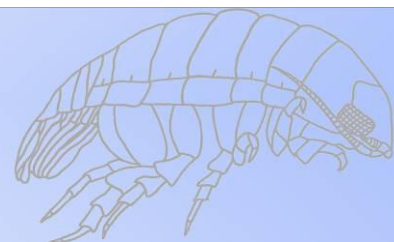


SAM e-Rapport

Uni Research
Uni Miljø, SAM-Marin





e-Rapport nr: 13-2013

*MOM C-undersøkelse ved lokalitet Edøya i Hitra kommune,
Mai 2012*

Rune Haugen
Ragni Torvanger
Stian Ervik Kvalø



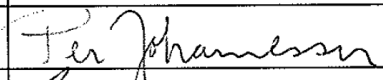
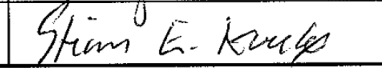
	SAM-Marin	
SAM-Marin Thormøhlensgt. 55, 5008 Bergen, Norway Tlf: 55 58 43 41 Fax 55 58 45 25	Internet: www.uni.no E-post: Sam-marin@uni.no Foretaksreg. nr. 985 827 117 MVA	

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokalitet Edøya i Hitra kommune, Mai 2012	Dato: 22.04.13 Antall sider og bilag: 38
Forfatter(e): Rune Haugen, Ragni Torvanger, Stian Ervik Kvalø	Prosjektleder: Stian Ervik Kvalø Prosjektnummer: 806576

Oppdragsgiver: Lerøy Midnor AS	Tilgjengelighet: Åpen
--------------------------------	-----------------------

Abstract: A recipient survey was conducted at the aquaculture facility at Edøya, Hitra municipality to see whether the aquaculture facility has any influence on the recipient. In general the conditions were good with regards to the parameters studied; fauna, phosphorous, copper, organic matter in sediment for all stations included in this survey and it can be concluded that the aquaculture facility has no negative effects on its recipient.

Keywords: Benthos, Chemistry, sediment, recipient	Emneord: Fauna, kjemi, sediment, resipient	ISSN NR.: 1890-5153 SAM e-Rapport nr. 13-2013
---	---	--

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	Per Johannessen	
Prosjektet / undersøkelsen:	Stian Ervik Kvalø	

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

Følgende er utført akkreditert:

Prøvetaking til Bunnfauna og kjemi analyser, samlet av: Rune Haugen og Christian Bø

Litoralundersøkelse utført av: -

Sortering av sediment utført av: Nargis Islam, Ragna Tveiten, Ragni Torvanger, Lise Rikstad

Identifikasjon av marin fauna utført av: Tom Alvestad og Per Johannessen

Rapportering utført av: Rune Haugen, Ragni Torvanger og Stian Ervik Kvalø

Glødetapsanalyser utført av: Helge Grønning og Lillian Elvik

Kornfordelingsanalyser utført av: Helge Grønning og Lillian Elvik

Ikke akkreditert:

-

LEVERANDØRER

Toktfartøy: Blåstål

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

Akkreditert: kobber, sink, fosfor, TOC

Ikke akkreditert: -

Andre:

INNHOOLD

1 INNLEDNING	5
2 MATERIALE OG METODER	6
2.1 Undersøkelsesområdet	6
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	6
2.2.1 Hydrografi	8
2.2.2 Sediment	8
2.2.3 Kjemiske analyser	8
2.2.4 Bunndyr	9
3 RESULTATER OG DISKUSJON	12
3.1 Hydrografi	12
3.2 Sediment	13
3.3 Kjemi	14
3.4 Bunndyr	15
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	19
5 TAKK	19
6 LITTERATUR	20
7 VEDLEGG	21
<i>Generell vedleggsdel</i>	22
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	30
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	31
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	36
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i>	37

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Edøya i Frøyfjorden, Hitra kommune. Innsamlingene av sedimentprøver ble gjennomført den 8. mai 2012 og CTD den 14. mars 2013.

Edøya består av flere anlegg og det har vært oppdrett i området i over 10 år. Nærstasjonen benyttet i denne undersøkelsen ligger ved en ny del som har vært i bruk kort tid før MOM C undersøkelsen ble gjennomført. MOM C undersøkelsen viser lite påvirkning av miljøet etter parameterne for standarden.

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

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

Undersøkelsen er utført av Havbrukstjenesten AS og Seksjon for Anvendt Miljøforskning – Marin (SAM-Marin) på oppdrag fra Lerøy Midnor. SAM-Marin er en seksjon ved Uni Reserach AS. SAM-Marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970 og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra blant annet kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-Marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157. Havbrukstjenesten AS er en privat eid bedrift som har utført fiskehelsetjenester for oppdrettsnæringen i 21 år og utført miljøundersøkelser i 11 år. En del av erfaringen består i utførelsen av MOM B-undersøkelser i en årrekke. Havbrukstjenesten har et samarbeid med SAM-Marin for utførelse av akkrediterte MOM C-undersøkelser.

