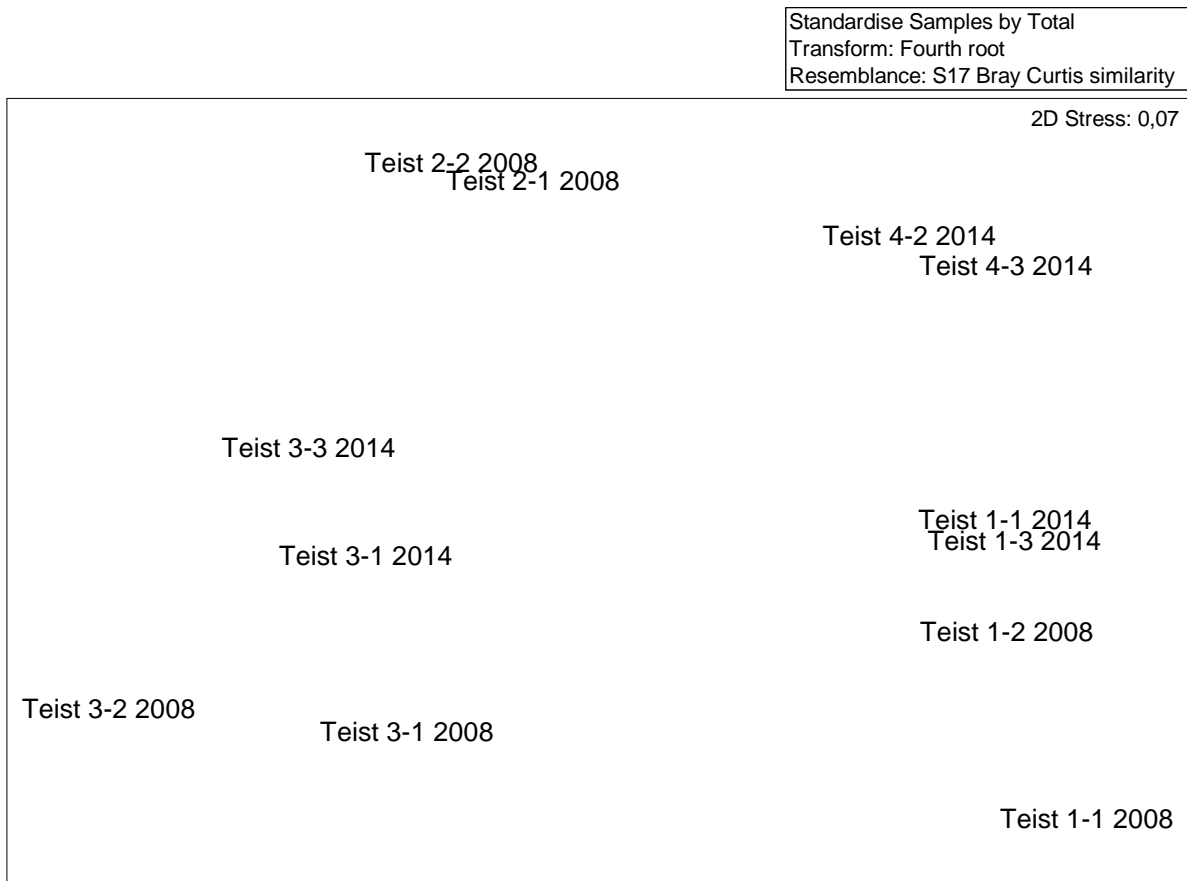
SUM Teist 2 2008 (overgangssone, 72 m)	Antall	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	259	46 %	46 %
<i>Galathowenia oculata</i>	107	19 %	64 %
<i>Chaetozone</i> sp.	51	9 %	73 %
<i>Abra nitida</i>	29	5 %	78 %
<i>Heteromastus filiformis</i>	24	4 %	83 %
<i>Prionospio cirrifera</i>	13	2 %	85 %
<i>Mysella bidentata</i>	10	2 %	87 %
<i>Polydora</i> sp.	8	1 %	88 %
<i>Prionospio fallax</i>	8	1 %	89 %
<i>Abra prismatica</i>	8	1 %	91 %

SUM Teist 4 2014 (overgangssone, 72 m)	Antall	%	Kum %
<i>Capitella capitata</i>	2280	91 %	91 %
OLIGOCHAETA indet.	160	6 %	98 %
<i>Malacoceros fuliginosus</i>	41	2 %	99 %
<i>Paraprionospio alata</i>	13	1 %	100 %
<i>Prionospio cirrifera</i>	5	0 %	100 %
<i>Ophryotrocha lobifera</i>	1	0 %	100 %
<i>Arenicola marina</i>	1	0 %	100 %

SUM Teist 3 2008 (fjernsone, 240 m)	Antall	%	Kum %
<i>Polydora</i> sp.	55	31 %	31 %
<i>Thyasira equalis</i>	15	8 %	40 %
<i>Galathowenia oculata</i>	13	7 %	47 %
<i>Heteromastus filiformis</i>	12	7 %	54 %
<i>Levinsenia gracilis</i>	11	6 %	60 %
<i>Nucula tumidula</i>	10	6 %	66 %
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	8	5 %	70 %
<i>Kelliella abyssicola</i>	8	5 %	75 %
<i>Thyasira pygmaea</i>	7	4 %	79 %
<i>Ceratocephale loveni</i>	4	2 %	81 %
<i>Caudofoveata</i> indet.	4	2 %	83 %

