SAM e-Rapport

Uni Research
Uni Miljø, SAM-Marin

e-Rapport nr. 14-2011

MOM C-undersøkelse ved Ratvika i Åfjord kommune, 2011

Rune Haugen
Jon Hestetun

SAM-Marin

Test 157

Seksjon for anvendt miljøforskning
Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway
Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25

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

Rapportens tittel: MOM C-undersøkelse ved Ratvika i Åfjord kommune, 2011	Dato: 11.11.2011
	Antall sider og bilag: 36
Forfatter(e): Rune Haugen, Jon Hestetun	Prosjektleder: E. Heggøy
	Prosjektnummer: 805728

Oppdragsgiver: Refsnes laks AS	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract: A MOM C-investigation was conducted in June 2011 at 3 sites near the planned aqua culture locality Ratvika. The monitoring included geological and chemical analyses of the bottom sediment as well as an analyses of the composition of benthic fauna. No chemical pollution of copper or zink was detected. Some elevated organic values were detected at the deepest station, however probably related to the natural sediment composition at the site. The faunal composition indicated good to very good bottom conditions at all three stations.

Keywords: MOM C, marine environmental monitoring, Aqua culture, Ratvika	Emneord: MOM C, marin miljøovervåking, fiskeoppdrett, Ratvika

ISSN NR.: 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 14-2011

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	11.11.2011	Per Johnsen
Prosjektet / undersøkelsen:	11.11.2011	Rune Haugen

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

Følgende er utført akkreditert:

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

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Tveiten, Korableva, Ekrene, Ensrud og Amin

Identifikasjon av marin fauna utført av: Alvestad og Johannessen

Rapportering utført av: Haugen og Hestetun

Ikke akkreditert:

Geologiske analyser utført av: Grønning

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Blåstål

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

Akkreditert: Kobber, sink, fosfor, total tørrstoff

Ikke akkreditert: TOC

Andre: -

INNHOLD

1 INNLEDNING *5*

2 MATERIALE OG METODER *6*

2.1 Undersøkelsesområdet **6**

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder **6**

2.2.1 Hydrografi 7

2.2.2 Sediment 7

2.2.3 Kjemiske analyser 8

2.2.4 Bunndyr 8

2.3 Produksjonsdata fra anlegget **11**

3 RESULTATER OG DISKUSJON *12*

3.1 Sediment **12**

3.3 Kjemi **13**

3.4 Bunndyr **14**

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON *18*

5 LITTERATUR *19*

6 VEDLEGG *20*

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse ved oppdrettslokaliteten Ratvika i Linesfjorden, Åfjord kommune, lokalitetsnummer 31958. Innsamlingene ble gjennomført 28. juni 2011.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdet under og i nærområdet til oppdrettslokaliteten Ratvika over tid. Med resipient menes her et sjøområde som vil mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser. Undersøkelsen ble gjort ved en ny lokalitet, der det ikke tidligere har vært drevet fiskeoppdrett.

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

Undersøkelsen er utført av Havbrukstjenesten AS og Uni Miljø, SAM-Marin på oppdrag fra Refsnes Laks AS. SAM-Marin er en seksjon ved forskningsselskapet Uni Research AS, har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blandt annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 20 år og utført miljøundersøkelser i 10 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

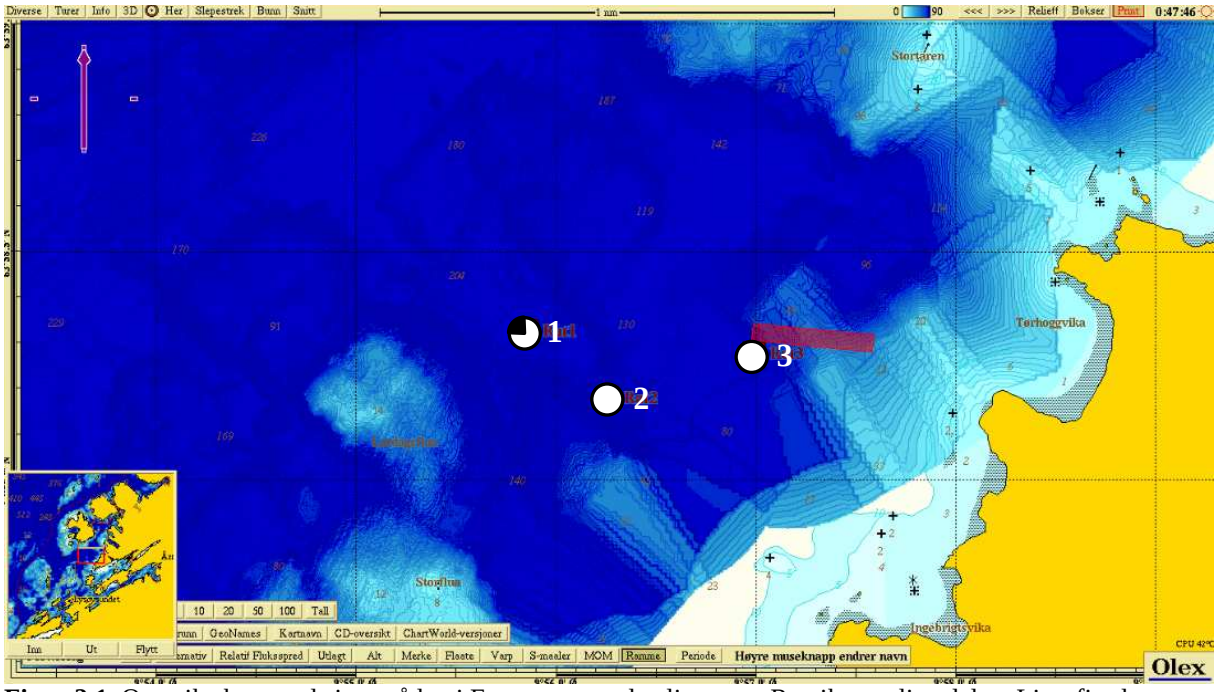
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger på sørsiden av Linesfjorden som er en åpen fjord, sør av Linesøya (Figur 2.1). Bunnen under anlegget skrår nedover fra ca. 40 m innerst til over 90 m i ytre del av anlegget. Bunnen skrår videre nedover til 185 m vest av anlegget, og lengre ut fortsetter det å skråne nedover til over 200 m.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort fra Havbrukstjenestens egen båt ”*Blåstål*” den 28. juni 2011 med Havbrukstjenestens eget toktpersonell Rune Haugen og Arild Kjerstad. Det ble tatt prøver fra én stasjon ved lokaliteten (Rat 1), én i overgangssonen (Rat 2), samt én fjernsone (Rat 3) i en litt dypere del av Linesfjorden.