2 MATERIALE OG METODER

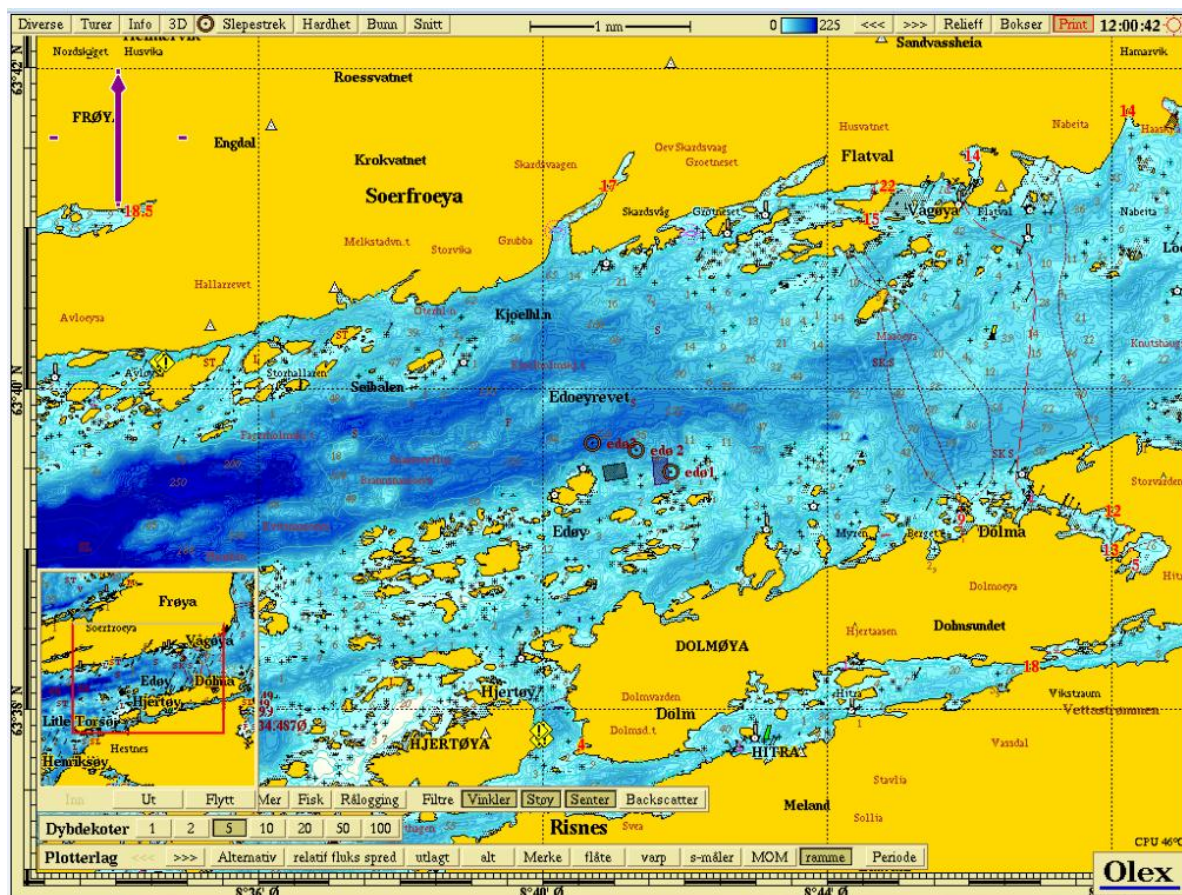
2.1 Undersøkelsesområdet

Lokaliteten ligger i Frøyfjorden, vest av Dolmøya i Hitra kommune, på ca 60 meters dyp. (Figur 2.1 og 2.2). Anlegget (anleggene) ligger mellom holmer og skjær, mens det i nord skråner bunnen ut i den åpne Frøyfjorden til rundt 150 m.

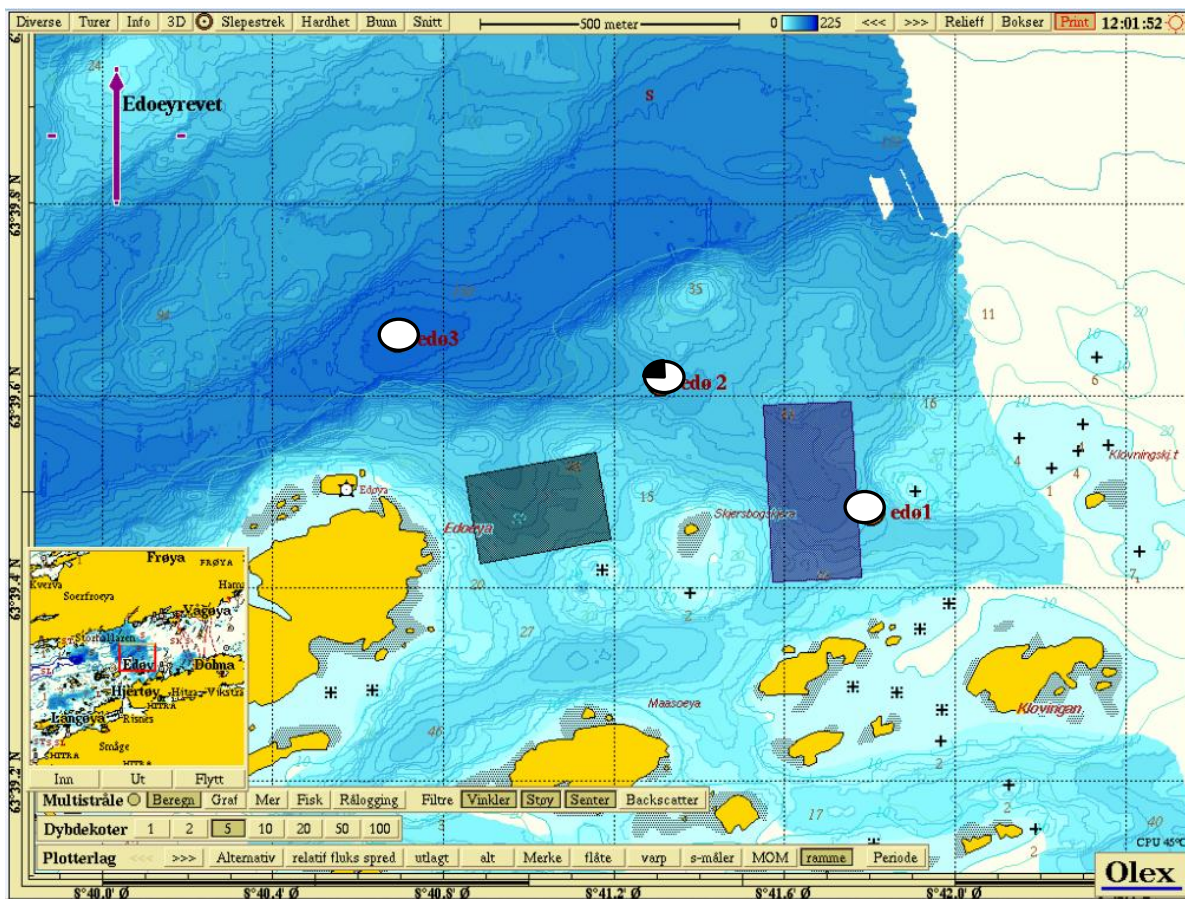
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort 8. mai 2012 (sediment) og 14. mars (CTD) 2013. Det ble tatt prøver fra en stasjon (nærsone, heretter også kalt Edø 1 ved anlegget, en i overgangssonen (heretter også kalt Edø 2) og en stasjon i dypet av Frøyfjorden (heretter også kalt Edø 3). Undersøkelsen ble gjennomført av Rune Haugen og Christian Bøe fra Havbruksstjenesten AS. Se kartutsnitt for plassering av anlegg og prøvestasjoner (Fig. 2.1. og Fig. 2.2)

