



## **MOM C-undersøkelse fra lokalitet Fosså i Hjelmeland kommune, 2015**



**Vedlegg SF-SAM-506 Utforming av  
sammendrag SAM e-rapport****Uni Research Miljø : Sam-  
marin**

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

	<b>SAM-Marin</b>	
Uni Research Miljø SAM-Marin Thormøhlensgt. 55 5008 Bergen, Norway		Tlf: 55 58 44 05 E-post: <a href="mailto:Sam-marin@uni.no">Sam-marin@uni.no</a> Internet: <a href="http://www.uni.no">www.uni.no</a> Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse fra lokalitet Fosså i Hjelmeland kommune, 2015	Dato: 24.09.2015 Antall sider og bilag: 46
Forfatter(e): Einar Bye-Ingebrigtsen, Per-Otto Johansen	Prosjektleder: Trond. E. Isaksen Prosjektnummer: 809589
Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway AS	Tilgjengelighet: Åpen

**Abstract:** A recipient survey was carried out to assess the impact of the aquaculture facility Fosså on its surrounding environment. Sediment samples near the facility showed very high values of TOC og phosphorous, high copper values and moderat elevated sink values. The condition of the macro-fauna near the facility was also poor at the time of the survey. The two more distal stations showed good too very good condition for all investigated parameters.

Keywords: Marine, environnement, survey, MOM C, recipient	Emneord: Marin, miljø, undersøkelse, MOM-C, resipient	ISSN NR.: 1890-5153
		SAM e-Rapport nr. 14-2015

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	24.9.2015	<i>Per-Otto Johansen</i>
Prosjektet / undersøkelsen:	24/9-2015	<i>Einar Bye-Ingebrigtsen</i>

---

<b>Ansvarsområde:</b>	Sam Marin / Rapportering / Rapportering /
<b>Dok. kategori:</b>	Vedlegg <b>Sist endret:</b> 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )
<b>Siste revisjon:</b>	Ikke satt <b>Neste revisjon:</b> Ikke satt
<b>Godkjent:</b>	GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

---

SAM-marin er en del av Uni Research Miljø (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 ved SAM-marin:**

**Prøvetaking til sediment- analyser, samlet av:** Einar Bye-Ingebrigtsen, Trond E. Isaksen

**Litoralundersøkelse utført av:** -

**Sortering av sediment utført av:** Ragna Tveiten

**Identifikasjon av marin fauna utført av:** Øydis Alme, Frøydis Lygre

**Faglige vurderinger og fortolkninger utført av:** Per-Otto Johansen

**Ikke akkreditert:**

-

**LEVERANDØRER**

**Toktfartøy:** Katamaran (Marine Harvest AS)

**Kjemiske analyser utført av:** Eurofins Environmental Testing Norway AS akkrediteringsnummer TEST 003

Akkreditert: TOC, fosfor, kobber, sink, 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 metode .....	6
Undersøkelsesområdet .....	6
Hydrografi .....	9
Bløtbunnundersøkelse – Prøver og analyser .....	10
Sediment (geologi) .....	11
Kjemi (metaller, organiske stoffer, pH/ $E_h$ ) .....	11
Bunndyr (biologi) .....	12
Produksjonsdata fra anlegget .....	15
3. Resultater og diskusjon .....	16
Hydrografiske målinger .....	16
Sediment (geologi) .....	17
Kjemiske analyser .....	19
Sedimentanalyser .....	19
Måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ ) .....	20
Bunndyr .....	21
4. Sammendrag og konklusjon .....	24
5. Takk .....	25
6. Litteratur .....	26
7. Vedlegg .....	27
1) Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyrsdata .....	27
2) MOM B-parametere .....	36
3) Artsliste .....	38
4) Geometriske klasser .....	42
5) Analysebevis .....	43
6) CTD-data .....	46

## 1. INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Fosså (lokalitetsnr. 11893) i Austre Ombøfjorden, Hjelmeland kommune. Innsamlingene ble gjennomført 27. mai 2015.

Bakgrunnen for undersøkelsen er at Marine Harvest Norway AS planlegger å søke om anleggsendring (fra stålanlegg til ringer) og utvidet MTB for lokaliteten. Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Fosså. 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 (TA, 1467/1997; 2229/2007), Direktoratsgruppa 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 Marine Harvest Norway 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 fra før ikke utført MOM C-undersøkelse på denne lokaliteten. Samtlige MOM B-undersøkelser utført på lokaliteten de siste 3 årene har vist gode eller meget gode lokalitetstilstander (Isaksen & Torvanger, 2012; Jakobsen & Isaksen, 2013; Tverberg, 2014).

## 2. MATERIALE OG METODE

### Undersøkelsesområdet

Lokaliteten ligger nord for Nesvik på østsiden av Austre Ombofjorden, i Hjelmeland kommune. Bunnen under anlegget varierer fra 86 m dybde til 114 m dybde. Bunnen i området skråner slakt i sørvestlig retning inn i Hjelmelandsfjorden og videre til 350 meters dyp i bunnen av Garsundfjorden (Figur 2-1, Figur 2-2, Figur 2-3).

Prøveinnsamlingene ble gjort 27. mai, 2015. Det ble tatt prøver fra en stasjon ved anlegget (nærsone), en i overgangssonen og en stasjon i dypet av fjorden (fjernsone). Plassering av stasjoner er gjort ut fra en bunntopografisk vurdering. Undersøkelsen ble gjennomført av Trond E. Isaksen og Einar Bye-Ingebrigtsen fra SAM-Marin. Anleggets stilte med båt til undersøkelsen og Halgeir Bauge og Reidar Slåtten fra Marine Harvest AS bistod som henholdsvis kran- og båtfører.

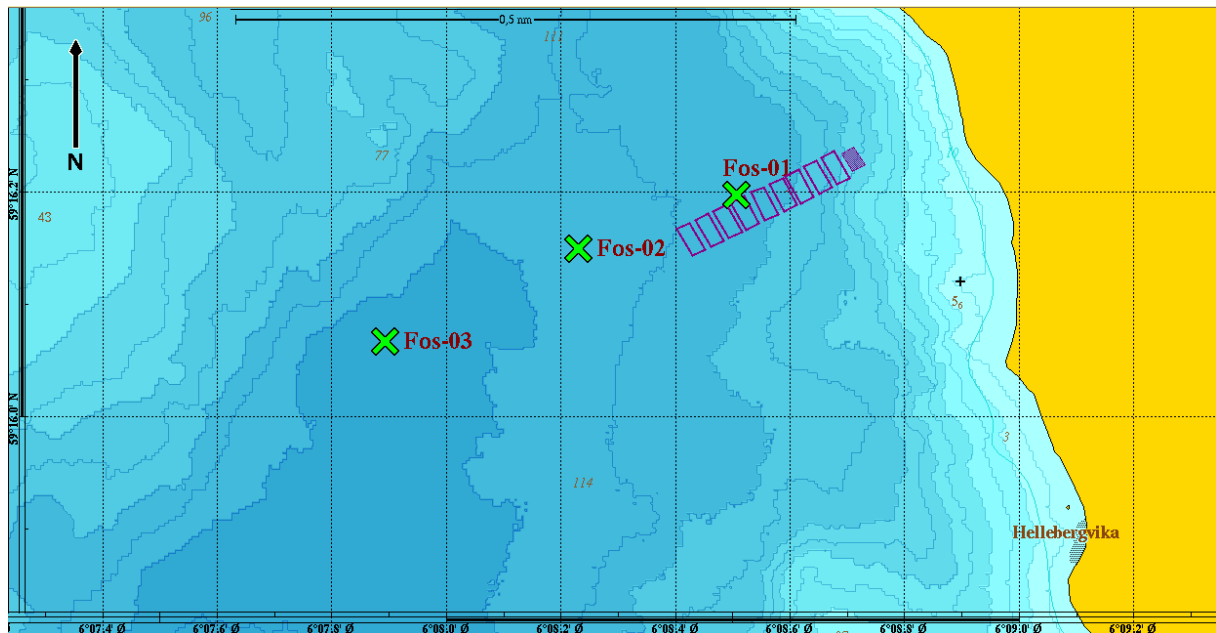
Nøyaktig posisjon til de ulike stasjonene er viktig for referanse og for at undersøkelsene skal være reproduerbare i fremtiden. Plassering til de ulike prøvestasjonene blir registrert vha. Olex med tilkoblet GPS, og kontrollert med en håndholdt GPS (Garmin eTrex10). Plasseringen til stasjonene er oppgitt med kartkoordinater (WGS84, Tabell 2-1). Prøver er tatt fra de undersøkte stasjonene med minimum 20 meters presisjon, i henhold til kravspesifikasjonen (NS-EN-ISO, 16665:2013).

Det ble tatt vannprøver for hydrografiske målinger og sedimentprøver for geologiske, kjemiske og biologiske analyser. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2-1.

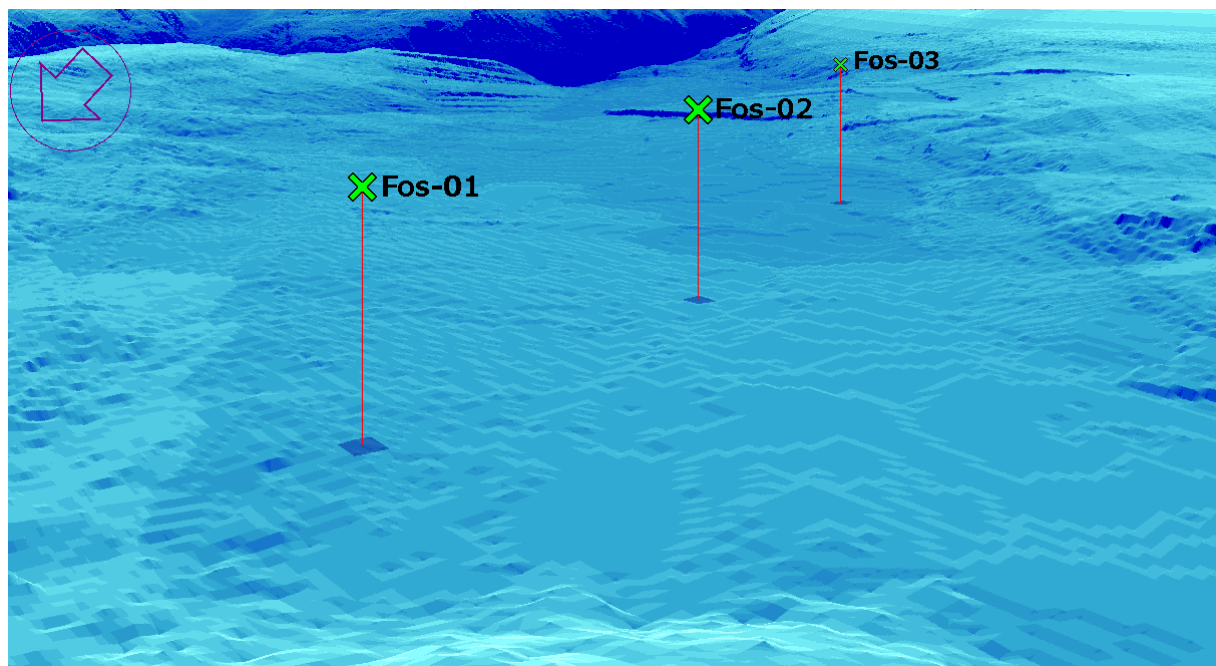




**Figur 2-1.** Oversiktskart over Boknafjordbassenget, Rogaland. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Fosså. Lokaliteten er markert med ett hvit punkt. Kart kilde: Fiskeridirektoratet.