Figur 2.1. Oversiktskart med sjøområdet i Fosen og mer detaljert over Ratvika, sørlige del av Linesfjorden. Vurdering av miljøforholdene er vist kom kakediagram, der ○ = svært bra, ◔ = bra, ◐ = middels, ◕ = dårlige miljøforhold og ● = dødt. Kartkilde: Olex.

Tabell 1.1 Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet ved Linesfjorden, Åfjord i juni 2011. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en van Veen-grabb med åpning 0,1m^2 til alle prøver (fullt kammer 17 l).

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Rat 1 28/6-2011	Linesfjorden 63 º 58.327 N 09 º 55.853 Ø	196	1 2 3	17 17 17	Kjemi, og geologi Biologi Biologi, pH og E_h Alle huggene var tilnærmet like med i hovedsak silt og leire
Rat 2 28/6-2011	Linesfjorden 63 º 58.179 N 09 º 56.261 Ø	174	1 2 3	17 17 14	Kjemi og geologi Biologi Biologi, pH og E_h Alle huggene bestod av i hovedsak silt og leire
Rat 3 28/6-2011	Linesfjorden 63 º 58.278 N 09 º 56.994 Ø	102	1 2 3	13 12 13	Kjemi og geologi Biologi Biologi, pH og E_h Alle huggene bestod av en blanding av silt og sand.

2.2.1 Hydrografi

Det ble ikke utført hydrografiske målinger ved denne MOM C-undersøkelsen. Det ble gitt spesiell dispensasjon fra Fylkesmannen i Sør-Trøndelag for dette for denne undersøkelsen.

2.2.2 Sediment

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

Partikkelfordelingen bestemmes ved at prøven først løses i vann og siktes gjennom en 0,063 mm sikt. Partikler større enn 0,063 mm ble tørrsiktet, og for partikler mindre enn 0,063 mm ble pipetteanalyse benyttet for gruppering i størrelsesgrupper (Buchanan 1984). Kornfordelingen av sedimentprøver presenteres i kurveform, der partikkelstørrelsen (mm) fremstilles langs x-aksen og den prosentvise vektandelen (kumulativt) langs y-aksen. Kumulativ vektprosent betyr at vekten av partikler med ulike kornstørrelser blir summert inntil alle partiklene i prøven er tatt med, det vil si 100 %.

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i

sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

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

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins AS (akkrediteringsnummer Test 003). Analysene av fosfor (P), sink (Zn) og kobber (Cu) ble utført etter NS-EN-ISO 11885. Analysene av totalt organisk karbon (TOC) ble utført etter AJ 31. Analysen av Nitrogen-Kjelldahl i sedimentet ble utført etter Tecatro AN 300. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764-1. Tilstandsklassen vil bli gitt for de av de målte parametrene som inngår i KLIF's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

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

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste 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 uforurensede områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m^2. Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sedimentvolumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m^2 van Veen grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

Grabbinnholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetting av 4 % formalin bufret med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart i SAM-Marins lokaler, ved Høyteknologisenteret i Bergen i fem år.

Artslisten omfatter det fullstendige materialet (Vedleggstabell). Kun dyr som lever nedgravd i sedimentet eller er sterkt tilknyttet bunnen er tatt med i 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 som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er

ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Klima og forurensingsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Direktoratsgruppa Vanndirektoratet 2009) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og forurensningsgrad.

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Både Shannon-Wiener indeks (H') og NQI1 er biologiske indekser som skal benyttes. Mens H' kun sier noe om diversiteten, gir NQI1 et inntrykk av mengde sårbare vs. robuste arter det finnes i sedimentet. Ved rapportering skal den verste av de to tilstandsklassene telle. Nær oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn individfordeling. I slike tilfeller er diversitetsindeksen i Molvær et al. (1997) lite egnet til å angi miljøtilstanden. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det derfor utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2. Klassifisering av de undersøkte parametrene som inngår i Molvær et al. 1997, Bakke et al. 2007 og Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

			Tilstandsklasse				
	Parameter	**Måleenhet**	**I Bakgrunn (svært/meget god)**	**II God**	**III Moderat (mindre god)**	**IV Dårlig**	**V Svært dårlig**
Dypvann Sediment	Oksygen	ml O_2/l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
	Shannon-Wiener indeks ('H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	NQI1		>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
	Organisk karbon	mg TOC/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
	Sink	mg Zn/kg	<150	150-360	360-590	590-4500	>4500
	Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

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

Miljøtilstand	Kriterier
Miljøtilstand 1 (meget god)	- Minst 20 arter av makrofauna (> 1 mm) utenom nematoder i et prøveareal på 0,2 m^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

Ratvika er en ny lokalitet og har ikke vært brukt som oppdrettslokalitet tidligere. Følgelig var det ingen tidligere fôrings- eller produksjonsdata.