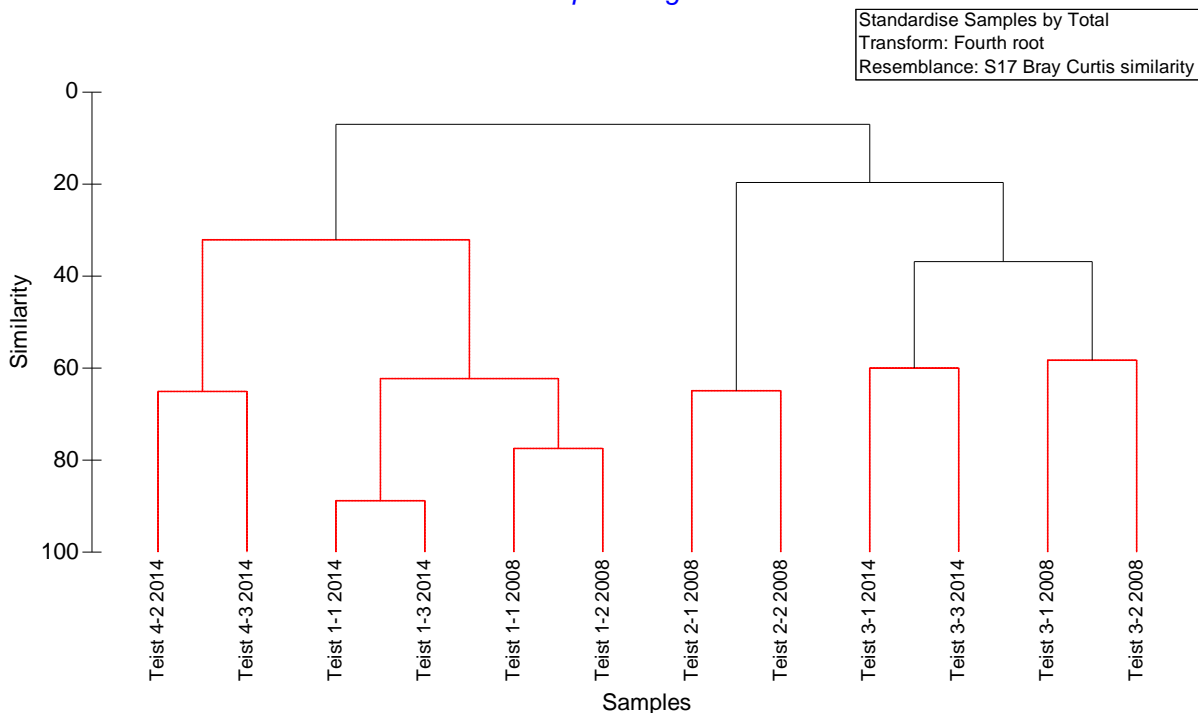
SUM Teist 3 2014 (fjernsone, 240 m)	Antall	%	Kum %
<i>Thyasira equalis</i>	88	32 %	32 %
<i>Polydora</i> sp.	21	8 %	40 %
<i>Nucula tumidula</i>	18	7 %	47 %
<i>Heteromastus filiformis</i>	17	6 %	53 %
<i>Thyasira sarsii</i>	16	6 %	59 %
<i>Abra nitida</i>	12	4 %	63 %
OLIGOCHAETA indet.	9	3 %	67 %
<i>Adontorhina similis</i>	9	3 %	70 %
<i>Tellimya tenella</i>	8	3 %	73 %
<i>Levinsenia gracilis</i>	7	3 %	76 %
<i>Kelliella abyssicola</i>	7	3 %	78 %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	7	3 %	81 %
<i>Diplocirrus glaucus</i>	7	3 %	83 %

Annelida/Polychaeta Mollusca Echinodermata Crustacea Andre



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

Group average



Figur 3.5: Cluster plot på hugg-nivå av stasjonene undersøkt ved Store Teistholmen, mars 2014. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks. Plot viser faunalikhet mellom de ulike grabbhugg og stasjoner. Røde stiplede linjer angir fravær av signifikant forskjell mellom grupper.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Store Teistholmen i Høgsfjorden, Sandnes kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 27. mars 2014. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsone), en i overgangssonen og en i dypet av fjorden (fjernsone).

De undersøkte stasjonene ved nærsonen og overgangssonen består ved undersøkelsestidspunktet av et middels grovfragmentert sediment dominert av sand, men også relativt høyt innslag av finere sedimenter som silt og leire. Fjernsonen består nesten utelukkende av finere sedimenter som leire og silt. Sediment-forholdene tyder på moderate bunnstrømforhold ved nærsonen og overgangssonen, mens det for fjernsonen tyder på svært svake bunnstrømmer.

Bunnvannet ved fjernsonen har en metningsgrad av oksygen på 65,8 % ved 236 meter dybde og er av god kvalitet. Med 4,59 ml O₂/liter plasserer fjernsonen i Miljødirektoratets tilstandsklasse I (Svært god) for oksygeninnhold i bunnvann. Undersøkelsen i 2008 plasserte også oksygeninnholdet i bunnvannet ved fjernsonen i tilstandsklasse I (Svært god).

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvorpå høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Normale verdier for norske fjorder er typisk på under 10 %. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet forhøyet verdi for glødetap på 19,8 %. Sammenlignet med undersøkelsen i 2008 er det en tydelig oppgang på organisk innhold i sedimentet (% TOM) i nærsonen. Sedimentet ved overgangssonen er godt innenfor denne normalen. Fjernsonen har noe svakt forhøyede verdier på 12,3 % og er tilnærmet uendret fra undersøkelsen i 2008.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Det er generelt høye verdier normalisert TOC for alle de 3 undersøkte stasjonene. Nærsonen har klart dårligst verdi og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig), men også fjernsonen får tilstandsklasse V (Svært dårlig). Overgangssonen er noe bedre og får tilstandsklasse IV (Dårlig). Det må understrekes at verdier og forhold angitt av glødetap og TOC ikke nødvendigvis er sammenlignbare og TOC er ikke tilpasset forholdene i kystnære områder. Det er en økning av normalisert TOC ved både nærsonen og fjernsonen i 2014 sammenlignet med undersøkelsen i 2008. Også den nye overgangssonen for 2014 har høyere verdier for normalisert TOC sammenlignet med overgangssonen brukt i 2008.