Det ble også tatt vannprøver for hydrografi fra stasjonen i den dypeste delen av fjorden (Edø 3). Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Måling av oksygen, temperatur og saltholdighet i vannsøylen ble utført vha. en CTD-sonde SD204 med oksygensensor. For å hente ut data ble programvaren Minisoft SD200w benyttet.



Figur 2.1: Oversiktskart over Frøyfjorden. Firkant viser kartutsnittet for undersøkelsesområdet ved Edøya.



Figur 2.2: Skisse av anleggets plassering med punkt for prøvestasjoner tegnet inn. Eksakt plassering av stasjonen er gitt i Tabell 2.1. Kart kilde: Olex.

Tabell 2.1: Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet i Frøyfjorden og ved Edøya. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en van Veen- grabb med areal på 0,1 m² full grabb tar 16,5 liter, som brukes til biologi-, kjemi- og geologiprøver.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Edø 1 08.05.12	Område 63° 39.479' N 08° 41.803' Ø	53	1	5,5	Kjemi og geologi, pH og Eh Biologi Biologi sediment
			2	5,5	
			3	4,5	
Edø 2 08.05.12	Område 63° 39.614' N 08° 41.308' Ø	82	1	5,5	Kjemi og geologi, pH og Eh Biologi Biologi Sedimentet var dominert av sand.
			2	5,5	
			3	6,5	
Edø 3 08.05.12	Område 63° 39.659' N 08° 40.692' Ø	154	1	6,5	
			2	5,5	
			3	5,5	

2.2.1 Hydrografi

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

2.2.2 Sediment

Det ble tatt ut en geologi- 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 strømmen og finere partikler kan sedimentet bli oksygenfattig få cm under sediment-overflaten, og lukte råttent (H_2S). Dette vil være spesielt fremtredende der bunnvannet inneholder lite oksygen og/eller i områder med stor organisk tilførsel.

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget fra hver stasjon 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. 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 WTW pH meter type pH 3110 og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble

målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

2.2.4 Bunndyr

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

Ved innsamling av bunnprøver ble det brukt en van Veen grabb. Grabben er et kvantitativt redskap (redskap som samler mengde eller antall organismer per areal- eller volumenhet) som tar prøver av et fast areal av bløtbunn, i dette tilfellet 0,1 m². Hardheten av sedimentet avgjør hvor dypt grabben graver ned i sedimentet. Sediment-volumet i grabben gir et mål på hvor langt ned i sedimentet grabben tar prøve, og volumet av hver prøve måles. En full 0,1 m² grabb har et volum på 17 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Det er derfor ønskelig at en prøve blir tatt ned til 5 cm i sedimentet, det vil si grabben bør inneholde minst 3 liter sediment. Prøver med mindre enn 3 liter sediment kan imidlertid være tilstrekkelig for å gi en god beskrivelse av miljøforholdene.

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

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

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene som ble benyttet ved analyse av det innsamlede bunndyrsmaterialet. Shannon-Wieners diversitetsindeks ble brukt for å beregne artsmangfoldet (artsdiversiteten) ut fra arts- og individantallet i en prøve (se Generelt Vedlegg). På grunnlag av bunnfaunaen som identifiseres kan artene inndeles i geometriske klasser. Antall arter i hver geometrisk klasse kan plottes i figurer der kurveforløpet viser faunastrukturen. Kurveforløpet kan brukes til å vurdere miljøtilstanden i et område. Det er ikke nødvendig for leseren å ha full forståelse av metodene som er brukt i rapporten for å kunne vurdere resultatet av undersøkelsen.

Direktoratsgruppen for gjennomføring av vanddirektivet har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvaliteten i marine områder. Veileder 01:2009 – Klassifisering av miljøtilstand i vann, Økologisk og kjemisk klassifisering klassifiseringssystem for kystvann, innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Denne veilederen skal på sikt erstatte KLIFs veileder 97:03 (TA 1467/1997) - Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Når bunndyr brukes i klassifisering, benyttes Shannon-Wiener diversitetsindeks (H') og ømfintlighetsindeksene NQI1 og NQI2 (Tabell 2.5). Tilstandsklassene kan gi et godt inntrykk av de reelle miljøforhold, særlig når de benyttes sammen med artssammensetningen i prøvene. Shannon-Wiener diversitet er beregnet ut fra individfordelingen hos artene. NQI1 og NQI2 tar i tillegg til artsmangfoldet også hensyn til hvilke forurensingstolerante arter (ømfintlighet) som er tilstede i prøvene. For en grundigere gjennomgang av disse indeksene, se Vedlegg 1. Shannon-Wiener diversitetsindeks er i denne rapporten beregnet både for sum av grabbhugg (97:03) og for gjennomsnittet (01:2009) slik det står beskrevet i de to veilederene. Klassegrensene for Shannon–Wiener er også forskjellige i de to veilederne, se tabell 2.2. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

Tabell 2.2: Klassifisering av de undersøkte parameterne som inngår i Molvær *et. al*, 1997, Bakke *et. al*, 2007 og Veileder 01:2009, Direktoratets-gruppen Vanddirektivet 2009. Organisk karbon er total organisk karbon korrigert for finfraksjonen i sedimentet.