3 RESULTATER OG DISKUSJON

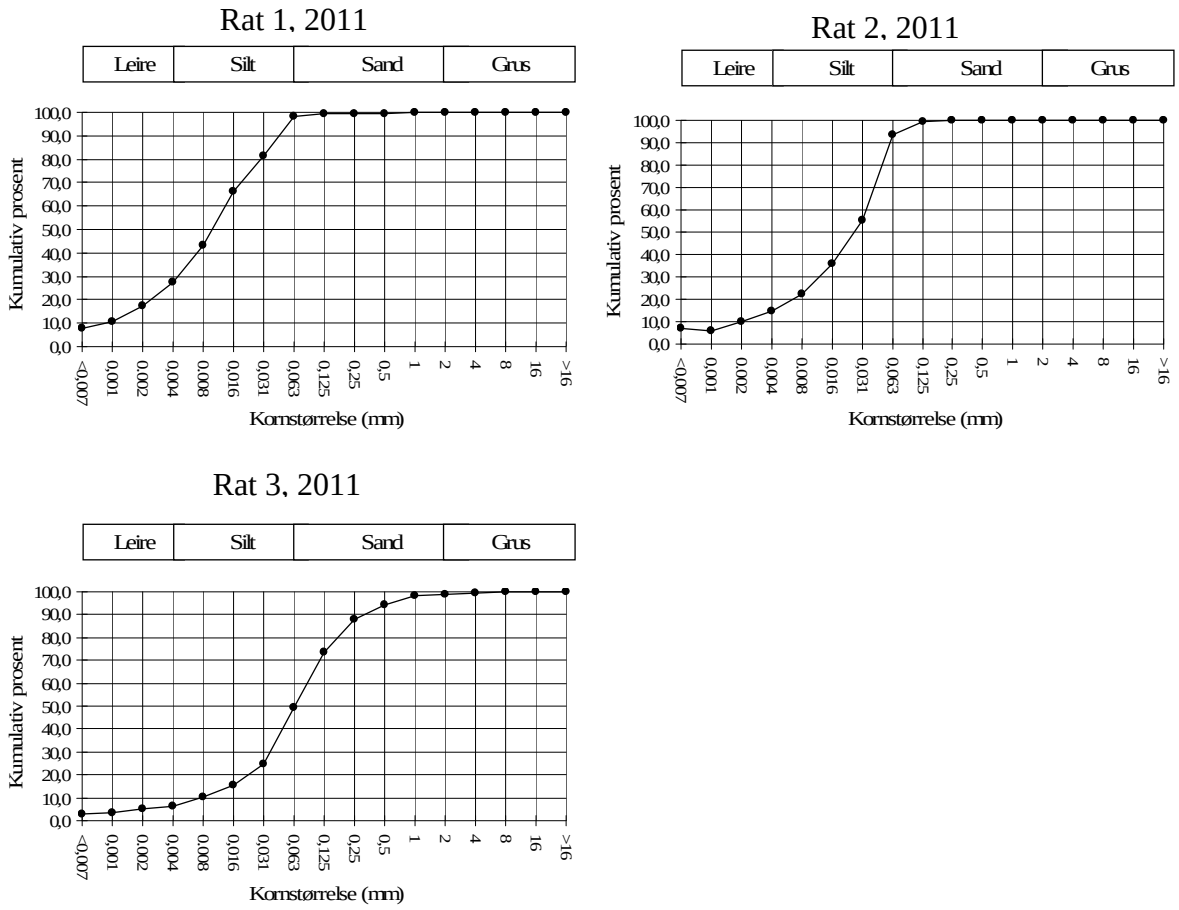
3.1 Sediment

Resultatene fra sedimentundersøkelsene fra 2011 er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

Tabell 3.1. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Ratvika i 2011.

Stasjon	År	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Rat 1	2011	196	13,05	28	71	98	1	0
Rat 2	2011	174	10,39	15	79	94	6	0
Rat 3	2011	102	5,18	6	43	49	50	1

På de to dypeste stasjonene var sedimentet finkornet, og bestod av godt over 90 % leire og silt, med en større overvekt av silt. På Rat 3 den grunneste stasjonen, var det omtrent likt 50-50 med sand og leire og silt. Glødetapet var relativt lavt på Rat 1 og Rat 2, og lavt på Rat 3. Se Tabell 3.1 og Figur 3.1. for detaljer. Verdiene indikerer ikke merkbar tilførsel av organisk materiale utover naturlige nivåer.



Figur 3.1. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra stasjonene Rat 1, Rat 2 og Rat 3.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Analysen av tungmetallene kobber og sink viser lave verdier, og gir beste tilstandsklasse for alle tre stasjonene (Tabell 3.2). Mengden organisk karbon (TOC) tyder på moderat med organisk materiale på den dypeste stasjonen Rat 1, som fikk tilstandsklasse III. Rat 2 og Rat 3 fikk tilstand god, klasse II. Den målte verdien av TOC normaliseres ved å sammenligne med andel leire og silt. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993), og resultatene bør derfor vurderes opp mot andre indikatorer slik som glødetap for å vurdere hvorvidt de gir et sannsynlig resultat. Andelen fosfor var meget lav på alle tre stasjonene.

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

Stasjon	Dyp (m)	Kobber (mg/kg)	TK.	Sink (mg/kg)	TK.	TOC (g/kg)	Normalisert TOC (mg/g)	TK.	Fosfor (g/kg)	Tørrstoff (%)
Rat 1	196	18	I	86	I	31	31,4	III	0,69	44
Rat 2	174	13	I	60	I	21	22,1	II	0,73	52
Rat 3	102	8,2	I	40	I	14	23,2	II	0,59	66

Måling av pH og redokspotensiale (E_h)

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

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.3 - 3.4, Figur 3.2 - 3.3, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i juni 2011. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

På stasjon Rat 3, på 102 m, ble det funnet 124 individer fordelt på 32 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 3,81 og en jevnhet på 0,76. Arten med flest individer var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (42 stk., 33,9 %), på andreplass skjellet *Thyasira equalis* (16 stk., 12,9 %) og på tredjeplass børstemarkfamilien Lumbrineridae (7 stk., 5,6 %). Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse II (god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse "svært god", mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er "lett forstyrret". Forholdene er gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer normal, uforstyrret sjøbunn. Den noe lavere diversitetsindeksverdien kan hovedsakelig føres tilbake til et noe lavt totalt antall dyr.

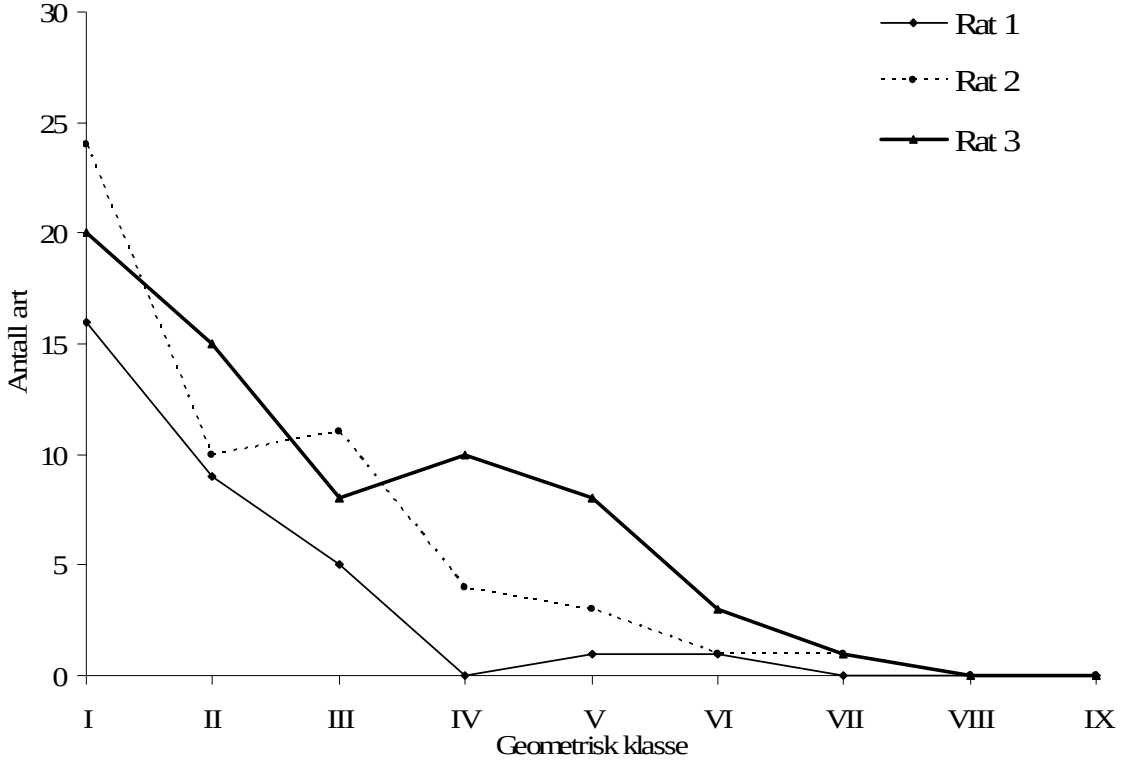
På stasjon Rat 2, på 174 m, ble det funnet 350 individer fordelt på 54 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 4,43 og en jevnhet på 0,77. Arten med flest individer var skjellet *Thyasira equalis* (70 stk., 20,0 %), på andreplass børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (59 stk., 16,9 %) og på tredjeplass børstemarken *Polydora* sp. (24

stk., 6,9 %). Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse ”svært god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”. Forholdene er svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer normal, uforstyrret sjøbunn.