**Figur 2-2** Utsnitt av Fosså med fjerntasjon i dypet og stasjoner ved anlegget. Prøvestasjoner er markert med et kryss. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2-1. Kartkilde: Olex



**Figur 2-3** Bunntopografisk skisse av området ved lokalitet Fosså. Prøvestasjoner er markert med kryss. Kartkilde: Olex



**Tabell 2-1** Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Austre Ombofjorden, Fosså. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Dybder innhentet vha. toktfartøyets ekkolodd. Det er benyttet 0,1 m<sup>2</sup> van Veen grabb (KC Denmark, grabb nr. IX og nr. X. Volum 16,5 liter, maks 18 cm bitedybde). MOM B-parametere registrert på hver stasjon.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve-volum (l)	Andre opplysninger
Nærsonen Fos-01 27.05.2015	59° 16.197 N 06° 08.507 Ø	107	1 2 3	10 10 9	Biologi, MOM B, foto (Grabb IX) Biologi, foto (Grabb IX) Kjemi, geologi, foto (Grabb IX)  Brunt, mykt sediment av grus, skjellsand, mudder og silt. Sterk H <sub>2</sub> S-lukt. Spor av fôr og fekalier.
Overgangs- sone Fos-02 27.05.2015	59° 16.149 N 06° 08.230 Ø	118	1 2 3	6 6 6	Biologi, MOM B, foto (Grabb X) Biologi, foto (Grabb X) Kjemi, geologi (Grabb X)  Lyst, fast sediment av sand, silt og leire. Ingen lukt.
Fjernsone Fos-03 27.05.2015	59° 16.065 N 06° 07.892 Ø	125	1 2 3	<5* 5 8	Kjemi, geologi, foto (Grabb X) Biologi, MOM B, foto (Grabb X) Biologi, foto (Grabb X)  CTD m/oksygenmåler  Lyst, fast sediment av grus, sand og leire. Ingen lukt. Mye stein.

\*Godkjent for kjemi og geologiprøver, men ikke for biologi

## Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S), som er giftig, kan dannes og 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.

Temperatur, saltholdighet og oksygeninnhold ble målt samtidig med innsamling av bløtbunnsprøver i henhold til NS 9410:2007.

## Bløtbunnundersøkelse – Prøver og analyser

Bløtbunnundersøkelsene omfatter sedimentprøver for analyse av geologi, kjemi og bunndyr (biologi). Prøvetakingen er utført akkreditert i samsvar med standard NS-EN-ISO 16665:2013 «*Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna*» og NS-EN-ISO 5667-19:2004 «*Vannundersøkelse – Prøvetaking – Del 19: Veileder i sedimentprøvetaking i marine områder*».

Bunnprøver for geologiske, kjemiske og biologiske sedimentanalyser samles inn ved bruk av van Veen-grabb med justerbare vekter. Det ble brukt grabb med åpning på 0,1 m<sup>2</sup> og maks volum 16,5 liter KC Denmark AS mod. 12.210 modifisert med 0,5 mm perforerte silplater i inspeksjonslukene). Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m<sup>2</sup>. Miljøtilstand basert på makrofauna vurderes på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen i et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup> (NS, 9410:2007). For å oppnå et prøveareal på 0,2 m<sup>2</sup> ble det tatt to grabbprøver på samme posisjon fra hver stasjon.

Hvor dypt grabben graver ned i sedimentet avhenger av konsistensen til sedimentet og av vekt til grabben. For å få et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve blir sedimentnivået av hver grabbprøve målt. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Bitedybden til en grabbprøve må derfor være minst 5 cm (evt. prøvevolum på 5 liter) i sediment med fast konsistens eller minst 7 cm (evt. prøvevolum på 10 liter) i sediment med løs konsistens for at prøven kan godkjennes for biologiske analyser (NS-EN-ISO, 16665:2013). Prøver med mindre bitedybde kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Alle huggprøver er kontrollert med hensyn til sedimentmengde, sedimenttype (fast eller løs konsistens, innhold av skjellsand, stein, grus o.a.) og farge. Grabb-hugg som inneholder tilfredsstillende sedimentmengde med uforstyrret sedimentoverflate regnes som godkjente prøver for geologi, kjemi og biologi analyser i henhold til akkrediteringskravene. Det er særlig viktig at øvre sedimentlag i grabbprøver som skal brukes til geologi- og kjemi analyser er uforstyrret (NS-EN-ISO, 5667-19: 2004).

For hver stasjon (Fos-01, Fos-02 og Fos-03) i det undersøkte området ble det tatt 2 grabb-hugg til biologiprøver og 1 hugg til geologi- og kjemiprøver. Totalt blei det samlet inn 9 huggprøver fra 3 stasjoner (se Tabell 2-1).

Bearbeiding av prøver og analysering av bløtbunnsparemetere (geologi, kjemi og biologi) er beskrevet under.

### Sediment (geologi)

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.

**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

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 råtten lukt av hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S). 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 tilfredsstiller 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 %.

### Kjemi (metaller, organiske stoffer, pH/E<sub>h</sub>)

Det er tatt ut prøve fra det ene hugget 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" (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 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; 2229/2007) (Tabell 2-4).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensial (Eh) i marint sediment kan si noe om grad av anoksiske forhold i bunnvann og sediment. Anoksiske forhold har negativ effekt på makrofauna og viktige nedbryterorgansimer som børstemark. I sterkt anoksiske sedimenter vil det derfor kunne dannes surt miljø og hydrogensulfid (H<sub>2</sub>S) under bakteriell nedbryting av organisk materiale. Surhetsgrad og redokspotensial i sedimentprøvene ble målt med to portable SevenGo™ pH/Eh 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).

### **Bunndyr (biologi)**

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

Metoder som omfatter innsamling av bløtbunnsprøver, opparbeidelse av prøvene, artsbestemmelse og databehandling er utført i samsvar med standard NS-EN-ISO 16665:2013. For innsamling av bunnprøver er det brukt van Veen-grabb (som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet). Grabbinnholdet 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 fikseres med 20 % boraks-bufret formalin (8 % formaldehyd-løsning) tilsatt bengalrosa i felt. 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. Bunndyrsmaterialet oppbevares i SAM-Marin sine lokaler ved Høyteknologisenteret i Bergen i 3 år.

Opparbeiding av det biologiske materialet er utført i samsvar med SAM-Marin sin akkreditering for denne type arbeid (akkrediteringsnummer TEST 157). Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedlegg 3). 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 benyttet for analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. 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 (TA, 1467/1997; 2229/2007). Ved bruk av bunndyr for klassifisering i henhold til Veileder 02:2013 benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks ( $H'$ ), Hurlberts diversitetsindeks ( $ES_{100}$ ), sammensatt diversitet/ømfintlighetsindeks  $NQI_1$ , ømfintlighets-indeksene  $NSI$ ,  $ISI_{2012}$  og  $AMBI$  (komponent i  $NQI_1$ ), 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 Vedlegg 1: Generell vedleggsdel – Analyse av bunndyr).

Tilstandsklassen til stasjonen blir bestemt av snittet av de enkelte indeksenenes  $nEQR$ -verdier, tilstandsverdien sier noe om både hvilken tilstandsklasse stasjonen hører til og hvor høyt eller 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 til 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 TA 1467/1997, TA 2229/2007 og Veileder 02:2013. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

				Tilstandsklasser				
				I	II	III	IV	V
	Parameter	Veileder	Måleenhet	Bakgrunn/ Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Dypvann	Oksygen *	TA 1467	ml O <sub>2</sub> / 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 <sub>100</sub>	02:2013		50-34	34-17	17-10	10-5	<5
	ISI <sub>2012</sub>	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 mg O<sub>2</sub>/l er 1,42

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

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

## Produksjonsdata fra anlegget

Fosså som lokalitet hadde oppstart våren 1991. Før siste utsett ble det gjort noen små endringer. Burene som var plassert nærmest land er flytta litt utover og lekteren er dratt innover, dette for å få plass til større fôrbåter. Utenom dette så har anlegget ligget omtrentlig slik det gjør i dag, siden 2000. Anlegget består av 9 merder hver på 24 x 48 meter ved undersøkelsestidspunktet. Undersøkelsen er utført midt i produksjonen med en innestående biomasse på 2000 tonn og produksjon i hele anlegget. Fisken i anlegget ble satt ut i juni 2014 og skal etter planen utslaktes fra august 2015 og utover til rundt februar/mars 2016.