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

*Omregningsfaktoren til mgO₂ /l er 1,42

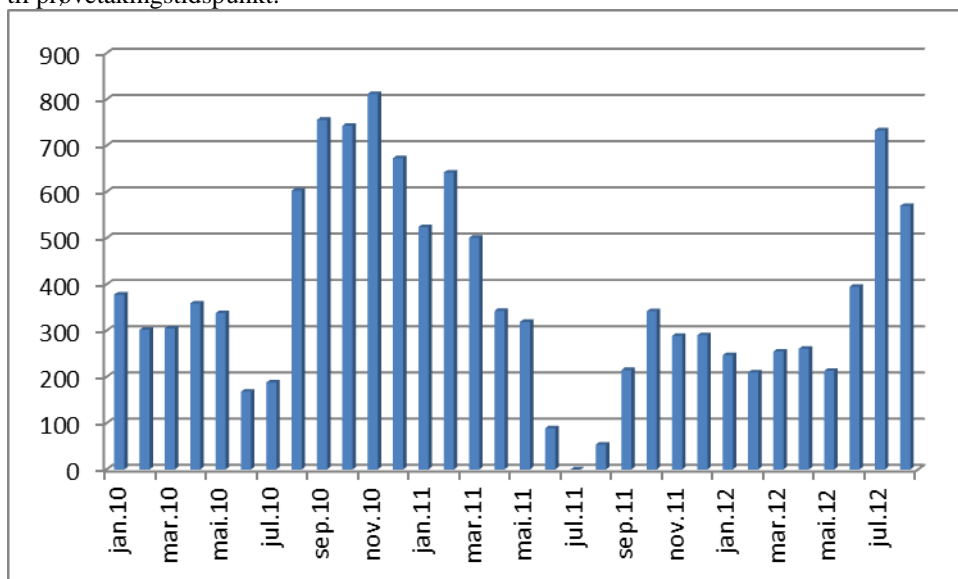
** Oksygenmetningen er beregnet for saltholdighet 33 og temperatur 6⁰C

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

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

2.3 Produksjonsdata fra anlegget

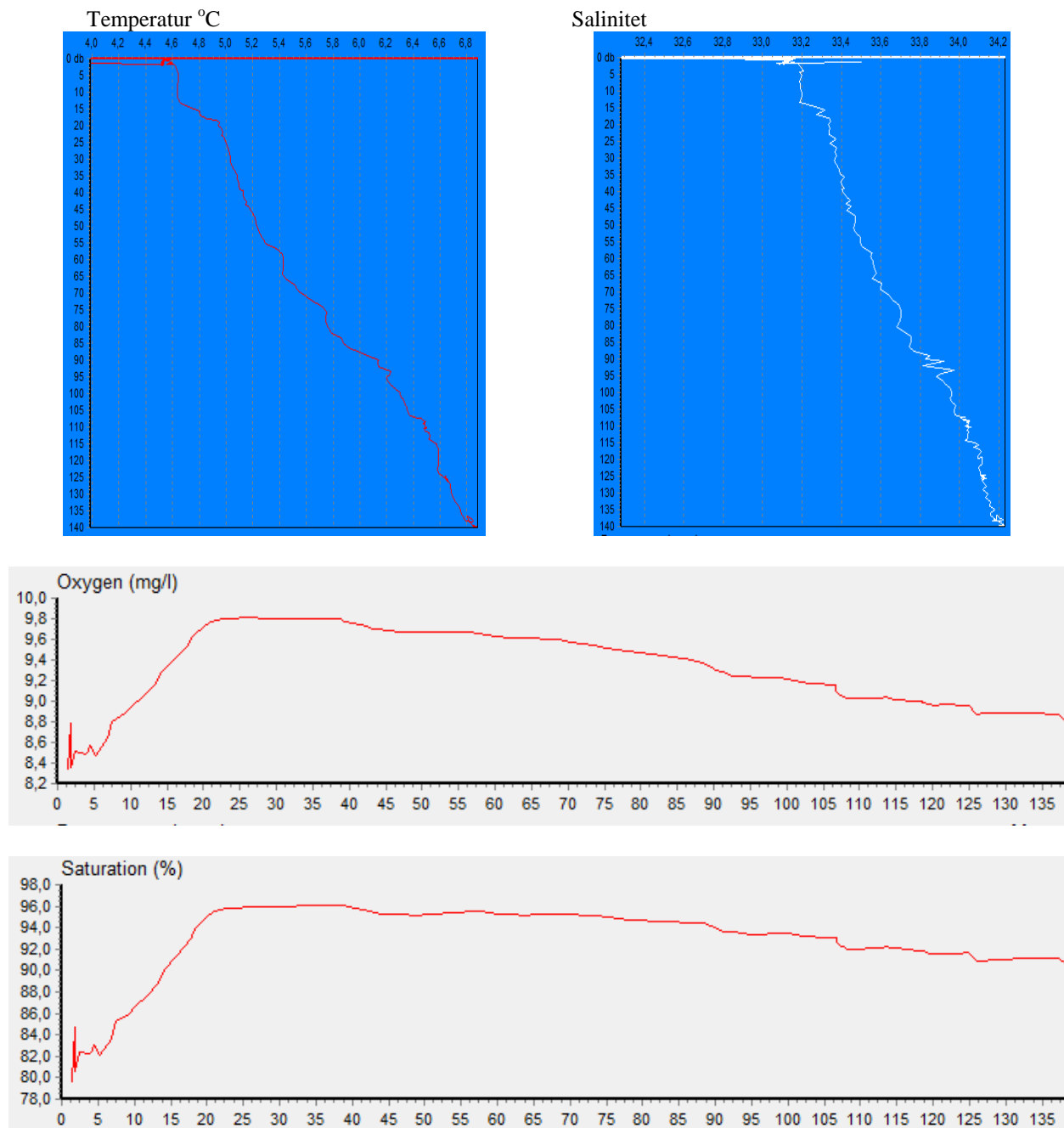
På lokalitet Edøya har det vært produksjon av laksefisk i over 10 år. Edøya består av flere anlegg, og de må betraktes som en enhet ift potensiale for å forurense nærområdet, dette inkl. de valgte mellom- og fjernstasjonene. Det er produksjon i hele anlegget.