På stasjon Rat 1, på 191 m, ble det funnet 568 individer fordelt på 65 arter. Dette gir en Shannon-Wiener diversitetsindeksverdi på 4,89 og en jevnhet på 0,81. Arten med flest individer var børstemarken *Paramphinome jeffreysii* (87 stk., 15,3 %), på andreplass skjellet *Thyasira equalis* (50 stk., 8,8 %) og på tredjeplass skjellet *Mendicula ferruginosa* (40 stk., 7,0 %). Dette gir stasjonen KLIF-tilstandsklasse I (meget god), mens MOM-standarden gir miljøtilstand 1 (meget god). Indeksene som beskriver artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) gir begge tilstandsklasse ”svært god”, mens AMBI-verdiene (ømfintlighet) tyder på at faunen er ”lett forstyrret”. Som ved stasjon Rat 2 er forholdene svært gode ved denne stasjonen, og resultatene indikerer normal, uforstyrret sjøbunn.

Tabell 3.3. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), beregnet maksimal diversitet (H'_{max}), ømfintlighet (AMBI) og de sammensatte indeksene for artsmangfold og ømfintlighet (NQI1 og NQI2) hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Blå: svært god, Grønn: god, Gul: moderat/mindre god, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	År	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	AMBI	NQI1	NQI2	MOM TK	KLIF TK
Rat 3	2011	1	23	18	4,02	0,96	4,17					
		2	101	25	3,40	0,73	4,64					
		Sum	**124**	**32**	**3,81**	**0,76**	**5,00**	**2,32**	**0,73**	**0,65**	**1**	**II**
Rat 2	2011	1	159	37	4,03	0,77	5,21					
		2	191	42	4,47	0,83	5,39					
		Sum	**350**	**54**	**4,43**	**0,77**	**5,75**	**2,57**	**0,73**	**0,69**	**1**	**I**
Rat 1	2011	1	292	52	4,93	0,87	5,70					
		2	276	50	4,60	0,82	5,64					
		Sum	**568**	**65**	**4,89**	**0,81**	**6,02**	**2,37**	**0,75**	**0,74**	**1**	**I**



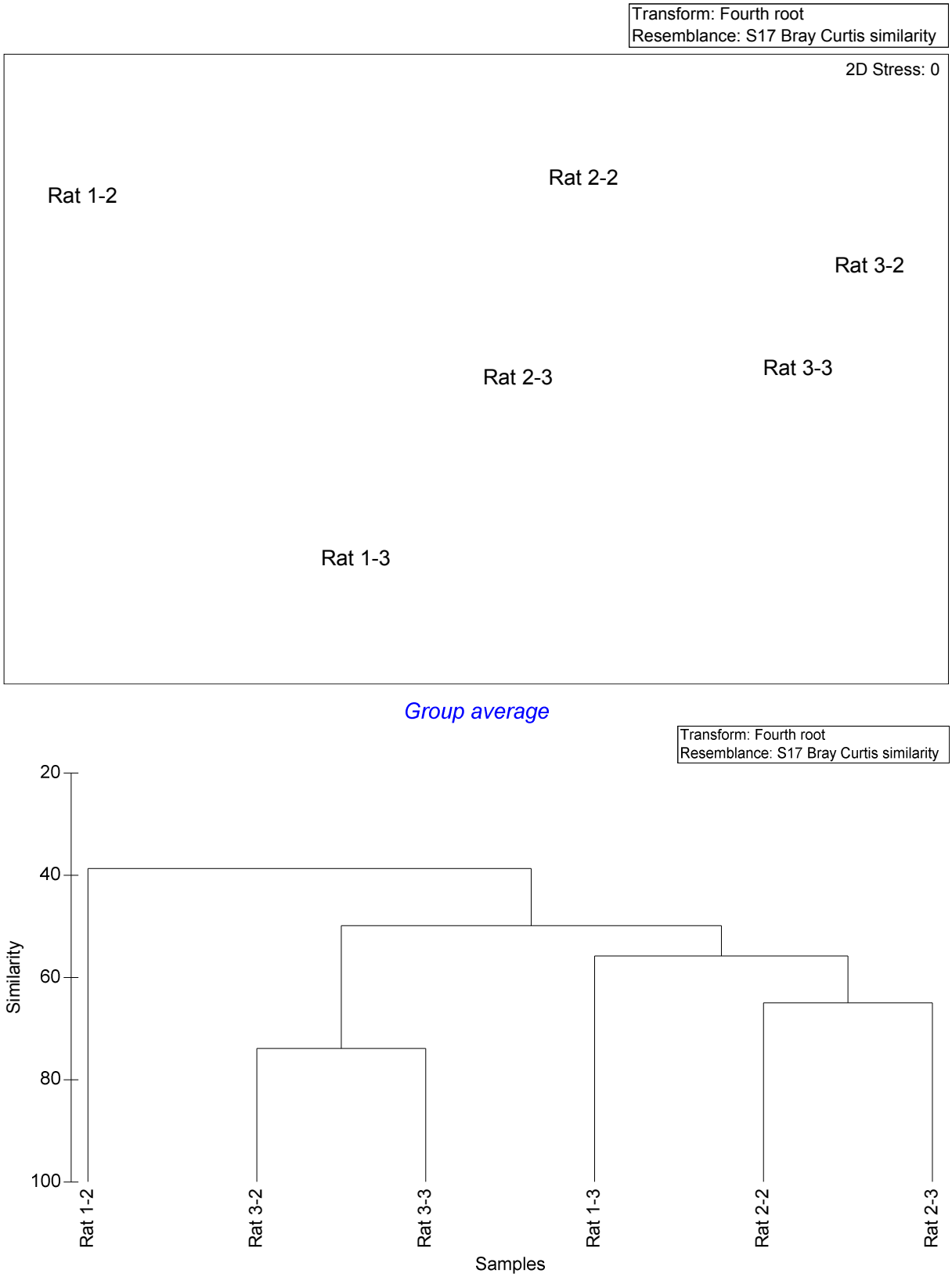
Figur 3.4. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.2. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Rat 1	Antall	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	42	33,9	33,9
Thyasira equalis	16	12,9	46,8
Lumbrineridae indet.	7	5,6	52,4
Rhodine loveni	7	5,6	58,1
Aphelochaeta sp.	6	4,8	62,9
Polydora sp.	4	3,2	66,1
Caudofoveata indet.	4	3,2	69,4
Prionospio steenstrupii	3	2,4	71,8
Scalibregma inflatum	3	2,4	74,2
Kelliella abyssicola	3	2,4	76,6
Synaptidae indet.	3	2,4	79,0