Verdier for fosfor er på undersøkelsestidspunktet svært forhøyet i sedimentet ved nærsonen, hvilket det også var ved undersøkelsen i 2008. Også den nye overgangssonen har forhøyede verdier av fosfor. Det er stor forskjell i verdiene målt ved den nye overgangssonen i 2014 og den gamle brukt i 2008, som den gang målte fine fosforverdier innenfor normalen for norske fjorder (1000 mg fosfor/kg TS). Fjernsonen har greie fosforverdier og er tilnærmet uendret siden 2008.

Måling av pH og Eh viser imidlertid gode verdier både i nærsonen, overgangssonen og fjernsonen. Det er en klar bedring av pH/Eh målingene fra nærsonen i 2014 sammenlignet med undersøkelsen i 2008.

Målte verdier for kobber gir Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig) for nærsonen og overgangssonen. Nærsonen er klart verst med kobberverdier på hele 1600 mg/kg TS.

Fjernsonen måler lave kobberverdier og får tilstandsklasse I (Bakgrunnsnivå). Nærsonen har også forhøyede verdier for sink og får Miljødirektoratets tilstandsklasse IV (Dårlig). Overgangssonen og fjernsonen er imidlertid langt bedre og får henholdsvis tilstandsklasse II (God) og I (Bakgrunnsnivå). Undersøkelsen i 2014 viser høyere forekomster av kobber og sink i området helt opp mot anlegget sammenlignet med undersøkelsen i 2008. Fjernsonen er imidlertid ganske uendret.

Bunnfaunaen ved nærsonen vitner om dårlige miljøforhold ved undersøkelsestidspunktet. Prøvene herfra finn totalt bare 4 ulike arter og med skjev individfordeling, hvorav de 2 mest dominerende artene utgjør 99 % av alle samlede individer. Nærsonen får etter MOM-klassifiseringen miljøtilstand 3 (Dårlig). Overgangssonen har også dårlige bunnfaunaforhold ved undersøkelsestidspunktet. Prøvene herfra har totalt 7 ulike arter, men grunnet den svært høye andelen *C. capitata* (>90 % av prøvenes totale antall individer) får overgangssonen MOM-klassifiseringens miljøtilstand 3 (Dårlig). Artene funnet ved både nærsonen og overgangssonen er typiske opportunistar og kjennetegner organisk belastede områder. Prøvene fra fjernsonen har totalt 35 ulike arter og rimelig jevn individfordeling. Bunnfaunaen ved fjernsonen virker å være i god fatning og får Direktoratgruppens tilstandsklasse II (God). Undersøkelsen utført i 2008 fant noe bedre bunnfaunaforhold for området rundt Store Teistholmen. Forskjellen ligg i all hovedsak i den langt bedre faunasituasjonen ved overgangssonen undersøkt i 2008. Det er imidlertid ikke mulig å sammenligne disse stasjonene direkte ettersom overgangssonen i 2008 var plassert 95 meter lengre sør for anlegget enn stasjonen brukt for overgangssone ved undersøkelsen i 2014.

Resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Store Teistholmen, mars 2014, vitner om høy grad av organisk belastning i området opp mot anlegget. Dette er fremtredende både for nærsonen og overgangssonen. Det ble for nærsonen og overgangssonen registrert mykt og brun/sort sediment, og for nærsonen var det i tillegg sterk lukt av sedimentet. pH/Eh-målinger viser imidlertid gode verdier. Området opp mot anlegget er tydelig preget av driften i form av kobber- og sinkverdier. Faunaen for området virker å være uendret fra sist undersøkelse og er fortsatt indikerende for organisk belastede forhold i områdene opp mot anlegget. Konklusjonen ved undersøkelsen i 2008 var at driften da var helt opp mot det lokaliteten kan tåle, og situasjonen virker ikke å ha bedret seg siden den gang. Undersøkelsen i 2014 er gjort 2 måneder inn i brakklegging av driften, og det totale inntrykket er at driften har en betydelig påvirkning på området ved lokalitet Store Teistholmen.

Det rådes alltid å følge bunnforholdene under anlegg nøye for å unngå negativ innvirkning både på driften og miljøet. Spesielt kan det være nyttig å få til bunnundersøkelser både i forbindelse med maks produksjon og fullført brakkleggingsfase, da dette gir utfyllende informasjon på driftens belastende effekt og områdets evne til innhenting. Resipientens evne til å ta seg inn igjen til sin naturlige tilstand i løpet av brakkleggingsperiodene er avgjørende for hvorvidt pågående drift er forsvarlig med tanke på områdets fremtidige miljøkvalitet. De meget høye kobberverdiene tyder imidlertid på at belastningen fra driften her er i overkant av hva lokaliteten tåler. Mye tyder på at det skjer en akkumulering av kobber og sink for hver driftsperiode og at området ikke er i stand til å innhente seg hva angår disse metallene.

5 TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Torben Lode og Linda Bjelland Pedersen fra SAM- Marin, samt Bjarte Espevik fra Kvitsøy Sjøtjenester AS. Bunnprøvene ble sortert av Natalia Korableva, Nargis Islam, Maria Knoph, Ingrida Petrauskaite og Hanna Molden. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen og Frøydis Lygre.