Tabell 2.4. Fôrforbruk i tonn på Edøya (dvs. alle lokalitetene) i siste 3 år, frem til prøvetakingstidspunkt:

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Edø 3 og 14. mars 2013. Resultatene fra denne undersøkelsen presenteres i Figur 3.1.



Figur 3.1: Temperatur, Oksygen i % metning og mg/l på Edø 3, målt med CTD-sonde fra overflaten og ned til 139 meter den 14.03.13. Oksygeninnhold i ml/l er beregnet fra mgO₂/l med en omregningskoeffisient på 1,42.

Temperaturen på Edø 3 den 14.03.13 var 4,5 C i overflatelaget ned til 12 meter. Deretter steg temperaturen jevnt mot 7,0 °C på ca. 140 meters dyp. Salinitet var 33,2 i de øverste meterne, og steg jevnt til 34,2 ned mot bunnen, ingen sikting/gradient av hverken salinitet eller temperatur.

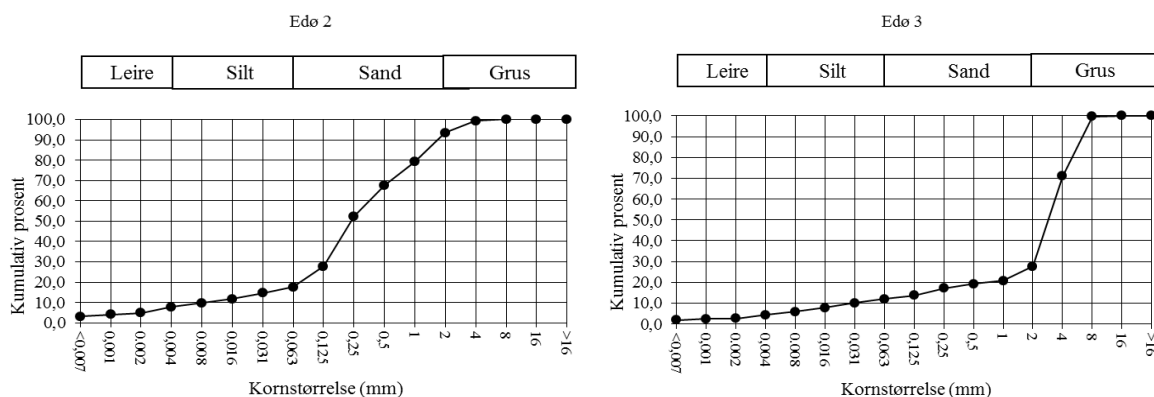
Oksygeninnholdet var relativt jevnt gjennom vannsøylen. I overflatelaget lå konsentrasjonen på 8,5 mg/l. Oksygeninnholdet steg deretter jevnt opp mot 9,8 mg/l på 21 meters dyp, for så synke sakte nedover med stigende dybde. Ved den dypeste målingen på 139 m var oksygeninnholdet 8,8 mg/l som plasserer bunnvannet i KLIF's tilstandsklasse I (meget god). Denne ctd målingen ble ikke tatt helt ned mot bunnen, da det manglet 15m fra nedreste måling og ned til bunnen. Likevel kan en med stor sannsynlighet anta at oksygeninnholdet også helt nede ved bunnen er meget godt. Dette støttes også av de gode pH og redokspotensial- målingene, samt god artsdiversitet og generelt gode faunaanalyser..

3.2 Sediment

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

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Edø 1	53	4,5					
Edø 2	82	6,2	7,8	9,9	17,7	75,9	6,5
Edø 3	154	5,1	4,4	7,6	12,0	15,6	72,4

Tabell 3.1: Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sediment prøver fra stasjonene Edø 2 og Edø 3 ved Edøya mai 2012.



Figur 3.2: Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Overgangssonen: Edø 2 og Fjærnsønen: Edø 3.

I nærsonen, Edø 1, var det ikke nok materiale i prøven til å utføre slemming og man har derfor ikke kornfordeling og kumulativ vektprosent av sediment prøven fra denne stasjonen. Glødetapet var lavt, på 4,5 %. Det organiske innholdet var dermed lavt og godt innenfor det som er normalt for norske fjorder.

Overgangssonen, Edø 2, hadde også et grovkornet sediment med 75,9 % sand og 6,5 % grus, resten var en blanding silt og leire (17,7 %). Her var glødetapet lavt (6,2 %) og det organiske innholdet var dermed innenfor det en karakteriserer som normalt for norske fjorder.

Fjernstasjon, Edø 3, ute i dypet av fjorden bestod av meget grovkornet materiale, hvor hele 72,4 % var grus, deretter en sand- andel på 15,6 %. Finkornet materiale, en blanding av silt og leire utgjorde 12 %. Glødetapet var 5,1 %. Dette er normalt for norske fjorder.

3.3 Kjemi

Sedimentanalyser

Ved alle tre stasjonene var verdiene for fosfor lave (Tabell 3.2). Likeledes var kobber- og sinkverdien lave for alle stasjonene, og alle fikk beste tilstandsklasse I for disse tungmetallene.