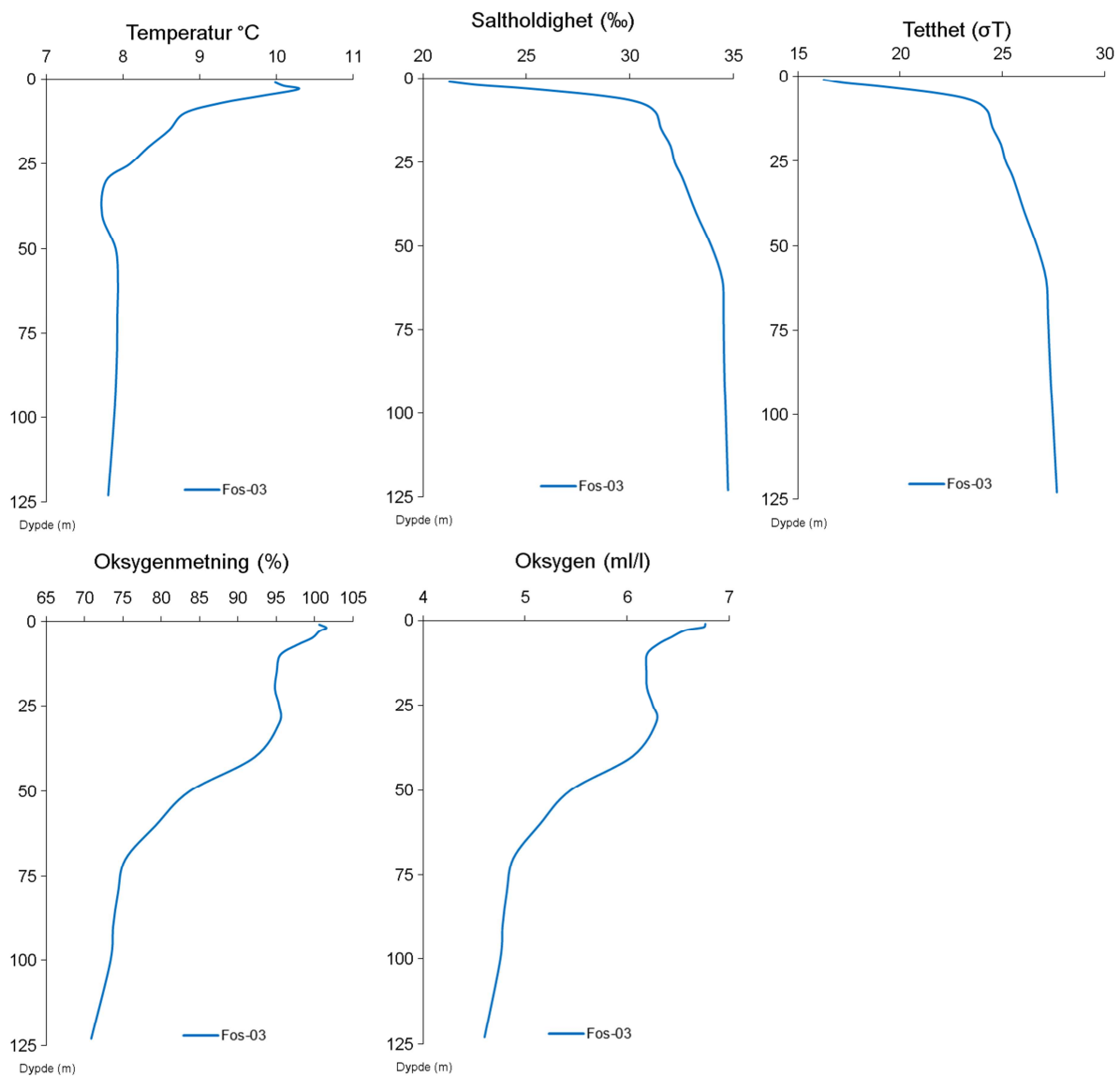
**Tabell 2-6.** Fôrforbruk og produksjon på lokaliteten hittil i år og de siste 3 år.

År	Utfôret mengde	Produsert mengde
2015 (1.jan – 27.mai)	1 156 tonn	966 tonn
2014	1 023 tonn	933 tonn
2013	3 375 tonn	2636 tonn
2012	916 tonn	895 tonn

### 3. RESULTATER OG DISKUSJON

#### Hydrografiske målinger

Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Fos-03 (fjernsone), 27. mai 2015. Resultatene fra denne undersøkelsen er presentert i Figur 3-1. Detaljert oversikt over CTD-data finnes i Vedlegg 5.



**Figur 3-1** Profilmålinger av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen (% metning og ml/l) på stasjonen Fos-03 i Austre Ombofjorden. Målinger utført 27. mai 2015 med bruk av STD/CTD-sonde påmontert oksygensensor. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mg O<sub>2</sub>/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturmålingene viser et noe varmere vannlag i de øverste 25 meterne (8,1 – 10,3 °C), lengre ned i vannsøylen er temperaturen relativt stabil (7,7 – 7,9 °C). Saltholdigheten i vannsøylen er lavest i overflatevannet som er tydelig ferskvann-påvirket, de øverste tre meterne har svært lav saltholdighet (21 - 25



‰). Saltholdigheten øker jevnt ned til 50 meters dyp hvor saltholdigheten er stabil (34 - 35 ‰) ned til 123 meters dyp. Som en funksjon av saltholdighet og temperatur viser tettheten et sprangsjikt i 10-15 meters dyp. Oksygeninnholdet i vannsøylen viser store variasjoner. De høyest registrerte oksygenverdiene viser et oksygeninnhold på 6,3 - 6,7 ml/l (98 – 102 % metning) i de øverste 7 meterne. Mellom 10 og 40 meters dyp er oksygeninnholdet relativt stabilt, og ligger mellom 6,0 og 6,2 ml/l (92 – 95 % metning). Videre ned i vannsøylen er oksygeninnholdet avtagende, men igjen relativt stabil fra 70 meters dyp relativt stabil rundt 4,6 - 4,8 ml/l (71 – 75 %).

Måling av bunnvann viste oksygeninnhold (ml/l) og oksygenmetning (%) med henholdsvis 4,6 ml/l og 71 % på Fos-03, noe som tilsvarer tilstandsklasse I (Svært god) for begge parameterne i henhold til grenseverdier gitt i gjeldende veileder (TA 1467/1997), se Tabell 2-4.

## Sediment (geologi)

Resultatene fra sedimentundersøkelsene er presentert i Tabell 3-1 og Figur 3-2.

Generelt domineres alle de tre undersøkte stasjonene av middels grove og grove partikler, i hovedsak sand, men også noe grus.

I nærsone (Fos-01) består sediment-sammensetningen av 69 % sand, 3,1 % grus og 27,9 % finpartikulært sediment i form av silt og leire.

Overgangssone (Fos-02) er i større grad dominert av middels grove partikler, og 83,3 % av alt sediment ved denne stasjonen er utgjort av sand. Den resterende andelen består av silt og leire (11,0 %), og noe grus (5,7 %).

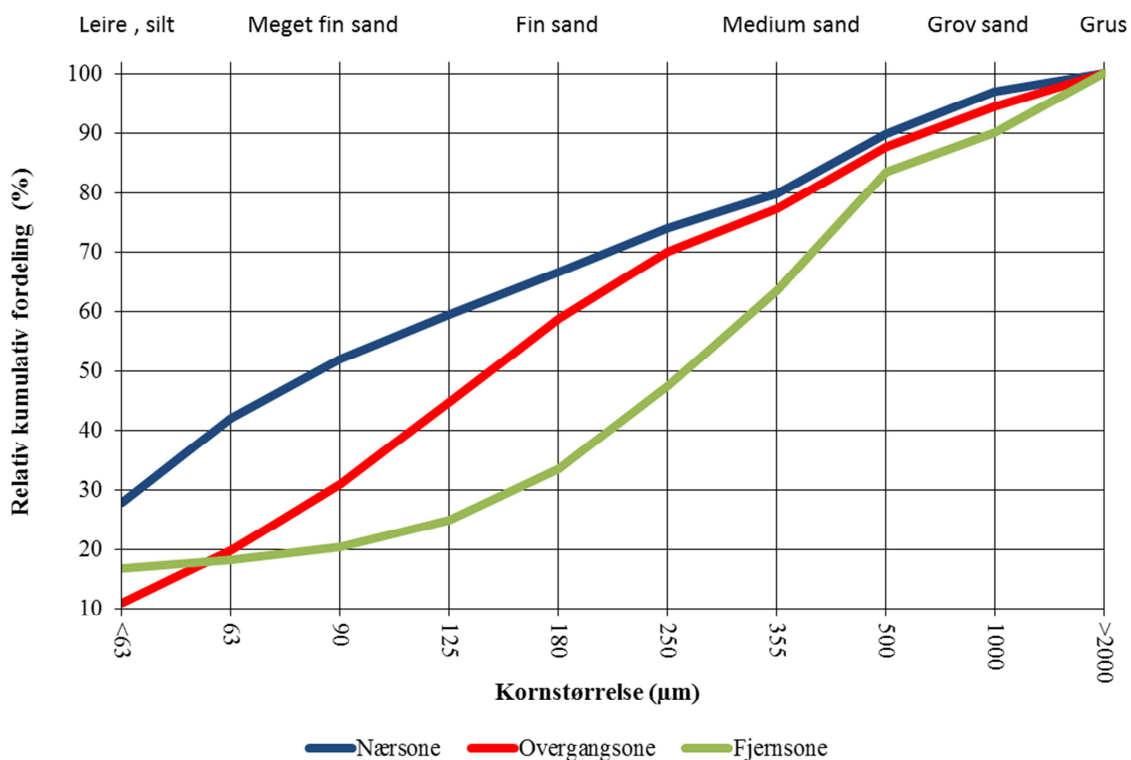
I fjernsone (Fos-03) består sedimentet av 73,2 % sand. Den resterende andelen av sediment i fjernsone består av silt og leire (16,8 %) og grus (10 %).

Kornstørrelsesfordelingen ved undersøkelsestidspunktet ved de 3 stasjonene kan tyde på gode bunnstrømforhold på samtlige stasjoner, men muligens noe bedre strømforhold i overgangssone og fjernsone enn i nærsone. 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 ligger på under 10 % glødetap (TOM). Glødetapsverdien for overgangssone (Fos-02) og fjernsone (Fos-03) er å anse som svært bra, mens det for nærsone (Fos-01) er forhøyet. Dette indikerer på organisk påvirkning i nærsone til anlegget.

**Tabell 3-1** Sediment. Oversikt over dyp, totalt organisk materiale (% glødetap, TOM) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Fosså, mai 2015.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% TOM)	Leire + Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Fos-01, Nærsone	107	16,1	27,9	69,0	3,1
Fos-02, Overgangssone	118	1,5	11,0	83,3	5,7
Fos-03, Fjernsone	125	3,5	16,8	73,2	10,0



**Figur 3-2** Sedimentfraksjoner. Relativ kumulativ fordeling av kornstørrelse i sedimentprøver fra ulike stasjoner ved lokaliteten Fosså, mai 2015: Nærsone, Fos-01; Overgangssone, Fos-02; Fjernsone, Fos-03. Kornstørrelser er kategorisert som sedimentfraksjoner fra finest til grovest (NS-EN-ISO, 16665:2013): 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).