6 LITTERATUR

- Direktoratsgruppa Vanddirektivet. 2009. Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratets gruppa for gjennomføring av vanddirektivet, 181 s.
- Direktoratsgruppa Vanddirektivet. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratets gruppa, 263 s.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Johansen P-O., Heggøy E., Vassenden G. 2008. MOM C-undersøkelse fra lokalitet Store Teistholmen I Høgsfjorden, Sandnes kommune I 2008. SAM e-Rapport nr. 11-2008. 40 s.
- Lode T. 2014. Forundersøkelse ved Store Teistholmen i Sandnes kommune, mars 2014. SAM Notat nr. 07-2014. 15 s.
- NS-EN ISO 16665:2013. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- NS-EN ISO 17294-2. 2004. Vannundersøkelse – Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) – Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer (ISO 17294-2:2003). *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN ISO 5667-19. 2004. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder.
- NS-EN ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 13137:2001. Karakterisering av avfall – Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS-EN 14346:2006. Karakterisering av avfall – Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS 4764:1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.
- NS 9410:2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg (innbefattet rettelsesblad AC:2000). *Norges Standardiseringsforbund*.
- Statlig program for forurensingsovervåking, 2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Rapport 848/02. TA 1883/2002. 138s.
- SFT 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensingstilsyn. Veiledning nr. 97:03, TA 1467/1997. 36s.
- SFT 2008. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. TA 2229/2007. 12s.
- Vassdal T. 2012. Strømmåling ved lokalitet Store Teistholmen Ø, Grieg Seafood Rogaland AS, Sandnes kommune. SAM Notat nr. 22-2012. 22 s.

7 Vedlegg

<i>Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata</i>	30
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	39
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste.....</i>	41
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	44
<i>Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis</i>	45
<i>Vedleggstabell 5. CTD Data.....</i>	48

Generell vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

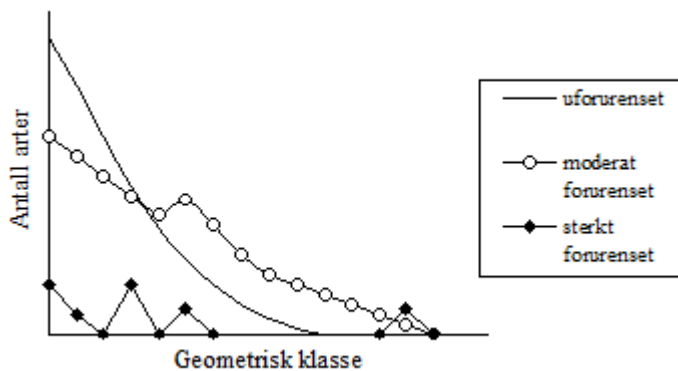
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksene kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Miljødirektoratet legger imidlertid vekt på indeksene når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al., 1997 og Veileder 02:2013).

Diversitet

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

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

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

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

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

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

Ømfintlighet

Ømfintlighet bestemmes ved indeksene ISI, AMBI og NSI.

ISI er beskrevet av Rygg (2002) og senere revidert, den reviderte ISI betegnes ISI₂₀₁₂ (Rygg og Norling, 2013). Beregning av ISI er beskrevet med utføres med følgende formel:

$$ISI = \sum_i^S \left[\frac{ISI_i}{S_{ISI}} \right]$$

hvor ISI_i er verdi for arten i og S_{ISI} er antall arter tilordnet sensitivetsverdier

AMBI (Azti Marin Biotic Index) tilordner hver art en ømfintlighetsklasse (økologisk gruppe, EG): EG-I: sensitive arter, EG-II: indifferente arter, EG-III: tolerante, EG-IV: opportunistiske, EG-V: forurensningsindikerende arter (Borja et al., 2000). Mer enn 4000 arter er tilordnet en av de fem økologiske gruppene av faunaeksperter. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

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

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

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

Individtetthet

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

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

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

Sammensatte indekser

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

NQI1 er beskrevet ved hjelp av formelen:

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

hvor N er antall individer og S antall arter

Klassegrenser

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

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

Indeks	Type	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indeks				
		Svært God	God	Moderat	Dårlig	Svært Dårlig
NQI1	Sammensatt	0,9-0,82	0,82-0,63	0,63-0,49	0,49-0,31	0,31-0
H'	Artsmangfold	5,7-4,8	4,8-3	3-1,9	1,9-0,9	0,9-0
ES ₁₀₀	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI ₂₀₁₂	Ømfintlighet	13-9,6	9,6-7,5	7,5-6,2	6,1-4,5	4,5-0
NSI	Ømfintlighet	31-25	25-20	20-15	15-10	10-0
DI	Individtetthet	0-0,30	0,30-0,44	0,44-0,60	0,60-0,85	0,85-2,05

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

Normalisert EQR (nEQR) og tilstandsklasse

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

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

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

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

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

Multivariate analyser

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

Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

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

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

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

p = totalt antall arter

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

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

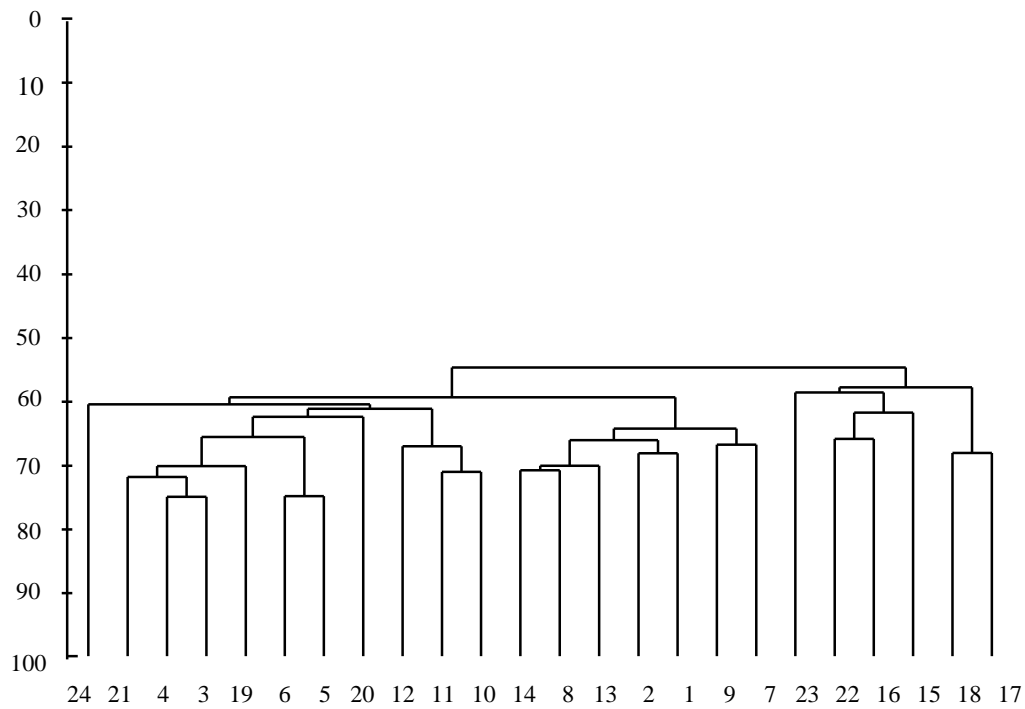
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