Rat 2	Antall	%	Kum. %
Thyasira equalis	70	20,0	20,0
Paramphinome jeffreysii	59	16,9	36,9
Polydora sp.	24	6,9	43,7
Aphelochaeta sp.	20	5,7	49,4
Notomastus latericeus	17	4,9	54,3
Prionospio steenstrupii	14	4,0	58,3
Lumbrineridae indet.	13	3,7	62,0
Eclysippe vanelli	11	3,1	65,1
Caudofoveata indet.	10	2,9	68,0
Thyasira obsoleta	7	2,0	70,0
Thyasira sarsii	7	2,0	72,0

Rat 3	Antall	%	Kum. %
Paramphinome jeffreysii	87	15,3	15,3
Thyasira equalis	50	8,8	24,1
Mendicula ferruginosa	40	7,0	31,2
Notomastus latericeus	33	5,8	37,0
Aphelochaeta sp.	30	5,3	42,3
Galathowenia fragilis	25	4,4	46,7
Lumbrineridae indet.	24	4,2	50,9
Galathowenia oculata	21	3,7	54,6
Polydora sp.	19	3,3	57,9
Thyasira obsoleta	19	3,3	61,3



Figur 3.3. MDS- og cluster plot på huggnivå for stasjonene undersøkt i 2011. Beregningene er foretatt på standardiserte og fjerderots-transformerte artsdata. Basert på Bray-Curtis indeks.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved den nye oppdrettslokaliteten Ratvika i Linesfjorden. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 28. juni 2011. Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, én ved tiltenkt anlegg, én i overgangssonen og én i dypet av fjorden.

Sedimentet bestod hovedsakelig av leire og silt på de dypere stasjonene Rat 1 og Rat 2, mens Rat 3 hadde omtrent lik andel samlet silt og leire-fraksjon og sand.

Det ble påvist middels høye (tilstandsklasse III) normaliserte TOC-verdier ved fjernstasjonen, Rat 1. Glødetapet var lavt til middels. Dette viser noe organisk tilførsel av sediment ved denne stasjonen; sannsynligvis har dette naturlige årsaker. På de andre stasjonene var TOC (klasse II) og glødetapet lavere.

Det var lave fosfor-verdier ved alle stasjoner. Alle tre stasjonene hadde lave verdier for tungmetallene kobber og sink, og fikk beste tilstandsklasse 1. For MOM B-parametrene påviste verdiene av pH og redoks-potensiale beste tilstand ved alle tre stasjonene, samt normale sensoriske data, og viser ingen tegn til organisk forurensning.

Diversiteten av bunnfauna var høy og ga beste tilstand ved stasjonene Rat 1 og Rat 2. Nærstasjonen Rat 3 hadde noe lavere verdi på Shannon-Wiener diversitetsindeksen (klasse II), men de sammensatte indeksene (som også via AMBI-indeksen tar med sårbarhet, dvs. hvilke arter som er tilstede) ga beste tilstand også her. Forskjellene skyldes naturlig variasjon, og de noe dårligere verdiene ved Rat 3 kan tilbakeføres til et noe lavere antall dyr ved denne stasjonen.

Det er ikke påvist negativ påvirkning fra fiskeoppdrett eller annen aktivitet ved noen av stasjonene ved denne MOM C-undersøkelsen.

5 LITTERATUR

Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og Samlerapport 1990-91. Niva Overvåkingsrapport 510/93. SFT TA 914/1993.

Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.

Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.

Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.

Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.

Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund.*

Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. *Norges Standardiseringsforbund.*

6 VEDLEGG

Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata ***21***

Vedleggstabell 1. MOM-B parametrer. ***29***

Vedleggstabell 2. Artsliste ***30***

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser ***34***

Vedleggstabell 4. Analysebevis ***35***

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 relativ 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^2), men det er heller ikke uvanlig å finne 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall.

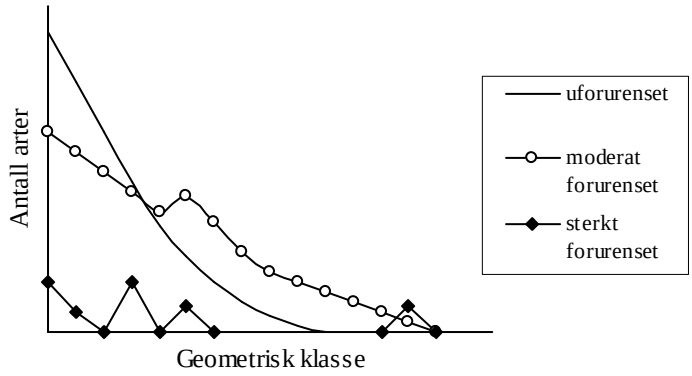
Geometriske klasser

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 områder 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 antydet 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 indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

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

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

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

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

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

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

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

Hurlbert diversitetsindeks ES(100) er beskrevet som:

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

hvor ES100 = forventet antall arter blant 100 tilfeldig valgte individer i en prøve med *N* individer, *s* arter, og *Ni* individer av *i*-ende art.

Diversitetsindeksen SN er beskrevet som:

SN = lnS/ln(lnN))
hvor S er antallet arter, og N er antallet individer i prøven

Ømfintlighet

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

Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

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

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

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

Multivariate analyser

I de ovenfor nevnte metodene legges det ingen vekt på hvilke arter som finnes i prøvene. For å få et inntrykk av likheten mellom prøver der det blir tatt hensyn både til hvilke arter som finnes i prøvene og individantallet, benyttes multivariate metoder. Prøver med mange felles arter vil etter disse metodene bli karakterisert som relativt like. Motsatt blir prøver med få felles arter karakterisert som forskjellige. Målet med de multivariate metodene er å omgjøre

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

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

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

Hvor: S_{jk} = likheten mellom to prøver, j og k
y_{ij} = antallet i i'te rekke og j'te kolonne i datamatrisen
y_{ik} = antallet i i'te rekke og k'te kolonne i datamatrisen 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:

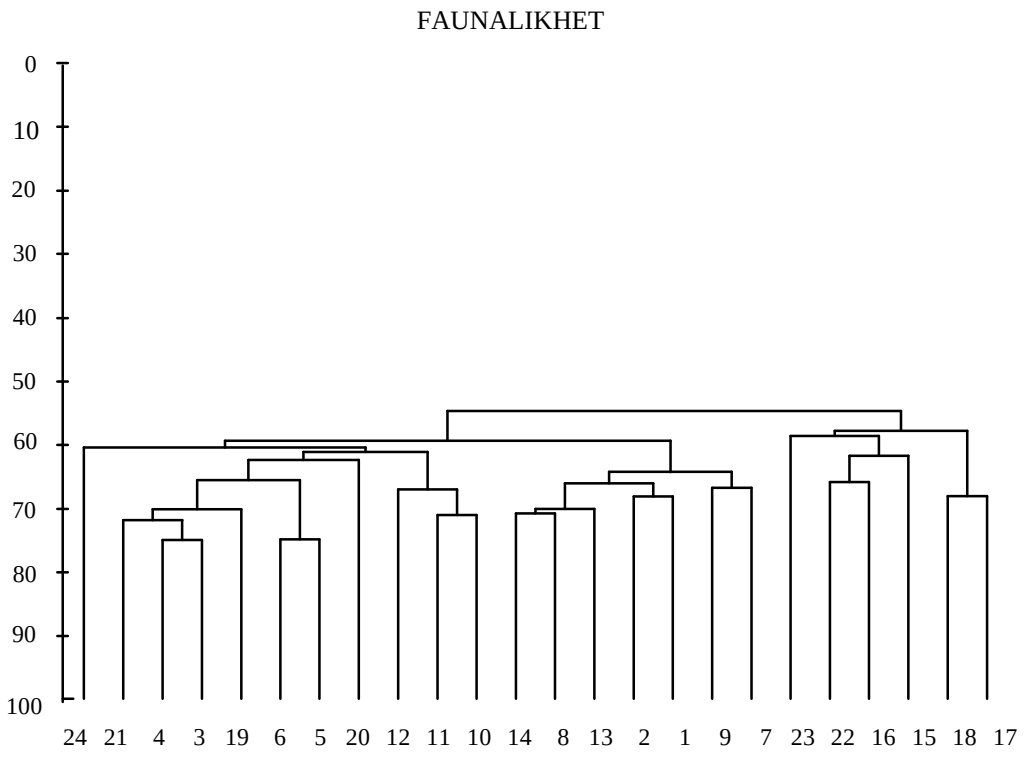
$$d_{jk} = 100\left\{\frac{\sum_{i=1}^{p}\left|y_{ij} - y_{ik}\right|}{\sum_{i=1}^{p}\left(y_{ij} + y_{ik}\right)}\right\}$$ og avstand (d).

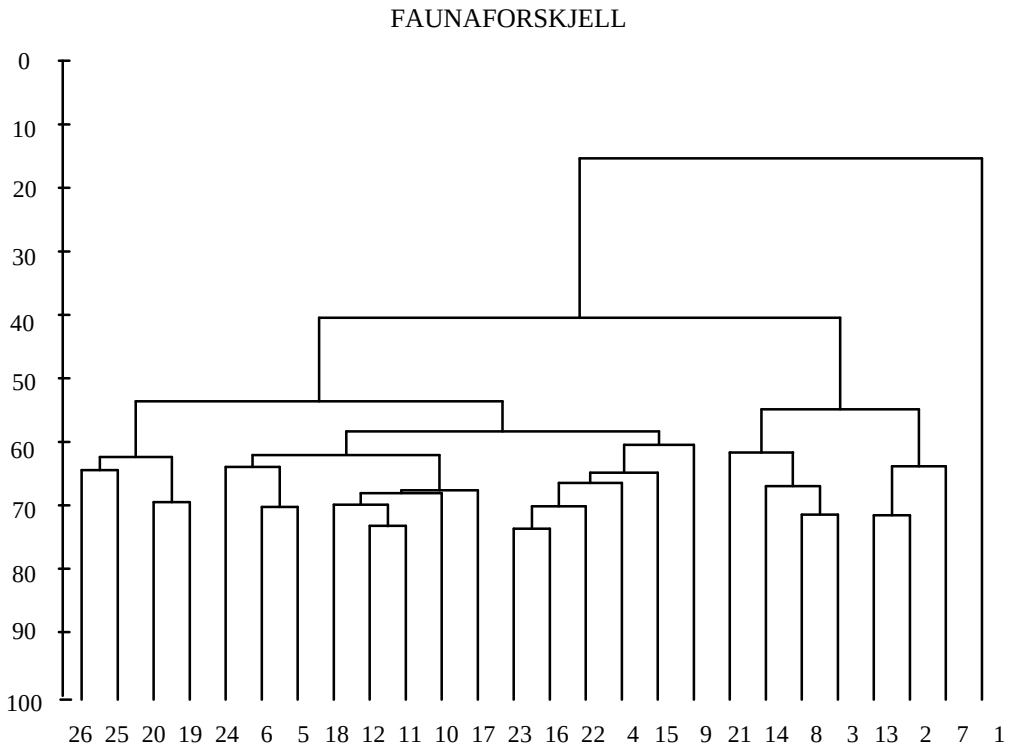
Dersom plottet presenterer data godt blir stressfaktoren lav, mens høy stressfaktor tyder på at data er dårlig eller tilfeldig presentert. Følgene skala angir kvaliteten til plottet basert på stressfaktoren: < 0,05 = svært god presentasjon, < 0,1 = god presentasjon, < 0,2 = brukbar presentasjon, > 0,3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