## Kjemiske analyser

### Sedimentanalyser

Konsentrasjoner av fosfor i marine sedimenter ligger vanligvis under 1000 mg/kg TS i Vestlandsfjordene. Nivåer mellom 1000 og 5000 mg/kg TS anses som moderate, mens verdier over 5000 mg/kg TS anses som svært mye. Overgangssonen (Fos-02) og fjernsonen (Fos-03) har fosforverdier innenfor det som betraktes som normalt, med henholdsvis 690 og 580 mg/kg TS (Tabell 2-1). Ved nærsonen (Fos-01) ligger imidlertid konsentrasjonen av fosfor på hele 15 000 mg/kg TS. Dette er sterkt forhøyede verdier og tyder på høy grad av organisk belastning.

Nærsonen (Fos-01) har svært høye verdier for normalisert TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Overgangssonen (Fos-02) og fjernsonen (Fos-03) viser langt bedre verdier for normalisert TOC og begge får Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). TOC-verdiene tyder på en vesentlig organisk belastning i nærsonen (Tabell 3-2).

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 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 er målt for samtlige undersøkte stasjoner. Også her viser overgangssonen (Fos-02) og fjernsonen (Fos-03) gode verdier, med beste tilstandsklasse (Bakgrunnsnivå) for begge måleparameterne. Nærsonen (Fos-01) skiller seg ut med høye kobberverdier (tilstandsklasse IV – Dårlig), og svakt forhøyede sinkverdier (tilstandsklasse II – God) (Tabell 3-2).

Det er nærliggende å koble de høye verdiene målt for kobber, fosfor og TOC i nærsonen opp mot driften av oppdrettsanlegget på lokaliteten. De kjemiske analysene kan derimot ikke påvise en påvirkning utover i resipienten, da verdiene både for kobber og sink i overgangs- og fjernsonen gir beste tilstandsklasse. Verdier målt for fosfor og TOC er også kraftig redusert ved disse to stasjonene.

**Tabell 3-2** Innholdet av undersøkte kjemiske parameterne i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS) fra stasjonene ved Fosså, mai 2015. Tilstandsklasser (TK.) er oppgitt etter Miljødirektoratets klassifisering for sink, kobber (TA, 2229/2007) og normalisert TOC (TA, 1467/1997).

Stasjon	Totalt organisk karbon mg/g	Normalisert TOC mg/g	Fosfor TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	Kobber mg/kg TS	Tørrstoff (TS) %
Fos-01, Nærsone	65	78,0	V	15000	340	200	50,8
Fos-02, Overgangssone	4	20,0	II	690	47	3	84,0
Fos-03, Fjernsone	11	26,0	II	580	72	7	76,4

I - Bakgrunn	II - God	III - Moderat	IV - Dårlig	V - Svært dårlig
--------------	----------	---------------	-------------	------------------

### Måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ )

Resultatene fra måling av surhetsgrad (pH) og redokspotensialet ( $E_h$ ) sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM B-undersøkelse (NS, 9410:2007) er vist i Vedlegg 2. Resultat av de kjemiske målingene er oppsummert i Tabell 3-3.

Kjemiske målinger (pH og  $E_h$ ) viste meget gode pH- og  $E_h$ -verdier (tilstandsklasse 1) i bunnprøvene fra overgangssonen (Fos-02) og fjernsonen (Fos-03). De sensoriske parametrene viste at sedimentet fra disse stasjonene var lys i fargen med fast konsistens og uten lukt. Samlet vurdering gir tilstandsklasse 1 (meget god) for stasjon Fos-02 og Fos-03.

Prøven fra nærsone (Fos-01) skiller seg ut med pH- og  $E_h$ -verdier som tilsvarer tilstand 3 – dårlig. Sedimentet fra denne stasjonen var brun/sort og mykt med sterk  $H_2S$  og inneholdt spor av fôr og fekalier (Foto 3-1). Samlet vurdering av stasjon Fos-01 gir tilstandsklasse 3 (Dårlig).



**Foto 3-1** Fotografier av sedimentprøver fra nærsone (Fos-01).



**Tabell 3-3** Målte surhetsgrad (pH) og redoks (Eh) verdier i sedimentet fra de undersøkte stasjonene ved Fosså, mai 2015. Den beregnede pH/Eh verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. Tilstanden går fra 1 til 4 hvor 1 er best (NS, 9410:2007).

Stasjon / Parameter	pH	Eh	pH/Eh poeng	Tilstand
Fos-01, Nærsone	6,81	-123	3	<b>3</b>
Fos-02, Overgangssone	7,45	-42	0	<b>1</b>
Fos-03, Fjernsone	7,55	250	0	<b>1</b>

## Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3-4 – 3-6, Figur 3-3 og i Vedlegg 2-4. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mai 2015. De fleste bløtbunnsarter 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 fjernsonen skal vurderes utfra grenseverdier basert på beregnede indekser iht. 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 og overgangssone baseres iht. NS 9410:2007 på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen (se Tabell 2-5).

Stasjonen Fos-01 (dybde 107 m) ligger tett opp til anlegget og representerer nærsone. Totalt ble det samlet kun 3 arter med til sammen hele 1941 individer på denne stasjonen. Den mest dominerende arten (*Capitella capitata*) utgjorde hele 99 % av det totale individtallet. *C. capitata* er en opportunist og en typisk art å finne i områder med høy grad av organisk belastning. Basert på artsantall og sammensetning får stasjon Fos-01 miljøtilstand 3 (dårlig) i henhold til NS 9410:2007.

I overgangssone, på stasjonen Fos-02 (dybde 118 m), ble det samlet totalt 55 arter med til sammen 498 individer. Den dominerende arten var børstemarken *Galthowenia oculata* som utgjorde 45,2 % av alle individene på stasjonen. Blant de ti mest tallrike artene finner man både børstemark, bløtdyr og pigghuder. Dette resultatet tilsvarer miljøtilstand 1 (meget god) for stasjonen Fos-02 i henhold til NS 9410:2007.

Fjernstasjonen Fos-03 ligger i dypområdet på 125 meters dyp, 520 m sørvest for anlegget. På denne stasjonen ble det samlet totalt 92 arter med til sammen 503 individer. Blant de ti mest tallrike artene finner man børstemarkene *Amythasides macroglossus* (8,5 %), *Aphelochaeta* sp. (6,4 %), *Spiophanes kroeyri* (6,2 %), *Spiophanes wigley* (4,0 %), bløtdyrene *Leptochiton alveolus* (4,2 %) og *Nucula nucleus* (3,6 %) og anemonen *Edwardsia* sp. (3,6 %). Beregnet nEQR på stasjonsnivå gir en tilstandsverdi på 0,86 som tilsvarer tilstandsklasse I – Svært god (Veileder, 02:2013).

Figur 3-3 viser grafisk en oversikt over fordelingen av arter på geometriske klasser. Fraværet av en tidlig topp i

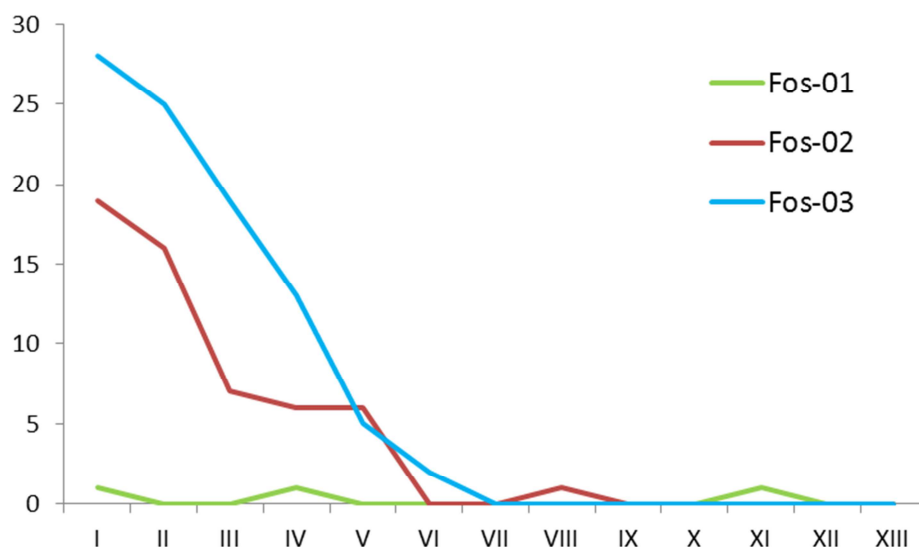
starten og en tilnærmet flate kurve indikerer sterk påvirkning av miljøet på bunnfaunaen ved Fos-01. En litt lav topp og de tidlige knekkene indikerer en viss påvirkning på stasjonen Fos-02.

**Tabell 3-4** Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved nærsone (Fos-01) og overgangssone (Fos-02) ved Fosså, mai 2015. Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m<sup>2</sup>. Antall individer og arter er vist for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for stasjonen. Miljøtilstand i nær- og overgangssone er vurdert på grunnlag av artsantallet og artssammensetningen, i henhold til NS 9410:2007. Miljøtilstand er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	Antall arter	Antall individer	Miljøtilstand
<b>Nærsone</b>	1	1	89	
Fos-01	2	3	1852	
27.05.2015	Sum	3	1941	3
	Snitt	5,0	1486,5	
<b>Overgangssone</b>	1	39	224	
Fos-02	2	47	274	
27.05.2015	Sum	55	498	1
	Snitt	12,5	187,0	
<div> <div>Svært god</div> <div>God</div> <div>Dårlig</div> <div>Meget dårlig</div> </div>				

**Tabell 3-5** Makrofauna. Undersøkelse av bunndyr ved fjernsone (Fos-03) ved Fosså, mai 2015. Hvert grabb-hugg representerer prøveareal på 0,1 m<sup>2</sup>. Total prøveareal i undersøkelsene er 0,2 m<sup>2</sup>. Antall individer, arter, diversitet (H'), sensitivitet (ES<sub>100</sub> og NSI), individtetthet (DI) og sammensatt indeks for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1) er beregnet for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for stasjonen. Klassifisering av miljøtilstand i fjernsone er gitt i henhold til Veileder 02:2013 ved 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). Tilstandsklasser er markert med fargekoder.