Dataprogrammer

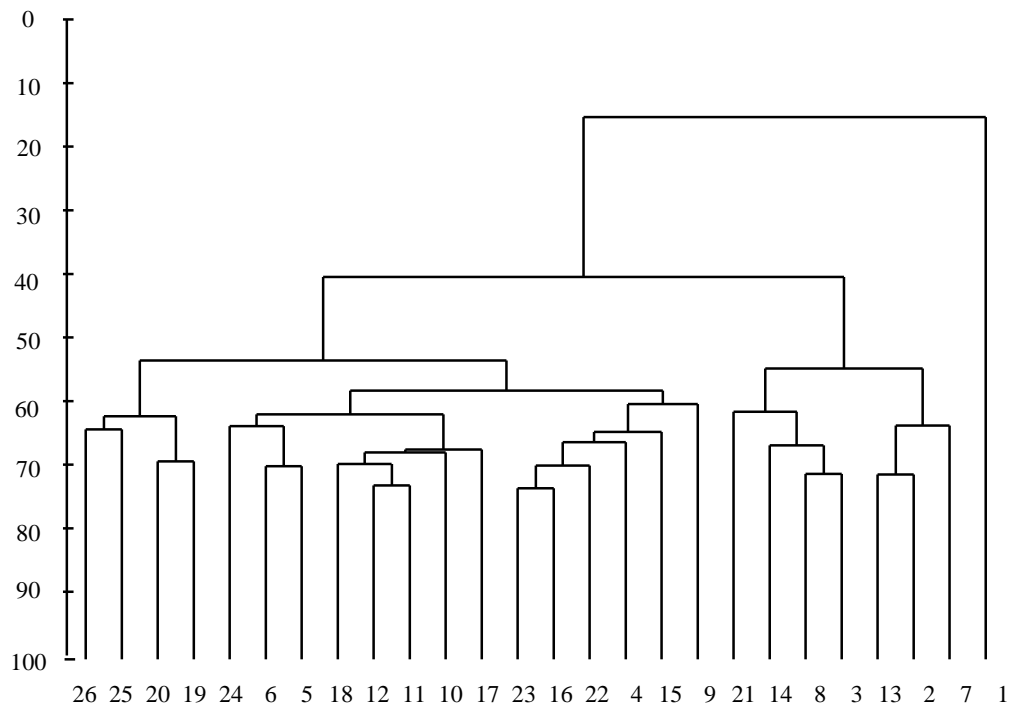
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet (H') og inndelingen i geometriske klasse. «Diversi»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

De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken Primer fra Plymouth Marine Laboratory i England. Clusteranalysen er utført med programmet Cluster, til MDS-analysen er programmet Mds benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.