Dataprogrammer

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

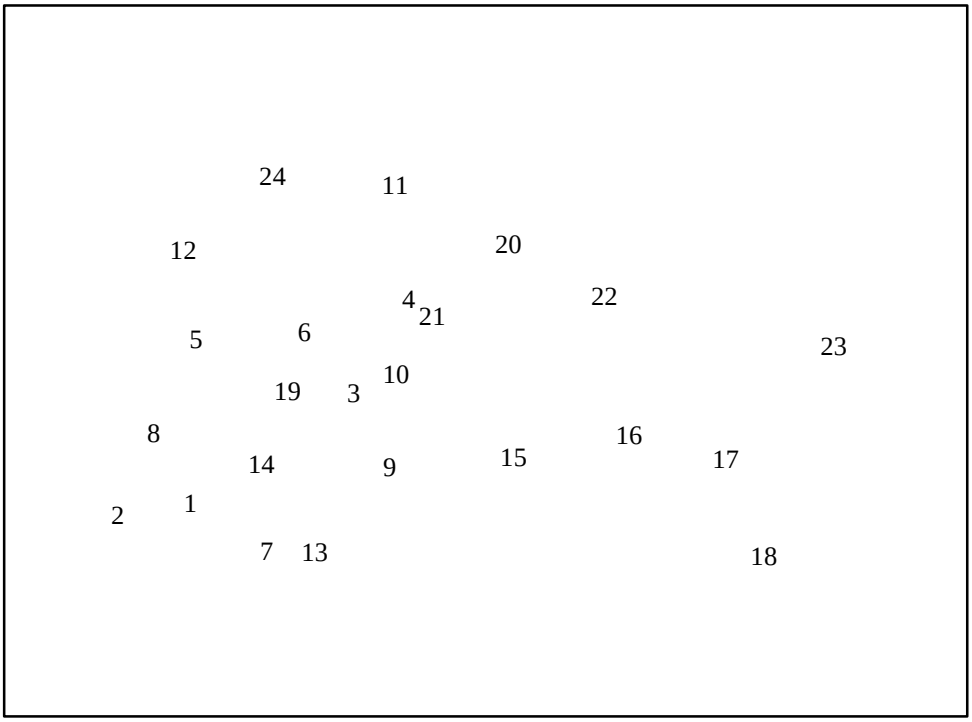
De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet. Azti Marine Biotic Index beregnes ved hjelp av dataprogrammet AMBI.



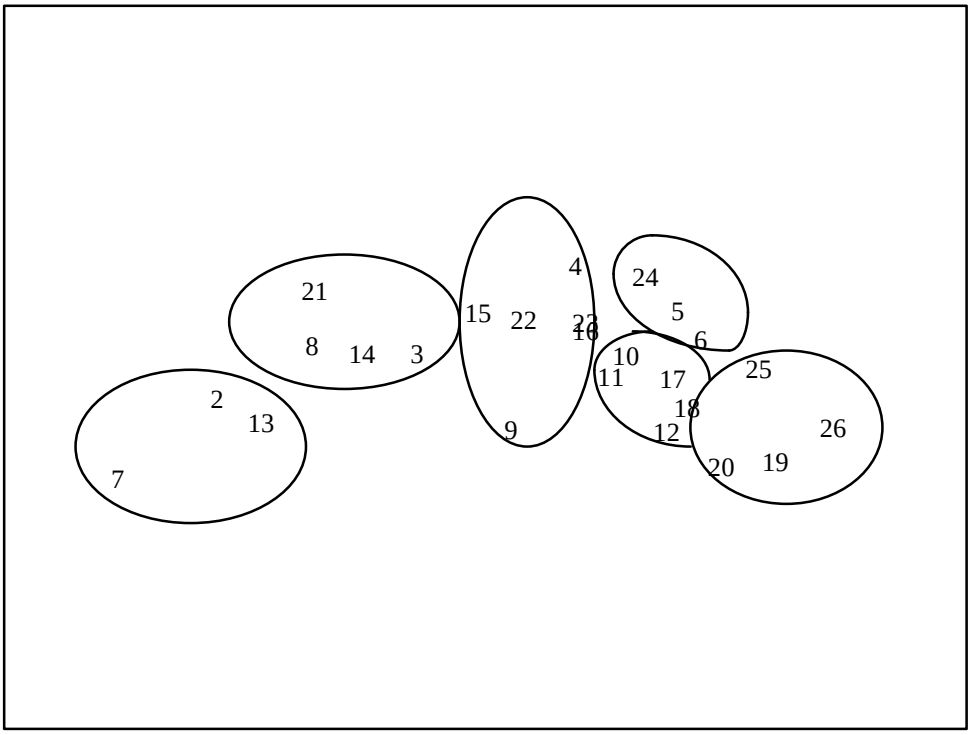


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *KLIF publikasjon ta 2229:2007.*

Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002.*

Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin 40 (12), 1100–1114*

Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.

Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.

Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.

Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.

Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in bentic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.

Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.

Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-*
veiledning nr. 93:02 20 pp.

Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication.* - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.

Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

HAVBRUKSTJENESTEN AS

Firma: Refsnes Laks

Lokalitet: Ratvika

Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer							Indeks
			Rat 1	Rat 2	Rat 3					
I	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0					0,00
		Tilstand (Gruppe I)	1							
II	pH	Målt verdi	7,32	7,33	7,51					
	Eh (mV)	Målt verdi	-104	-133	-89					
		plus ref. potensial	127	98	142					
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	1	0					0,33
		Tilstand (prøve)	1	1	1					
		Tilstand (Gruppe II)	1							
III	Gassbobler	Ja (4) / Nei (0)	0	0	0					
	Farge	Lys/grå (0)	0	0	0					
		Brun/sort (2)								
	Lukt	Ingen (0)	0	0	0					
		Noe (2)								
		Sterk (4)								
	Konsistens	Fast (0)			0					
		Myk (2)	2	2						
		Løs (4)								
	Grabbvolum (v)	v < ¼ (0)								
		¼ ≤ v < ¾ (1)			1					
		v ≥ ¾ (2)	2	2						
	Tykkelse på slamlag	t < 2 cm (0)	0	0	0					
		2cm ≤ < 8cm (1)								
		t ≥ 8 cm (2)								
		Sum	4	4	1					
		Korr. Sum (0.22)	0,88	0,88	0,22					0,66
		Tilstand (prøve)	1	1	1					
		Tilstand (Gruppe III)	1							
		Middelverdi (Gruppe II & III)	0,44	0,94	0,11					0,50
		Tilstand (prøve)	1	1	1					
		Tilstand (Gruppe II &III)	1							

Ph/Eh/Korr.sum Indeks Middelverdi	Tilstand
<1,1	1
1,1 - <2,1	2
2,1 - <3,1	3
≥ 3,1	4

Tilstand	
Gruppe 1	uppe II og
A	1,2,3,4
4	1,2,3
4	4

Tilstand	**1**

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.4 **BENTHOS ARTSLISTE** SAM-Marin

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

Test 157

Oppdragsgiver (navn og adresse): Refsnes Laks AS
Prosjekt nr.: 805728
Prøvetakingssted (område): Åfjord kommune, Sør-Trøndelag
Dato for prøvetaking: 28.06.2011
Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbrukstjenesten AS
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -
Artene er identifisert av: Per Johannessen og Tom Alvestad

Metode: Undersøkelsen følger NS-EN ISO 16665 og interne standard forskrifter. Materialet er sortert og artsbestemt i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering under akkrediteringsnummer Test 157.

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 godkjennelse fra SAM.