Stasjon	Grabbhugg	Antall arter	Antall individer	NQI1 verdi	H' verdi	ES <sub>100</sub> verdi	ISI <sub>2012</sub> verdi	NSI verdi	DI verdi	Tilstands-verdi
<b>Fjernsone</b>	2	60	229	0,80	5,34	42,75	10,33	25,68	0,31	
Fos-03	3	75	274	0,82	5,45	45,48	10,10	25,64	0,39	
27.05.2015	Sum	92	503	0,82	5,69	46,82	10,37	25,66	0,35	
	Snitt	67,5	251,5	0,81	5,40	44,12	10,21	25,66	0,35	
<b>Stasjon</b> <sub>nEQR</sub>				0,79	1,00	0,96	0,85	0,82	0,73	0,86
<b>Grabb</b> <sub>nEQR</sub>				0,79	0,93	0,93	0,84	0,82	0,73	0,84
<div> <div>Svært god</div> <div>God</div> <div>Moderat</div> <div>Dårlig</div> <div>Meget dårlig</div> </div>										



**Figur 3-3** Antall arter (langs y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene fra lokaliteten Fosså, mai 2015.

**Tabell 3-6** De mest tallrike artene fra prøvene ved Fosså, mai 2015. Tabellen oppgir antall individer av hver art, og prosent av antall individer for bunnstasjonene. Prøveareal er lik 0,2 m<sup>2</sup>.

<b>Fos-01</b>	<b>Antall individer</b>	<b>%</b>	<b>Kum. %</b>
<i>Capitella capitata</i>	1929	99,38	99,38
<i>Prionospio plumosa</i>	11	0,57	99,95
<i>Malacoceros fuliginosa</i>	1	0,05	100

<b>Fos-02</b>	<b>Antall individer</b>	<b>%</b>	<b>Kum. %</b>
<i>Galathowenia oculata</i>	225	45,2	45,2
<i>Chaetozone</i> sp.	30	6,0	51,2
<i>Owenia borealis</i>	21	4,2	55,4
<i>Aphelochaeta</i> sp.	20	4,0	59,4
<i>Amphiura filiformis</i>	20	4,0	63,5
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	19	3,8	67,3
<i>Echinocardium flavescens</i>	17	3,4	70,7
<i>Caudofoveata</i> indet.	11	2,2	72,9
<i>Synaptidae</i> indet.	10	2,0	74,9
<i>Pectinaria auricoma</i>	9	1,8	76,7

<b>Fos-03</b>	<b>Antall individer</b>	<b>%</b>	<b>Kum. %</b>
<i>Amythasides macroglossus</i>	43	8,5	8,5
<i>Aphelochaeta</i> sp.	32	6,4	15,0
<i>Spiophanes kroeyeri</i>	31	6,2	21,2
<i>Leptochiton alveolus</i>	21	4,2	25,4
<i>Spiophanes wigleyi</i>	20	4,0	29,4
<i>Nucula nucleus</i>	18	3,6	33,0
<i>Edwardsia</i> sp.	18	3,6	36,7
<i>Melinna albicincta</i>	15	3,0	39,7
<i>Notomastus latericeus</i>	14	2,8	42,5
<i>Galathowenia oculata</i>	13	2,6	45,1
<i>Eunice pennata</i>	13	2,6	47,7

Annelida/Polychaeta	Mollusca	Echinodermata	Crustacea	Andre
---------------------	----------	---------------	-----------	-------

## 4. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Fosså i Austre Ombofjorden, Hjelmeland kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 27. mai 2015. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner: en ved anlegget (nærsonen), en i overgangssonen og i dypet av fjorden (fjernsonen). Resultatene fra undersøkelsen er oppsummert i Tabell 1-4.

Den undersøkte stasjonen ved nærsonen (107 m) består ved undersøkelsestidspunktet av et middels grovfragmentert sediment bestående av sand (69 %) med innslag av silt og leire (28 %). Den resterende andelen består av grus. I overgangssonen (118 m) og fjernsonen (125 m) er sedimentsammensetningen mer dominert av middelsgrove partikler, med hhv. 83 og 73 % sand. De resterende andelene av sedimentet består av silt og leire og grus.

Bunnvannet ved fjernsonen er (stasjonsnavn) er oksygenrikt og har en metningsgrad av oksygen på 71 % (4,6 ml/l) ved 125 meters dybde. Dette gir tilstandsklasse I (Svært god) i henhold til TA 1467/1997.

Glødetap er et mål på totalt organisk materiale (TOM) i sedimentet, hvor høyere prosent glødetap indikerer høyere andel organisk innhold. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet forhøyede verdier for glødetap (16 %). Sedimentet ved overgangssonen og fjernsonen har derimot lave glødetapsverdier (hhv. 1,5 og 3,5 %) godt innenfor det som er normalen i norske fjorden som typisk er under 10 %.

Et annet mål på organisk innhold i sediment er TOC, som måler sedimentets totale innhold av karbon. Nærsonen har ved undersøkelsestidspunktet svært høye TOC-verdier og får Miljødirektoratets tilstandsklasse V (Svært dårlig). Prøver fra overgangssonen og fjernsonen viser imidlertid lave verdier av TOC og får Miljødirektoratets tilstandsklasse II (God). 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.

Verdier for fosfor er svært høyt (15 000 mg/kg) i sedimentet ved nærsonen på undersøkelsestidspunktet. Ved overgangssonen og fjernsonen måles det normale verdier av fosfor for marine sedimenter. Måling av pH og Eh viser dårlige forhold i nærsonen (tilstand 3), men meget gode forhold i overgangssonen og fjernsonen (tilstand 1).

Kobber og sink viser svært gode verdier tilsvarende Miljødirektoratets beste tilstandsklasse 1 (Bakgrunnsnivå) for sedimentet fra både overgangssonen og fjernsonen. Sedimentet fra nærsonen har derimot et forhøyet nivå av kobber tilsvarende tilstandsklasse 4 (Dårlig) og noe forhøyede sinkverdier tilsvarende tilstandsklasse 2 (God).

Bunnfaunaen i nærsonen vitner om dårlige miljøforhold ved undersøkelsestidspunktet. I prøvene herfra er det funnet kun 3 ulike arter hvorav arten *Capitella capitata* dominerer fullstendig med over 99 % av det totale individtallet. *C. capitata* er en opportunistisk art og kjennetegner områder med høy organisk belastning. I henhold til MOM-standarden som er gjeldende for områder nærliggende anlegg får nærsonen tilstand 3 (Dårlig). Bunndyrsprøvene fra overgangssonen vitner om gode forhold. I prøvene herfra fantes 55 ulike arter hvorav de 10 mest dominerende artene representerer flere ulike arter børstemark, pigghuder og en



bløtdyrsart.. I henhold til MOM-standarden får overgangssonen tilstand 1 (Meget god). Også ved fjernsonen vitner prøvene om gode forhold med totalt 92 arter og jevn fordeling av individer på ulike arter. I henhold til Veileder 02:2013 får fjernsonen en tilstandsverdi på 0,86 som plasserer stasjonen i nedre del av tilstandsklasse 1 (Svært god).

Resultatene fra MOM C-undersøkelsen ved Fosså, mai 2015, vitner om generelt dårlige forhold i nærsone på undersøkelsestidspunktet. I motsetning viser både overgangssonen og fjernsonen meget gode forhold for samtlige målte parametere (Tabell 4-1).

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.

**Tabell 4-1** Oppsummering av resultatene fra bunnprøver innsamlet ved Fosså, mai 2015. Miljøtilstand etter NS 9410, tilstandsverdi etter Veileder 02:2013, glødetap (TOM), normalisert TOC, fosfor, sink, kobber, oksygeninnhold i bunnvann (O<sub>2</sub>, ml/l) og pH/Eh-tilstand. For de parametrene som har tilstandsklasser er disse fargekodet.

Stasjon	Dyp (m)	Miljøtilstand (NS 9410)	Tilstandsverdi (Veileder 02:2013)	TOM (%)	Norm. TOC	Fosfor (mg/kg TS)	Sink TK.	Kobber TK.	O <sub>2</sub> (ml/l)	pH/Eh Tilstand
Fos-01	107	3	-	16,1	78,0	15000	340	200		3
Fos-02	118	1		1,5	20,0	690	47	3		1
Fos-03	125	-	0,86	3,5	26,0	580	72	7	4,6	1

Svært god	God	Moderat	Dårlig	Meget dårlig
-----------	-----	---------	--------	--------------

## 5. TAKK

Vi takker for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Einar Bye-Ingebrigtsen og Trond E. Isaksen fra SAM-Marin, samt Halgeir Bauge og Reidar Slåtten fra Marine Harvest Norway AS. Bunnprøvene ble sortert av Ragna Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Øydis Alme og Frøydis Lygre.

## 6. LITTERATUR

- Hovgaard, P. (1973). "A new system of sieves for benthic samples." *Sarsia* **53**. 15-18 s.
- Isaksen, T. E. og Torvanger, R. (2012). "MOM B-undersøkelse ved Fosså i Hjelmeland kommune, august 2012." SAM Notat nr. 32-2012. 13 s.
- Jakobsen, H. R. og Isaksen, T. E. (2013). "MOM B-undersøkelse ved Fosså i Hjelmeland kommune September 2013." SAM Notat nr. 35-2013. 15 s.
- NS-EN-ISO 5667-19: 2004. Vannundersøkelse, Prøvetaking, Del 19: Veiledning i sedimentprøvetaking i marine områder. Standard Norge. 23 s.
- NS-EN-ISO 16665:2013. Vannundersøkelse - Retningslinjer for kvantitativ prøvetaking og prøvebehandling av marin bløtbunnsfauna (ISO 16665:2014) Standard Norge. 40 s.
- NS-EN-ISO 17294-2:2004. Vannundersøkelse - Bruk av induktivt koplet plasmamassespektrometri (ICP-MS) - Del 2: Bestemmelse av 62 grunnstoffer (ISO 17294-2:2003). Standard Norge. 32 s.
- NS-EN-ISO/IEC 17025:2005. Generelle krav til prøvings- og kalibreringslaboratoriers kompetanse. Standard Norge. 48 s.
- NS-EN 13137:2001. Karakterisering av avfall - Bestemmelse av totalt organisk karbon (TOC) i avfall, slam og sedimenter. Standard Norge. 24 s.
- NS-EN 14346:2006. Karakterisering av avfall - Beregning av tørrstoff ved bestemmelse av tørket rest eller vanninnhold. Standard Norge. 24 s.
- NS 4764:1980. Vannundersøkelse - Tørrstoff og gløderest i vann, slam og sedimenter. Standard Norge. 8 s.
- NS 9410:2007. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. Standard Norge. 27 s.
- TA 1467/1997. Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensingstilsyn, SFT 1997. 36 s.
- TA 1883/2002. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Tiårsrapport (1990-99). Rapport 848/02. Statlig program for forurensningsovervåking, 2002. 138 s.
- TA 2229/2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. Statens forurensingstilsyn, SFT 2008. 12 s.
- Tverberg, J. (2014). "MOM B-gransking av oppdrettslokaliteten Fosså i Hjelmeland kommune, juli 2014." Rådgivende Biologer AS, Rapport 1924. 26 s.
- Veileder 01:2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Direktoratgruppen for gjennomføring av Vanndirektivet (2009). 181 s.
- Veileder 02:2013. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet (2013). 263 s.