FAUNALIKHET

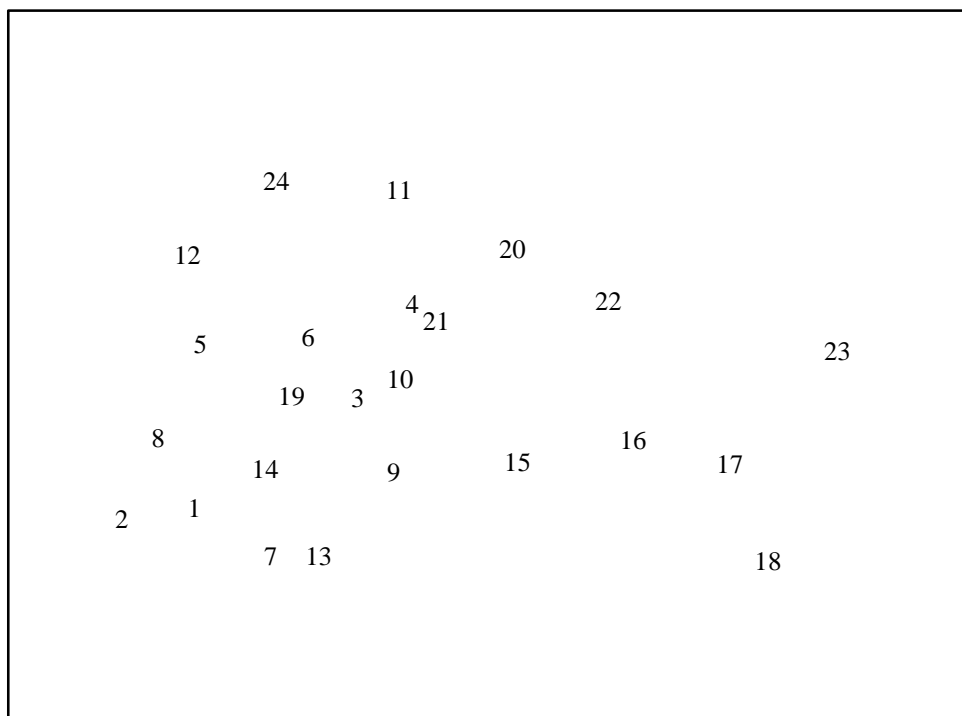


FAUNAFORSKJELL

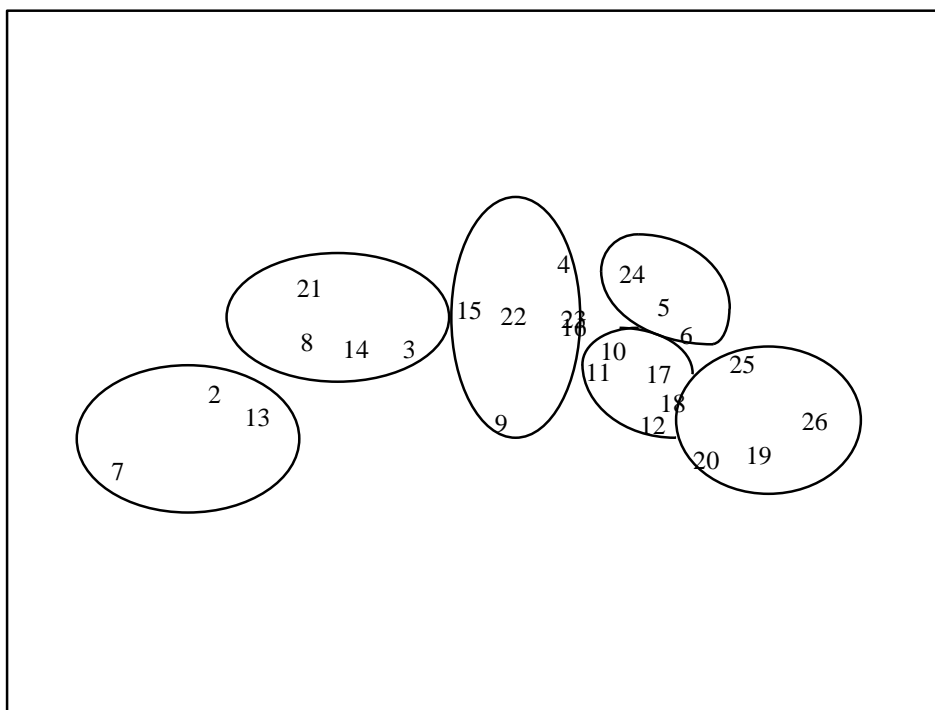


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Anon. 2013. Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratsgruppa, 263 s.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Rygg B., 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg B., Norling K., 2013. Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI) NIVA-rapport 6475-2013, 46s
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

Vedlegg SF-SAM-830.05

B1a

SAM-Marin

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Grieg Seafood Rogaland
Lokalitet: Store Teistholmen
Lokalitetstype: Matfisk

Dato: 27.03.2014
Lokalitetsnr: 11971

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr							Indeks	
			1	2	3						
	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0						0,0
I	Tilstand (Gruppe I)		A								
II	pH	verdi	7,30	7,50	7,64						
	E _n (mv)	verdi	-200	-350	-167						
		+ ref. verdi	21	-129	54						
	pH/E _n	fra figur	1	2	1						1,3
	Tilstand, prøve		1	2	1						
	Tilstand, gruppe II		2								
		Buffer temp:			Temp sjø: 6,5 °C	Temp sediment: 7,0 °C					
		pH sjø:	7,90		Eh sjø: 482	Ref. elektrode: 221					
	Kalibrering pH elektrode (Dato og sign):		27.03.14 TL								
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0						
	Farge	Lys/Grå = 0			0						
		Brun/Sort = 2	2	2							
	Lukt	Ingen = 0		0	0						
		Noe = 2									
		Sterk = 4	4								
	Konsistens	Fast = 0									
		Myk = 2	2	2	2						
		Løs = 4									
	Grabbvolum	v < 1/4 = 0									
1/4 ≤ v < 3/4 = 1		1	1								
v ≥ 3/4 = 2				2							
Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0							
	2 - 8 cm = 1										
	t ≥ 8 cm = 2										
	SUM		9	5	4						
	Korrigert sum (*0,22)		1,98	1,10	0,88						1,3
	Tilstand prøve		2	2	1						
	Tilstand gruppe III		2								
	Middelverdi gruppe II og III		1,49	1,55	0,94						1,3
	Tilstand gruppe II og III		2								
	pH/Eh Korr. sum Indeks Middelverdi	Tilstand	Tilstand			Lokalitetstilstand					
			Gruppe I	Gruppe II og III							
			A	1, 2, 3, 4		1, 2, 3, 4					
			4	1, 2, 3		1, 2, 3					
			4	4		4					
			LOKALITETSTILSTAND							2	

Korrekturlest: 04.06.2014
dato

LBP
Sign.

TL
Sign.

Godkjent av: KH/SHJ

Gyldig fra: 11.03.2013

Side av .

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Grieg Seafood Rogaland

Dato: 27.03.2014

Lokalitet: Store Teistholmen

Lokalitetsnr: 11971

Lokalitetstype: Matfisk

Prøvetakssteds (nr)	1	2	3							
Dyp (m)	64	72	231							
Antall forsøk										
Bobling (i prøve)										
Primær-sediment	Grus									
	Skjellsand									
	Sand									
	Mudder									
	Silt	100	100	10						
	Leire			90						
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall										
Krepsdyr, antall										
Skjell, antall										
Børstemark, antall										
Andre dyr, antall										
<i>Malacoceros fuliginosa</i>										
Beggiatoa										
Fôr										
Fekalier										
Kommentarer										

Korrekturest: 04.06.2014
datoLBP
Sign.TL
Sign.