Målingene av organisk innhold i henhold til TOC ga utslag. På Edø 1 var det for lite sediment til å måle TOC. Lav verdi for glødetap på denne stasjonen indikerer derimot at det er lite organisk materiale i sedimentet. Edø 2 fikk tilstandsklasse III (moderat/mindre god), mens dypstasjonen Edø 3 fikk tilstand II (God). Den målte verdien av TOC normaliseres ved beregning med leire/silt andel. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993). TOC verdiene for Edø 2 (32,8 mg/g) tyder på relativt mye organisk materiale. Dette er ikke i samsvar med glødetapet for Edø 2, som angir en mer normal mengde organisk materiale.

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

Stasjon	Totalt organisk karbon g/kg	Normalisert TOC mg/g	TK	Fosfor mg/kg TS	Sink mg/kg TS	TK	Kobber mg/kg TS	TK	Tørrstoff (TS) %
Edø 1	11	-	-	360	16	I	4	I	61,9
Edø 2	18	32,8	III	480	26	I	9	I	56,6
Edø 3	8,4	24,2	II	320	17	I	4	I	58,4

Måling av pH og Redokspotensialet (E_h)

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

Målingen av pH og E_h på alle stasjonene viste en normal høy pH og normale gode verdier for redokspotensiale og plasserer dermed alle tre stasjonene i beste tilstandsklasse, tilstand 1.

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

Stasjon	pH	E _h	pH/E _h poeng	Tilstand
Edø 1, Nærsonne	7,56	16	0	1
Edø 2, Overgangssone	7,59	93	0	1
Edø 3, Fjernsone	7,51	80	0	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.4-3.5, Figur 3.3-3.5, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mai 2012. De fleste bløtbunns-artene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

I bunndyrsprøvene fra nærstasjonen Edø 1, på 53meters dyp, ble det funnet 70 arter med til sammen 361 individer. Diversiteten ble beregnet til 5,1 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse I (Meget god). I følge MOM-standarden er diversitetsindeksen lite egnet til å angi miljøtilstanden nær oppdrettsanlegg. Det er istedenfor utarbeidet et eget klassifiseringssystem for bedømming av bunnfaunaen ved anlegg. Etter dette klassifiseringssystemet fikk stasjonen Miljøtilstand 1 (Meget god) (Tabell 2.3). Blant de ti mest tallrike artene finner man ni børstemarker, to bløtdyr og ett koralldyr. Indeksene som indikerer jevnhet og fordelingen av robuste og sårbare arter (NQI1 og NQI2) havnet i beste tilstandsklasse. Dette indikerer gode forhold på stasjonen. AMBI-verdiene (ømfintlighet) indikerer derimot at faunaen på stasjonen er lett forstyrret, noe som også vises i de geometriske klassene.

Ute i dypet (154m) på Edø 3 fant man 57 arter med til sammen 355 individer. Diversiteten ble beregnet til 5,02 som plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse I (Meget god). Blant de ti mest tallrike artene finner man ni arter av børstemark, en arter av bløtdyr og en pigghud. Indeksene som indikerer jevnhet og fordelingen av robuste og sårbare arter havnet i beste tilstandsklasse. Dette indikerer gode forhold på stasjonen, noe som også støttes opp av fordelingen av de geometriske klassene. AMBI-verdien indikerer lett forstyrrelse på faunaen også på denne stasjonen.

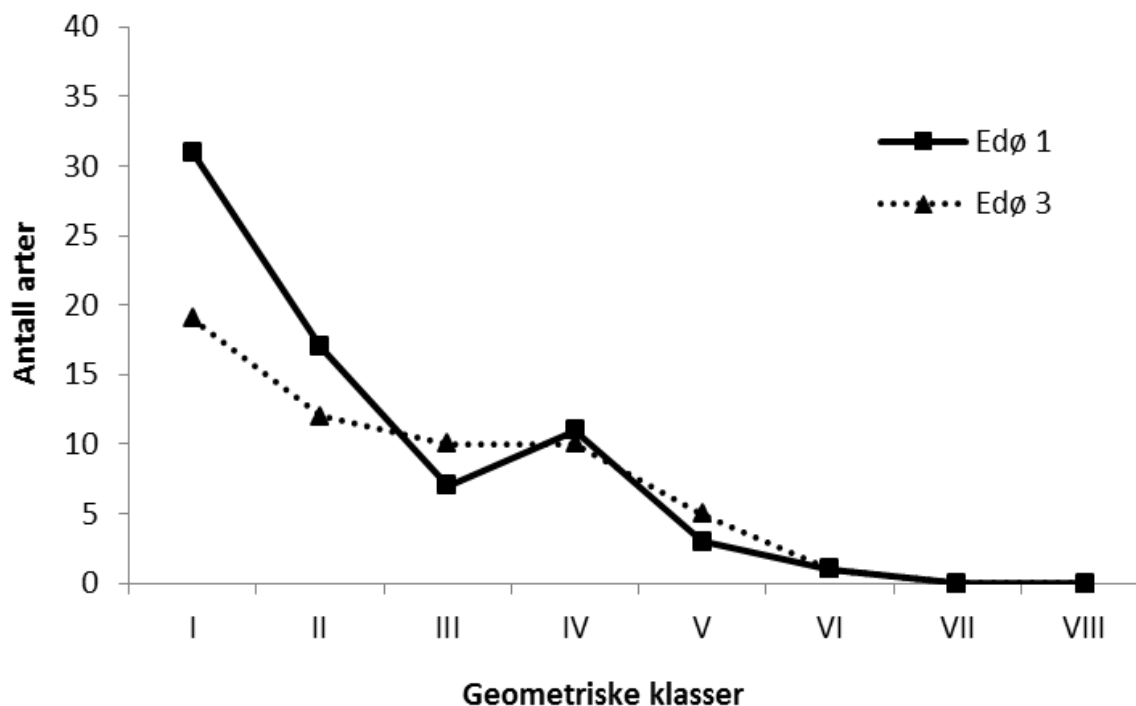
De multivariate analysene viser at huggene tatt på samme stasjon er relativt like, der huggene ved Edø 1 har 62 % likhet, og huggene ved Edø 3 har 59 % likhet. Det var kun 43 % likhet mellom stasjonene i hvilke arter som ble funnet og hvor mange individer det var av hver art (Figur 3.4 og 3.5). Dette er imidlertid forventet og naturlig ettersom de to stasjonene ligger på forskjellige lokaliteter og dyp.