Signatur: Per Johannessen
Godkjent taksonom

	28.06.2011 Lokalitetsnavn	Ratvika					
	Stasjonsnavn	Rat 1		Rat 2		Rat 3	
	Dybde	196 m		174m		102 m	
	Hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg
	PORIFERA						
*	Porifera indet.						+
	CNIDARIA						
	Anthozoa						
	Cerianthus lloydii						1
	PLATYHELMINTES						
*	Platyhelmintes indet.						1
	NEMERTINI						
*	Nemertini indet.		1	2	1		2
	NEMATODA						
*	Nematoda indet.					2	3
	ANNELIDA						
	Polychaeta						
	Laetmonice filicornis juv						0/1
	Pholoe baltica		1			7	2
	Pholoe pallida					4	5
	Paranaitis uschakovi					1	
	Glycera rouxii			1	0/1		
	Goniada maculata					1	
	Ophiodromus flexuosus				1		
	Ceratocephale loveni	1		1		0/1	1
	Nephtys hystricis					1	
	Paramphinome jeffreysii	1	41	30	29	40	47
	Paradiopatra quadricuspis	1					
	Lumbrineridae indet	1	6	6	7	10	14
	Drilonereis filum				1		
	Phylo kupfferi					0/3	
	Levinsenia gracilis			3	3	4	7
	Polydora sp.		4	5	19	13	6
	Prionospio cirrifera					2	
	Prionospio fallax			1			
	Prionospio steenstrupii		1/2	4/1	8/1	3	2/1
	Spiophanes wigleyi						1
	Aphelochaeta sp	2	4	9	11	16	14
	Chaetozone sp			1		6	11
	Diplocirrus glaucus			1	2	3	1
	Ophelina acuminata		0/1				
	Ophelina norvegica			1			
	Scalibregma inflatum	0/1	2	1/1	1		
	Dasybranchus caducus		1				
	Heteromastus filiformis	1		1	5	4	5
	Notomastus latericeus			8	9	14/1	16/2
	Asychis biceps					4	
	Rhodine loveni	3	4	4	1	1	2
	Maldanidae indet		1	1	5	4	1
	Galathowenia fragilis					10	15
	Galathowenia oculata			1	2	11	10
	Owenia borealis					0/1	0/1
	Sabellides octocirrata						0/1
	Anobothrus gracilis					0/1	

28.06.2011 Lokalitetsnavn	Ratvika					
Stasjonsnavn	Rat 1		Rat 2		Rat 3	
Dybde	196 m		174m		102 m	
Hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg
Amythasides macroglossus			1		4	2
Eclysippe vanelli		1	6	5	4/1	2/1
Melinna albicincta					1	
Paramphitrite tetrabranchia		1		3	1	
Pista cristata		1	2/1	2		
Streblosoma bairdi		1		2		
Streblosoma intestinale					1	1
Polycirrus plumosus		2		1		
Amaeana trilobata					0/1	
Trichobranchus roseus		2	1			
Terebellides stroemi			1/1	1/2		1
Euchone sp.			1			
Jasmineira sp.				1	1	1
Sabellidae indet.				1	3	5
SIPUNCULA						
Sipuncula indet.				3		
Phascolion strombus				0/1		
ARTHROPODA						
CRUSTACEA						
Copepoda						
* Calanus finmarchicus					2	
Decapoda						
* Decapoda juv indet						0/1
Amphipoda						
* Amphipoda indet					1	1
Eriopisa elongata				1		
Cumacea						
* Hemilamprops roseus					1	1
* Eudorella truncatula			1			
MOLLUSCA						
APLACOPHORA						
Caudofoveata indet	1	3	4	6	7	4
GASTROPODA						
Taranis moerchi					1	
Odostomia acuta						1
Cylichnina umbilicata						1
BIVALVIA						
Nucula nucleus						0/1
Nucula tumidula	1			1	1/1	
Yoldiella lucida	1	1		0/1		0/1
Yoldiella nana				1/1		
Yoldiella philippiana		1		1	3	2
Limatula gwyni				0/1		
Delectopecten vitreus			1			
Thyasira equalis	1/2	12/1	26/15	24/5	22/1	21/6
Thyasira obsoleta	1		2/1	3/1	5	9/5
Thyasira sarsii		0/2	1/3	0/3		
Axinulus croulinensis					8	
Mendicula ferruginosa	1		1	0/1	19/3	17/1
Kurtiella bidentata						1

28.06.2011 Lokalitetsnavn	Ratvika					
Stasjonsnavn	Rat 1		Rat 2		Rat 3	
Dybde	196 m		174m		102 m	
Hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg	2. hugg	3. hugg
Parvicardium minimum					2	
Abra nitida	1	1	2/1	1	4/5	6/1
Kelliella abyssicola	1	1/1		4/2		
Tropidomya abbreviata				3	1	
SCAPHOPODA						
Entalina tetragona			1	2/2	1	1
Pulsellum lofotense					3	1
ECHINODERMATA						
Amphipholis squamata	0/1			1		1
Amphiura chiajei			0/1		4/3	5/2
Amphiura filiformis			1		1/2	
Ophiura affinis			0/1			
Ophiura carnea					2/2	0/1
Synaptidae indet.	1	2		1		2
ENTEROPNEUSTA						
Enteropneusta indet.			2	1	6	2
ASCIDIACEA						
Polycarpa fibrosa					0/1	1

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Klasse	Rat 1	Rat 2	Rat 3
I	16	24	20
II	9	10	15
III	5	11	8
IV	0	4	10
V	1	3	8
VI	1	1	3
VII	0	1	1
VIII	0	0	0
IX	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis

eurofins

Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Bergen
F. reg. 965 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 55 54 92 92

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

AR-11-MX-000242-01
EUNOBE-00000253

Prøvemottak: 22.08.2011
Temperatur:
Analyseperiode: 22.08.2011-20.09.2011
Referanse: 611101, 805728 ref nr 26/2011

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	**441-2011-0823-039**	Prøvetakingsdato:	22.08.2011
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerking:	1	Analysestartdato:	22.08.2011

Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	44	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	18	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	86	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	690	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	31.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	**441-2011-0823-040**	Prøvetakingsdato:	22.08.2011
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerking:	2	Analysestartdato:	22.08.2011

Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	52	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	13	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	60	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	730	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	21.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Prøvenr.:	**441-2011-0823-041**	Prøvetakingsdato:	22.08.2011
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver
Prøvemerking:	3	Analysestartdato:	22.08.2011

Analyse	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
a) Total tørrstoff	66	%	15%	NS 4764	0.02
a) Kobber (Cu)	8.2	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Sink (Zn)	40	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
a) Fosfor (P)	590	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
* Totalt organisk karbon (TOC)	14.0	g/kg TS		In acc. with NEN-EN 13137	1

Tegnforklaring:
* (Ikke omfattet av akkrediteringen)
< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.
Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjennelse. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 2

AR-11-MX-000242-01

EUNOBE-00000253

eurofins

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

a) NS/EN ISO/IEC 17025:2005 NA TEST 003 - Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss

Kopi til:

Kristin Hatlen (kristin.hatlen@uni.no)

Bergen 20.09.2011

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 2 av 2