## 7. VEDLEGG

### 1) 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 uforurensset 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 uforurensede områder vil det vanligvis være minst 20 - 30 arter i én grabbprøve (0,1 m<sup>2</sup>), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

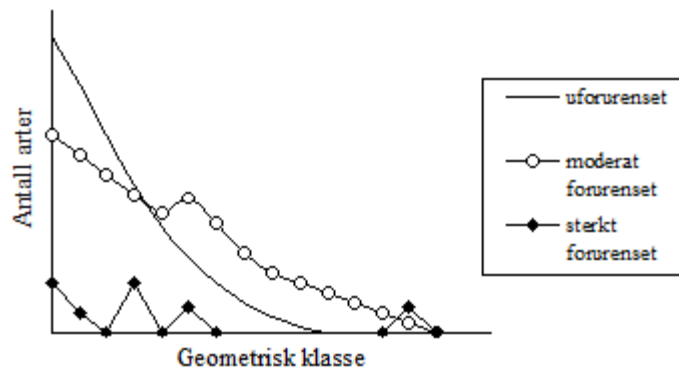
#### Geometriske klasser

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

Antall arter i hver geometriske klasse kan plottes i figurer hvor kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i området. I et upåvirket område vil kurven falle sterkt med økende geometrisk klasse og ha form som en avkuttet normalfordeling. Dette skyldes at det er relativt mange individfattige arter og at få arter er representert med høyt individantall. I følge Pearson og Rosenberg (1978) er et slikt samfunn log-normalfordelt. Dette er antydnet i Figur v1. I et moderat forurensset 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 forurensset 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 uforurensset, moderat forurensset og for et sterkt forurensset 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 (TA-1467/1997 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 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 sensitivitetsverdier

**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 faunaekspert. Sammensetningen av makrovertebratsamfunnet i form av andelen av økologiske grupper indikerer omfanget av forurensningspåvirkning.

**NSI** er en ny sensitivitetsindeks og ligner AMBI, men er utviklet med basis i norske faunadata. Hver art av i alt 591 arter er tilordnet en sensitivitetsverdi. En prøves NSI-verdi beregnes ved gjennomsnittet av sensitivitetsverdiene 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 sensitivitetsverdier

### 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<sup>2</sup>

### 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 <sub>100</sub>	Artsmangfold	50-34	34-17	17-10	10-5	5-0
ISI <sub>2012</sub>	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:

**Tabell v3:** Nedre grenseverdi for de ulike tilstandsklassene iht. 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

nEQR gir en 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

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

### Klassifikasjon og ordinasjon

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

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. 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<sub>jk</sub> = likheten mellom to prøver, j og k
- y<sub>ij</sub> = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatriksen
- y<sub>ik</sub> = 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:

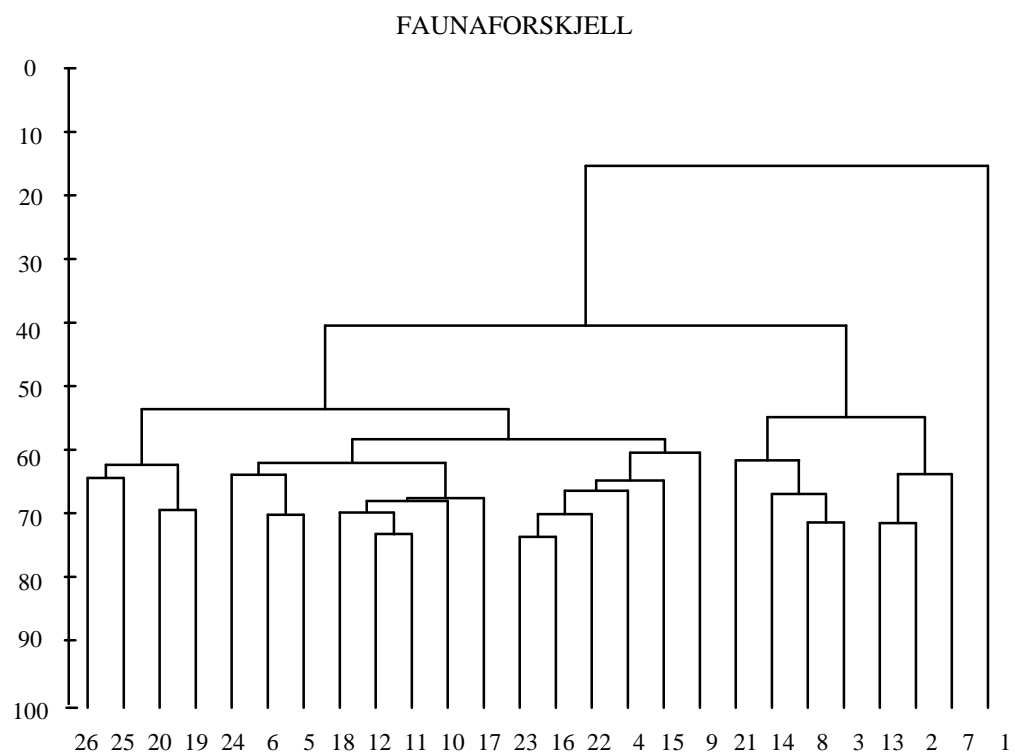
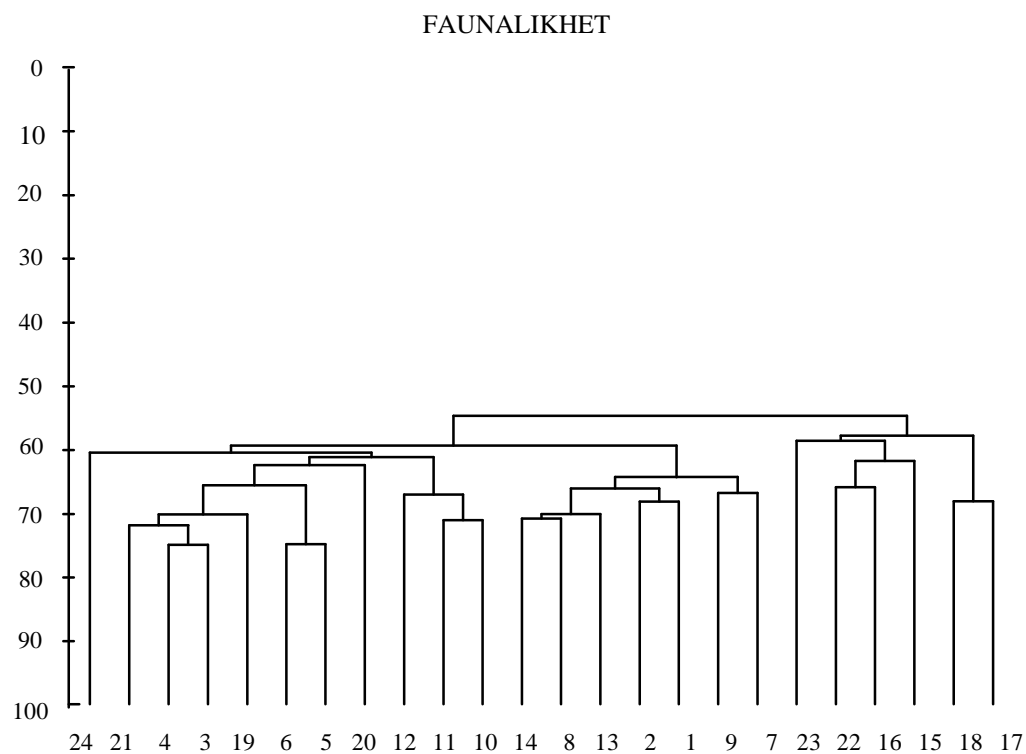
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d) .}$$

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

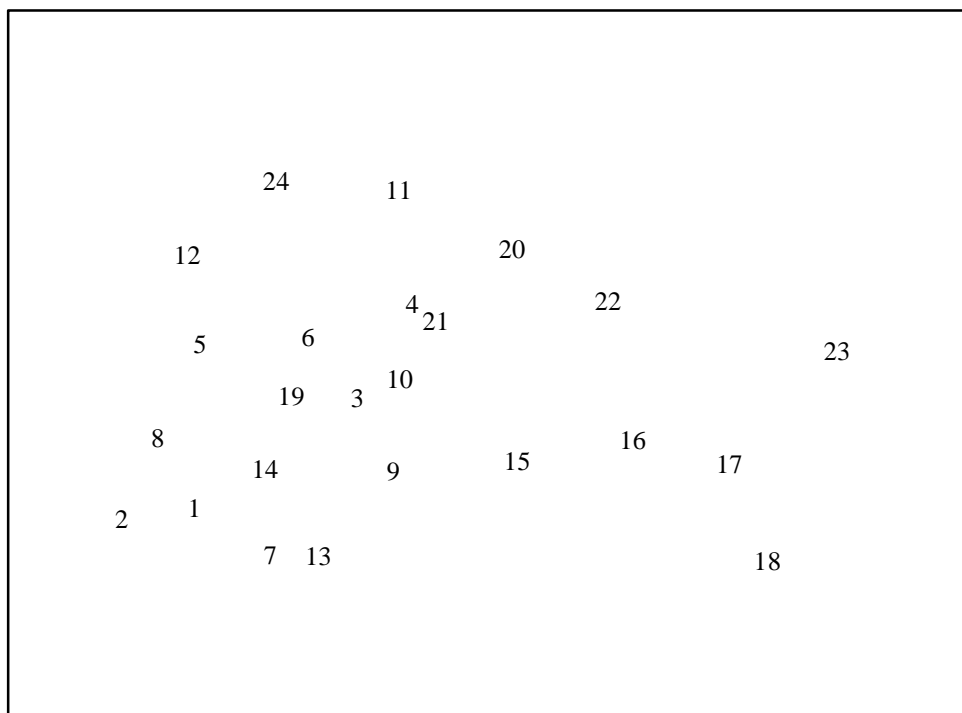
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Interne makroer er benyttet til utregning av samtlige indekser, unntatt makroen «Diversi» som beregner diversitet ( $H'$ ) og inndelingen i geometriske klasse.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