Mellomstasjonen Edø 2 ble ikke analysert for fauna da Edø 1 og Edø 3 viste meget god tilstand.

Tabell 3.4: Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J), 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, Orange: dårlig, Rød: svært dårlig (se generell vedleggsdel).

Stasjon	Hugg	Individer	Arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	MOM TK	KLIF TK	AMBI	NQI1	NQI2	
Edø 1	2	164	56	5,10	0,88	5,81	Meget god		1,63	0,83	0,81	
	3	197	45	4,68	0,85	5,49		2,01	0,77	0,75		
Nærstasjon	Sum	361	70	5,09	0,83	6,13						
	Snitt	181	51	4,89	0,87	5,65			1,82	0,80	0,78	
Edø 3	2	141	37	4,61	0,88	5,21				2,25	0,74	0,72
	3	214	46	4,74	0,86	5,52				1,38	0,81	0,80
Fjernstasjon	Sum	355	57	5,02	0,86	5,83						
	Snitt	178	42	4,67	0,87	5,37		I	1,82	0,78	0,76	

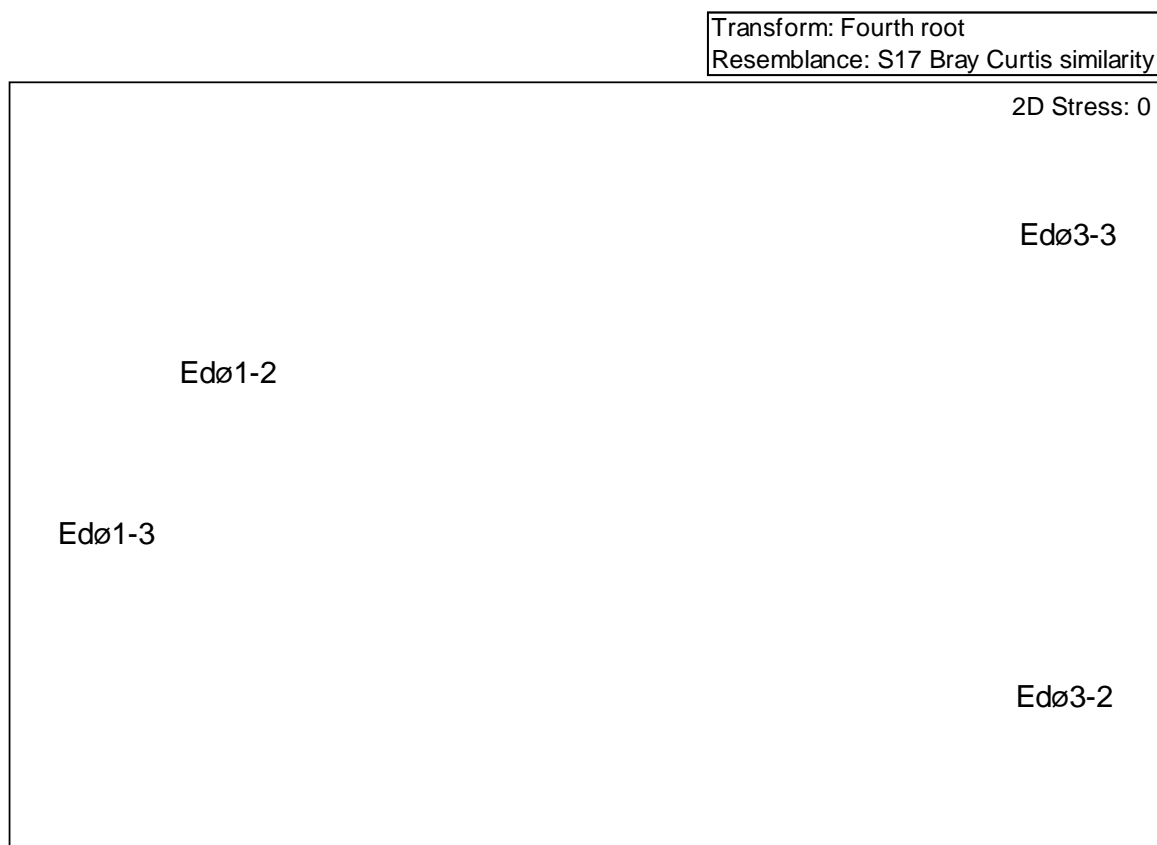
I – Meget god	II - God	III – Mindre god	IV – Dårlig	V – Meget dårlig
---------------	----------	------------------	-------------	------------------