Vedleggstabell 2. Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 003

**Vedlegg SF-SAM-505 Benthos
Artsliste****Uni Miljø - Sam Marin**

Ansvarsområde: Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
Dok. kategori: Vedlegg **Sist endret:** 27.06.2014 (Øydis Alme)
Siste revisjon: Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt
Godkjent: GODKJENT 27.06.2014 (Øydis Alme)



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

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Grieg Seafood Rogaland AS, 4174 Helgøysund****Prosjekt nr.: 808479****Prøvetakingssted (område): Store Teistholmen, Høgsfjorden, Sandnes kommune****Dato for prøvetaking: 27.03.2014****Ansvarlig for prøvetaking (firma): SAM-Marin, Uni Research****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Underkjent prøvevolum for biologi (iht. NS-EN ISO 16665:2013) ved overgangssonen (Teist 4) hugg nr. 2 og 3****Artene er identifisert av: Per Johannessen og Frøydis Lygre**

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

Opplysninger om merker i artslisten:

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

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

Andre opplysninger:

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

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

Signatur:.....
 Godkjent taksonom

Stasjon	Teist 1	Teist 1	Teist 4	Teist 4	Teist 3	Teist 3
	(nærsonen)		(overgangssonen)		(fjernsonen)	
	64 m	64 m	72 m	72 m	231 m	231 m
	27/3/14	27/3/14	27/3/14	27/3/14	27/3/14	27/3/14
	1. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	1. hugg	3. hugg
CNIDARIA						
HYDROZOA						
* Hydrozoa indet.					+	+
ANTHOZOA						
Stylatula elegans					1	
* NEMERTINI indet.					3	12
* NEMATODA indet.	ca. 4000	ca. 2000	ca.16400	ca. 28800	ca. 55	ca. 20
ANNELIDA						
POLYCHAETA						
Paramphinome jeffreysii					4	3
Pholoe baltica						1
Nereimyra cf. woodsholea						2
Ophiodromus flexuosus						0/1
Nephtys sp.					0/1	0/2
Ophryotrocha lobifera	234	320		1		
Malacoceros fuliginosus	0/1		0/1	0/40		
Polydora sp.					1	20
Prionospio plumosa			2	11		
Prionospio cirrifera			5			
Spiophanes kroyeri					1	
Vigtorniella ardabilia	1	4				
Levinsenia gracilis					2	5
Aphelochaeta sp.					2	1
Chaetozone sp.						3
Macrochaeta polyonyx						1
Diplocirrus glaucus					1	5/1
Capitella capitata	320	208	872	1408	2	1
Heteromastus filiformis						17
Arenicola marina				1		
Galathowenia oculata					1	
Pectinaria auricoma						0/3
Anobothrus gracilis					1	1
Mugga wahrbergi					1	
Terebellides stroemi						1
OLIGOCHAETA indet.				160	2	7
SIPUNCULA						
Onchnesoma steenstrupi						2

SAM-Marin

Stasjon	Teist 1	Teist 1	Teist 4	Teist 4	Teist 3	Teist 3
	(nærsone)		(overgangssone)		(fjernsone)	
dybde	64 m	64 m	72 m	72 m	231 m	231 m
dato	27/3/14	27/3/14	27/3/14	27/3/14	27/3/14	27/3/14
Type/ artsnavn	1. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	1. hugg	3. hugg
ARTHROPODA						
CRUSTACEA						
* Calanus finmarchicus						2
* Metridia longa						4
* Nebalia sp.				1		
* Diastylodes serrata					1	
ISOPODA						
* Idotea sp.				8		
AMPHIPODA						
* Amphipoda indet.			45	346	1	
Eriopisa elongata					1	0/1
MOLLUSCA						
Solenogastres indet.						0/2
Nucula tumidula					4/2	11/1
Yoldiella philippiana					1/3	
Thyasira sarsii					1/1	11/3
Thyasira equalis					2/1	34/51
Mendicula ferruginosa						2
Adontorhina similis					3	6
Tellimya tenella					1	4/3
Abra nitida					0/1	9/2
Kelliella abyssicola					7	
BRYOZOA						
* Bryozoa indet grenet						+
ECHINODERMATA						
Ophiura sp.						0/1
Brissopsis lyrifera					1	4
CHORDATA						
* PISCES egg.		1				+
* VARIA					+	+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	Teist 1 2014	Teist 4 2014	Teist 3 2014
I	1	2	9
II	0	0	11
III	1	1	6
IV	0	1	4
V	0	0	4
VI	0	1	0
VII	0	0	1
VIII	0	1	0
IX	0	0	0
X	2	0	0
XI	0	0	0
XII	0	1	0
XIII	0	0	0
XIV	0	0	0

Vedleggstabell 4. Utdrag av Analysebevis



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)

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

Tlf: +47 94 50 42 42

AR-14-MX-001197-01



EUNOBE-00010086

Prøvemottak: 09.04.2014
Temperatur:
Analyseperiode: 09.04.2014-23.04.2014
Referanse: 808479 / ref: 33/14

ANALYSERAPPORT

Test	Parameter	Resultat:	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 23000	mg/kg tv	a) 4900	mg/kg tv	a) 1200	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 1600	mg/kg tv	a) 310	mg/kg tv	a) 27	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 770	mg/kg tv	a) 170	mg/kg tv	a) 140	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 100	mg/g tv	a) 25	mg/g tv	a) 44	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 35.9	% (w/w)	a) 58.8	% (w/w)	a) 23.4	% (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, Gewerbepark "Schwarze Kiefern", D-09633, Halsbrücke

Bergen 23.04.2014

Kristine Fiane Johnson

Kristine Fiane Johnson

Laboratorieingeniør

Teqforklaring:



* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 1

		Molab as, 8607 Mo i Rana Telefon: 404 84 100 Besøksadr. Mo i Rana: Mo Industripark Besøksadr. Oslo: Kjelsåsveien 174 Besøksadr. Glomfjord: Ørnesveien 3 Besøksadr. Porsgrunn: Herøya Forskningspark B92 Organisasjonsnr.: NO 953 018 144 MVA			
		RAPPORT Sedimentprøver			
Kunde: Uni Research AS Att: Trond E. Israelsen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		Ordre nr.:	54275	Antall sider + bilag:	2
		Rapport referanse:	KR-18758	Dato:	09.05.2014
Rev. nr.	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført:	Eli Ellingsen	Ansvarlig signatur:	Eli Ellingsen
0	808479 / 20714				

Prøver mottatt dato: 27.03.2014

RESULTATER

Prøve merket:			TE-01	TE-02	TE-03		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000489	KG-000490	KG-000491		
TOM (550 °C)	%	24.04.14	19,8	5,76	12,3		

Kornfordeling

Analysedato: 24.04.2014

TE-01	KG-000489	Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)			
		2000	-1	0,10	1,6	1,6	MdΦ	Silt og leire	36,0
		1000	0	0,19	3,0	4,5	3,43	Sand	62,4
		500	1	0,50	7,8	12,3		Grus	1,6
		355	1,5	0,28	4,4	16,7	SdΦ		
		250	2	0,44	6,9	23,5	2,32		
		180	2,5	0,52	8,1	31,6			
		125	3	0,64	10,0	41,6	SkΦ		
		90	3,5	0,63	9,8	51,4	0,13		
		63	4	0,81	12,6	64,0			
<63			8	2,31	36,0	100,0	KΦ		
				6,42	100,0		0,97		

Prøveresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter. Selve rapporten representerer eller inneholder ingen produktgodkjenning. Rapporteres i henhold Molabs standard leveringsbetingelser dersom ikke annet er avtalt. Se www.molab.no for disse betingelser.

TE-02		KG-000490							
Diameter(μ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,02	0,2	0,2	Md Φ	Silt og leire		33,0	
1000	0	0,06	0,7	0,9	3,60	Sand		66,8	
500	1	0,19	2,1	3,0		Grus		0,2	
355	1,5	0,27	3,0	6,0	Sd Φ				
250	2	0,46	5,1	11,0	1,85				
180	2,5	0,66	7,3	18,3					
125	3	1,13	12,5	30,8	Sk Φ				
90	3,5	1,34	14,8	45,6	0,29				
63	4	1,94	21,4	67,0					
<63	8	2,99	33,0	100,0	K Φ				
		9,06	100,0						1,13

TE-03		KG-000491							
Diameter(μ m)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,00	0,0	0,0	Md Φ	Silt og leire		95,4	
1000	0	0,00	0,0	0,0	5,90	Sand		4,6	
500	1	0,00	0,0	0,0		Grus		0,0	
355	1,5	0,00	0,0	0,0	Sd Φ				
250	2	0,01	0,3	0,3	1,29				
180	2,5	0,03	0,8	1,0					
125	3	0,03	0,8	1,8	Sk Φ				
90	3,5	0,03	0,8	2,6	0,00				
63	4	0,08	2,1	4,6					
<63	8	3,69	95,4	100,0	K Φ				
		3,87	100,0						0,74

ANALYSEINFORMASJON

Parameter	Metode/Analyseteknikk	Akkrediterings-status	Relativ usikkerhet (%)	Deteksjons-grense	Enhet
TOM (550 °C)	NS-4764	A	20	0,30	%
Kornfordeling	Intern metode	A	20	-	%

A = Akkreditert prøving. Dersom ikke annet er oppgitt angis usikkerheten med 95 % konfidensnivå.

ANMERKNINGER

Prøveresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter. Selve rapporten representerer eller inneholder ingen produktgodkjennelse. Rapporteres i henhold Molabs standard leveringsbetingelser dersom ikke annet er avtalt. Se www.molab.no for disse betingelser.

Vedleggstabell 5. CTD Data

Resultater fra hydrografimålingene ved Teist 3:

Depth(u)	Sal.	Temp	Ox %	mg/l	ml/l	F (µg/l)	Density
1	21,36	5,15	96,41	11,00	7,75	0,35	16,88
2	21,47	5,25	95,14	10,82	7,62	0,38	16,96
3	22,09	5,24	95,33	10,80	7,61	0,41	17,46
5	25,48	5,45	96,09	10,60	7,46	0,67	20,12
7	29,07	5,60	97,13	10,42	7,34	0,68	22,95
10	30,38	5,81	98,31	10,41	7,33	0,49	23,97
15	32,70	6,51	96,83	9,93	6,99	0,14	25,74
20	33,62	7,38	93,09	9,29	6,54	0,04	26,38
25	33,94	7,59	88,63	8,79	6,19	0,04	26,61
30	34,07	7,41	86,47	8,60	6,06	0,03	26,77
40	34,09	6,88	87,43	8,81	6,20	0,04	26,90
50	34,12	6,79	91,23	9,21	6,49	0,04	26,98
60	34,16	6,80	92,95	9,38	6,61	0,03	27,06
70	34,22	6,83	92,43	9,31	6,56	0,03	27,15
80	34,26	6,86	93,29	9,39	6,61	0,03	27,22
90	34,34	6,90	95,26	9,57	6,74	0,04	27,32
100	34,35	6,92	94,63	9,51	6,70	0,04	27,38
125	34,58	7,27	87,17	8,67	6,11	0,03	27,62
150	34,74	7,49	74,19	7,33	5,16	0,03	27,83
175	34,78	7,48	70,79	7,00	4,93	0,03	27,97
200	34,80	7,42	69,68	6,90	4,86	0,03	28,11
225	34,81	7,37	67,24	6,66	4,69	0,04	28,24
236	34,81	7,364	65,83	6,52	4,59	0,04	28,305