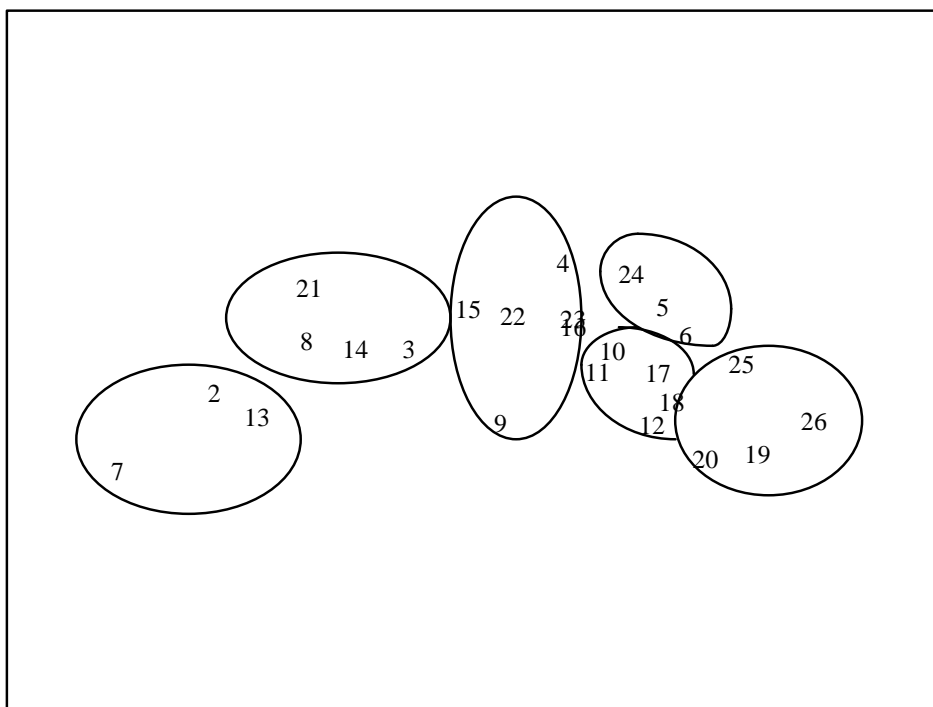


**Figur v2.** Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

## 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**

- 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 s.
- Bray, J.R. og Curtis, J.T. 1957. *An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin*. Ecological Monographs **27**. 325-349 s.
- Gray, J.S. og Mirza, F.B. 1979. *A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities*. Marine Pollution Bulletin **10**. 142-146 s.
- Pearson, T.H. og 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 s.
- Pearson, T.H., Gray, J.S. og Johannessen, P.J. 1983. *Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses*. Marine Ecology Progress Series **12**. 237-255 s.
- Rygg, B. 2002. *Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway*. Niva-rapport 4548 – 2002. 32s.
- Rygg, B. og Norling, K. 2013. *Norwegian Sensitivity Index (NSI) for marine macroinvertebrates, and an update of Indicator Species Index (ISI)*. NIVA-rapport 6475-2013. 46 s.
- Shannon, C.E. og Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- TA 1467/1997. *Veiledning nr. 97:03. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann*. Statens forurensningstilsyn, SFT 1997. 36 s.
- Veileder 02:2013. *Klassifisering av miljøtilstand i vann. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver*. Direktoratgruppen for gjennomføring av vanndirektivet (2013). 263 s.





## SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Marine Harvest Norway AS

Dato: 27.05.2015

Lokalitet: Fosså

Lokalitetsnr: 11893

Lokalitetstype: Matfisk, laks

Prøvetakingssted (nr)		Fos-01	Fos-02	Fos-03						
Dyp (m)		107	118	125						
Antall forsøk		5	4	4						
Bobling (i prøve)		-	-	-						
Primær-sediment	Grus	x		x						
	Skjellsand	x								
	Sand		x	x						
	Mudder	x								
	Silt	x	x							
	Leire		x	x						
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall										
Krepsdyr, antall										
Skjell, antall										
Børstemark, antall										
Andre dyr, antall										
<i>Malacoceros fuliginosa</i>										
Beggiatoa										
Fôr		x	-	-						
Fekalier		x	-	-						
Kommentarer				Mye stein						

Korrekturlest:

08.06.2015

dato

EBI

Sign.

TEI

Sign.

## 3) Artsliste

ID: 10728 Versjonsnr: 009

**Vedlegg SF-SAM-505 Benthos  
Artsliste****Uni Research Miljø : Sam-  
marin**

**Ansvarsområde:** Sam Marin / Rapportering / Rapportering /  
**Dok. kategori:** Vedlegg **Sist endret:** 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )  
**Siste revisjon:** Ikke satt **Neste revisjon:** Ikke satt  
**Godkjent:** GODKJENT 26.03.2015 ( Silje Hadler-Jacobsen )

**SAM-Marin**

(Seksjon for anvendt miljøforskning,  
marin del.)  
 Thormøhlensgate 55, 5008 Bergen  
 Telefon: 55 58 44 05  
 Mail: sam-marin@uni.no

**Oppdragsgiver (navn og adresse): Marine Harvest Norway AS****Prosjekt nr.: 809589****Prøvetakssteds (område): Fosså****Dato for prøvetaking: 27.05.2015****Ansvarlig for prøvetaking (firma): Uni Research AS****Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -****Artene er identifisert av: Øydis Alme, 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:3 sider.

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

Signatur: Øydis Alme  
 Godkjent taksonom

s 1/3	Stasjonsnavn	Fos-01	Fos-01	Fos-02	Fos-02	Fos-03	Fos-03
	Dato	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15
	Hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	2. hugg	3. hugg
*	<b>PORIFERA indet.</b>					+	+
*	<b>HYDROZOA</b>						
*	Hydrozoa indet.			+	+		
	<b>ANTHOZOA</b>						
	Actiniaria indet.			1	2	5	
	Cerianthus lloydii			0/1	1		
	Edwardsia sp.					17	1
*	<b>NEMERTEA indet.</b>				2		
*	<b>NEMATODA indet.</b>	ca.2500	ca.3400	11	3	9	15
	<b>POLYCHAETA</b>						
	Acanthiclepis asperrima					3	
	Ampharete lindstroemi			1	1		2
	Ampharete octocirrata						3
	Amythasides macroglossus					16	27
	Aphelochaeta sp.			9	11	12	20
	Aphrodita aculeata			1			
	Apistobranchus tullbergi					1	1
	Aricidea catherinae					1	2
	Aricidea cerrutii			1			
	Capitella capitata	89	1840	2			1
	Chaetozone sp.			22	8	6	3
	Cirratulus cirratus				1	5	2
	Diplocirrus glaucus			2	1		
	Eclysippe vanelli						2
	Eteone sp.				1		
	Euchone sp.					1	4
	Eunice pennata					7/1	5
	Exogone sp.			1	1	2	1
	Galathowenia fragilis				1		
	Galathowenia oculata			95	130	5	8
	Glycera lapidum					1/1	4
	Goniada maculata				1		
	Heteromastus filiformis					1	3
	Hydroides norvegica						1
	Kefersteinia cirrata					3	1
	Laetmonice filicornis						1
	Lagis koreni			3	5		1
	Levinsenia gracilis					1	1
	Lipobranchus jeffreysii				1	4	1
	Lumbrineridae indet.			2		2	8
	Malacoceros fuliginosa		1				
	Malacoceros sp.						4
	Maldanidae indet.			4	2	3	7
	Melinna albicincta						9/6
	Notomastus latericeus			2	3	7	7
	Ophiodromus flexuosus				1		
	Orbinia sp.						1
	Owenia borealis			8/3	9/1		1
	Paradoneis sp.					1	
	Paramphinoe jeffreysii			3	16	3	1
	Pectinaria auricoma			6	3		1
	Pholoe baltica				3	1	1
	Phyllodoce groenlandica					2	

s 2/3	Stasjonsnavn	Fos-01	Fos-01	Fos-02	Fos-02	Fos-03	Fos-03
	Dato	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15
	Hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	2. hugg	3. hugg
	Pista cristata						1
	Polycirrus norvegicus					4	2
	Polycirrus plumosus			3	2	2	
	Polydora sp.						5
	Polynoidae indet.					2	2
	Prionospio cirrifera					7	2
	Prionospio dubia						1
	Prionospio fallax			1			
	Prionospio plumosa		11				
	Sabellidae indet.			1	3	1	4
	Scalibregma inflatum					3	4
	Scoloplos armiger			1			
	Sige fusigera			1	2	2	1
	Sosane sulcata						2
	Spiophanes kroeyeri			4	4	15	16
	Spiophanes wigleyi			1	1	9	11
	Sthenelais limicola			1	3		
	Syllidae indet.				1	1	3
	Terebellides stroemii					1	1
	Tharyx killariensis			6	1	2	4
	Thelepus cincinnatus			2			1
	Trichobranthus gracialis					1	3
	Trichobranthus roseus			1	1		
	<b>OLIGOCHAETA indet.</b>						2
	<b>SIPUNCULA</b>						
	Golfingia vulgaris					1	1
	Sipuncula indet.					3	
	<b>CRUSTACEA</b>						
*	Apseudes spinosus					1	18
*	Calanus finmarchicus	2	2	1	5	3	4
*	Copepoda indet.	1		1		1	
*	Diastylis cornuta			1	3		2
*	Diastylis tumida						1
*	Diastylodes biplicata						1
*	Eudorella truncatula			2			
*	Philomedes lilljeborgi					1	
*	Tanaidacea indet.					1	2
	Verruca stroemia						2
*	<b>ISOPODA</b>						
*	Gnathia sp.				2		2
*	Janira maculosa						1
*	Natanolana borealis			2	2		
*	<b>AMPHIPODA</b>						
*	Amphipoda indet.	1		7		12	29
*	Eriopisa elongata				1	6	2
*	<b>DECAPODA</b>						
*	Decapoda indet larve					0/2	0/1
*	Munida sarsi					2	
	<b>MOLLUSCA</b>						
	Abra prismatica			1			
	Acteon tomatis				1		
	Adontorhina similis					1	
	Alvania cimicoides						1

s 3/3	Stasjonsnavn	Fos-01	Fos-01	Fos-02	Fos-02	Fos-03	Fos-03
	Dato	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15	27.5.15
	Hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	2. hugg	3. hugg
	Anatoma crispata						2
	Antalis entalis				2		
	Astarte sulcata					1	2
	Axinulus croulinensis						1
	Batharca pectunculoides						1
	Caudofoveata indet.			6	5	1	
	Cuspidaria obesa						1
	Ennucula tenuis			1	2		
	Iothia fulva						2/2
	Ischnochiton albus					1	
	Leptochiton alveolus					7	12/2
	Leptochiton asellus					2	1
	Limatula gwyni					0/1	
	Macandrevia cranium					6	3/2
	Mendicula ferruginosa				1	4	3/1
	Modiolula phaseolina					2	
	Novocrania anomala					11	
	Nucula nucleus			7	1	5	12/1
	Nuculana minuta						1
	Parvicardium minimum				1		
	Puncturella noachina					2/1	
	Tellinella ferruginosa			2	2	1	
	Thyasira equalis					1	4
	Thyasira flexuosa			1	2		
	Thyasira obsoleta						1
	Timoclea ovata						1
	Turbonilla crenata						1
	<b>ECHINODERMATA</b>						
	Amphipholis squamata				1	6	2
	Amphiura filiformis			6/4	0/10		
	Brissopsis lyrifera			1	1		
	Echinidea indet.						0/2
	Echinocardium flavescens			1	16	1	
	Ophiopholis aculeata					0/1	
	Ophiura albida					1/1	
	Ophiura carnea				0/1		
	<b>HOLOTUROIDEA</b>						
*	Siboglinum fiordicum				1		1
	Synaptidae indet.			5	5		1
	Thyone fusus				1		
*	<b>CHAETOGNATHA indet.</b>					1	
	<b>ASCIDIACEA</b>						
	Polycarpa fibrosa						1
	<b>CHORDATA</b>						
*	PISCES indet.	1					
*	PISCES egg.	3	1		6		5
*	<b>VARIA</b>	+	+		+	+	+

#### 4) Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene ved stasjonene Fos-01, Fos-02 og Fos-03.

Geometrisk klasse	Fos-01	Fos-02	Fos-03
I	1	19	28
II	0	16	25
III	0	7	19
IV	1	6	13
V	0	6	5
VI	0	0	2
VII	0	0	0
VIII	0	1	0
IX	0	0	0
X	0	0	0
XI	1	0	0
XII	0	0	0
XIII	0	0	0



## 5) 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-15-MX-002118-02****EUNOBE-00014894**

Prøvemottak: 02.06.2015  
Temperatur:  
Analyseperiode: 02.06.2015-06.07.2015  
Referanse: 809589/26/15

**ANALYSERAPPORT**

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

Prøvenr.: Prøvetakingsdato: Prøvetaker: Analysestartdato: Prøvetype: Prøvemerkning:		441-2015-0603-030 27.05.2015 EBI 02.06.2015 Sedimenter Fos-01, 107m Hugg 3		441-2015-0603-031 27.05.2015 EBI 02.06.2015 Sedimenter Fos-02, 118m Hugg 3		441-2015-0603-032 27.05.2015 EBI 02.06.2015 Sedimenter Fos-03, 125m Hugg 1			
Test	Parameter	Resultat	MU	Resultat	MU	Resultat	MU	Metode	LOQ
Fosfor (P)	Totalt fosfor (P)	a) 15000	mg/kg tv	a) 690	mg/kg tv	a) 580	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
Kobber (Cu)		a) 200	mg/kg tv	a) 3	mg/kg tv	a) 7	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Sink (Zn)		a) 340	mg/kg tv	a) 47	mg/kg tv	a) 72	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
Totalt organisk karbon		a) 65.0	mg/g tv	a) 4.0	mg/g tv	a) 11.0	mg/g tv	EN 13137	0.1
Total tørrstoff		a) 50.8	% (w/w)	a) 84.0	% (w/w)	a) 76.4	% (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), Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, D-09627, Bobritzsch-Hilbersdorf

**Rapportkommentar:**

Prøvene er reanalysert med endret resultat for kobber.

**Bergen 06.07.2015**

Tommie Christensen

ASM Kundesupport Berge

**Tegnforklaring:**



\* Ikke omfattet av akkrediteringen LOQ: Kvantifiseringsgrense MU: Måleusikkerhet

<: Mindre enn >: Større enn nd: Ikke påvist

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

		<b>Molab as, 8607 Mo i Rana</b> 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		
Kunde: Uni Research AS Att: Trond E. Isaksen Felles fakturamottak Postboks 7800 5020 BERGEN		<b>RAPPORT</b>  <b>TOM og KORN</b>		
		Ordre nr.:	Antall sider + bilag:	
		58978	2	
		Rapport referanse:	Dato:	
		KR-20763	08.07.2015	
Rev. nr.	Kundens bestillingsnr./ ref.:	Utført:	Ansvarlig signatur:	
0	809589 / 7/15	Eli Ellingsen	Eli Ellingsen	

Prøver mottatt dato: 09.06.2015

## RESULTATER

Prøve merket:			Fos-01	Fos-02	Fos-03		
Parameter	Enhet	Ana.dato	KG-000673	KG-000674	KG-000675		
TOM (550 °C)	%	30.06.15	16,1	1,48	3,48		

## Kornfordeling

Analysedato: 29.06.2015

Fos-01	KG-000673							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)				
2000	-1	0,23	3,1	3,1	MdΦ	Silt og leire	27,9	
1000	0	0,52	7,0	10,1	3,10	Sand	69,0	
500	1	0,75	10,1	20,2		Grus	3,1	
355	1,5	0,42	5,7	25,9	SdΦ			
250	2	0,56	7,6	33,4	2,49			
180	2,5	0,52	7,0	40,4				
125	3	0,56	7,6	48,0	SkΦ			
90	3,5	0,73	9,8	57,8	0,03			
63	4	1,06	14,3	72,1				
<63	8	2,07	27,9	100,0	KΦ			
		7,42	100,0		1,10			

Proveresultatene 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](http://www.molab.no) for disse betingelser.



Side 2 av 2

Ordrenummer: 58978

Fos-02		KG-000674							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	0,84	5,7	5,7	MdΦ	Silt og leire	11,0		
1000	0	0,98	6,6	12,3	2,32	Sand	83,3		
500	1	1,53	10,3	22,6		Grus	5,7		
355	1,5	1,10	7,4	30,0	SdΦ				
250	2	1,65	11,1	41,2	1,94				
180	2,5	2,08	14,0	55,2					
125	3	2,05	13,8	69,0	SkΦ				
90	3,5	1,64	11,1	80,1	-0,05				
63	4	1,32	8,9	89,0					
<63	8	1,63	11,0	100,0	KΦ				
		14,82	100,0		1,42				

Fos-03		KG-000675							
Diameter(µm)	F	Vekt (g)	Vekt (%)	Kum. Vekt(%)					
2000	-1	1,15	10,0	10,0	MdΦ	Silt og leire	16,8		
1000	0	0,74	6,4	16,4	1,42	Sand	73,2		
500	1	2,31	20,1	36,5		Grus	10,0		
355	1,5	1,82	15,8	52,4	SdΦ				
250	2	1,61	14,0	66,4	2,37				
180	2,5	0,98	8,5	74,9					
125	3	0,52	4,5	79,4	SkΦ				
90	3,5	0,26	2,3	81,7	0,28				
63	4	0,17	1,5	83,2					
<63	8	1,93	16,8	100,0	KΦ				
		11,49	100,0		1,69				

## 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. Rapporten må ikke gjengis i utdrag, uten skriftlig godkjenning fra Molab as. Selve rapporten representerer eller inneholder ingen produktgodkjenning. Rapporterer i henhold Molabs standard leveringsbetingelser dersom ikke annet er avtalt. Se [www.molab.no](http://www.molab.no) for disse betingelser.

## 6) CTD-data

Tabellene under viser hydrografiske profilmalinger fra stasjonen Fos-03 (fjernsone) med parameterne salinitet (Sal.), temperatur (T), tetthet ( $\sigma T$ ) og oksygen ( $O_2$ ).

**Fos-03**

Depth(m)	Sal.	T (°C)	O <sub>2</sub> %	O <sub>2</sub> mg/l	O <sub>2</sub> ml/l	$\sigma T$
1	21,29	9,99	100,62	9,61	6,77	16,28
2	22,66	10,10	101,55	9,59	6,75	17,34
3	24,93	10,29	100,64	9,33	6,57	19,07
5	28,38	9,81	99,71	9,14	6,44	21,84
7	30,36	9,29	97,80	8,96	6,31	23,47
10	31,24	8,81	95,54	8,80	6,20	24,25
15	31,52	8,61	95,08	8,79	6,19	24,52
20	31,97	8,33	94,85	8,80	6,20	24,94
25	32,18	8,10	95,41	8,88	6,25	25,16
30	32,57	7,78	95,42	8,93	6,29	25,54
40	33,21	7,73	92,18	8,60	6,06	26,09
50	33,95	7,91	83,74	7,74	5,45	26,70
60	34,48	7,94	79,32	7,31	5,15	27,15
70	34,53	7,93	75,34	6,94	4,89	27,23
80	34,55	7,93	74,39	6,85	4,82	27,30
90	34,58	7,91	73,75	6,79	4,78	27,37
100	34,64	7,89	73,43	6,76	4,76	27,47
123	34,75	7,81	70,90	6,54	4,61	27,67