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

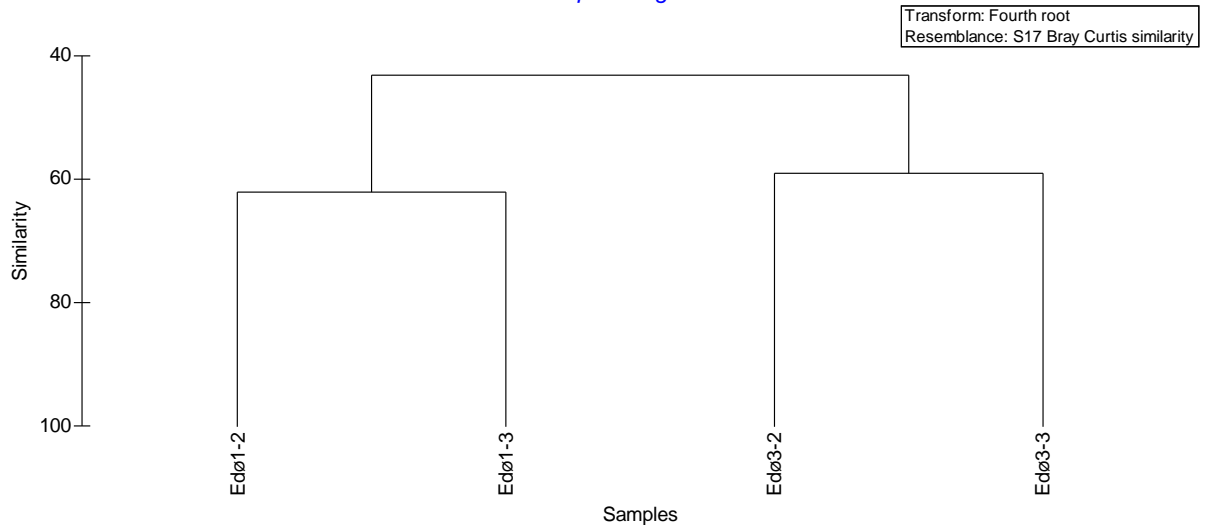
Tabell 3.5: De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Stasjon	Antall		Kum.	Stasjon	Antall		Kum.
	individer	%	%		individer	%	%
Edø 1				Edø 3			
<i>Jasmineira sp.</i>	56	15,5	15,5	<i>Pholoe baltica</i>	32	9,0	9,0
<i>Paraonis sp.</i>	26	7,2	22,7	<i>Oligochaeta indet.</i>	31	8,7	17,7
<i>Pholoe baltica</i>	23	6,4	29,1	<i>Notomastus latericeus</i>	26	7,3	25,1
<i>Syllidae indet.</i>	20	5,5	34,6	<i>Amphipholis squamata</i>	25	7,0	32,1
<i>Edwardsia sp.</i>	15	4,2	38,8	<i>Lipobranchus jeffreysii</i>	19	5,4	37,5
<i>Glycera lapidum</i>	14	3,9	42,7	<i>Limatula subauriculata</i>	17	4,8	42,3
<i>Oligochaeta indet.</i>	13	3,6	46,3	<i>Laonice bahusiensis</i>	15	4,2	46,5
<i>Astarte montagui</i>	13	3,6	49,9	<i>Paraonis sp.</i>	14	3,9	50,4
<i>Sosane sulcata</i>	12	3,3	53,2	<i>Hauchiella tribullata</i>	13	3,7	54,1
<i>Aonides paucibranchiata</i>	11	3,0	56,2	<i>Axiokebuita sp.</i>	10	2,8	56,9
<i>Cirratulus cirratus</i>	11	3,0	59,3	<i>Glycera lapidum</i>	10	2,8	59,7
<i>Leptochiton asellus</i>	11	3,0	62,3				

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

SAM-Marin

Group average



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

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved oppdrettslokaliteten Edøya i Frøyfjoden, Hitra kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 8. mai 2012 (CTD utført 21. november 2012). Det ble samlet prøver fra tre stasjoner, en ved anlegget, en i overgangssonen og en i dypet av fjorden.

Sedimentet på stasjonen nærmest anlegget, Edø 1, nærsone, bestod av et grovkornet sediment der sand og grus dominerte (visuell observasjon i felt). Grunnet det grove sedimentet fikk vi lite i grabben, og for lite til å gjennomføre geologi analyse. Glødetapet var 4,5 %. Det organiske innholdet var dermed lavt og godt innenfor det som er normalt for norske fjorder.

Inntil anlegget ble det funnet lave, normale verdier for sink, fosfor og kobber. TOC verdiene lot seg ikke måle grunnet mangelen på sediment, mens glødetapet var derimot lavt og viste at man har lite organisk stoff i sedimentet. Måling av pH og Eh ga stasjonen beste tilstand 1. Diversiteten av bunnfauna var god og fikk beste tilstand etter MOM standarden, tilstand I, diversiteten av dyr var lett forstyrret. Totalt sett kan en si at nærstasjonen er lite påvirket av oppdrettsvirksomheten.

I overgangssonen, Edø 2 var glødetapet lavt og de kjemiske parametrene kommer ut i beste tilstandsklasse. Tungmetall- og fosfor- nivået var og lavt. Sedimentet på stasjonen var dominert av sand (75,9 %). Grunnet gode forhold på både Edø 1 og Edø 3 ble ikke denne stasjonen analysert for fauna. TOC verdien var mindre gode, og ga tilstandsklasse 3, men da glødetapet var innenfor det normale, kan en totalt si at også denne stasjonen viser lite tegn til påvirkning etter MOM C standarden.

På stasjonen i fjernsonen får bunnvannet beste karakter med tanke på oksygeninnhold (Tilstandsklasse I), dvs. vannet som ble målt på 139 m dyp, 15 m over bunnen. Her var sedimentet meget grovt, 72,4 % grus og 15,6 % sand. Fosforverdiene var normale og glødetapet var innenfor det som er normalt i norske fjorder. Det ble ikke registrert forurensing av kobber og sink, og undersøkelsene av bunnfauna viste gode forhold.

Prøvene tatt ved under denne MOM C viser en normal, god bunnfaunaen, som indikerer lite tilførsel av organisk materiale. Man ser heller ingen opphoping av fosfor, sink eller kobber i sedimentet. Opphoping av større mengder organisk materiale, vises ved en mindre god TOC-måling på Edø 2, men da glødetapet var normalt, er det lite som tyder på noen ansamling av organisk materiale. Totalt sett viser alle 3 stasjonene normale forhold etter alle parameterne i MOM C standarden, og dermed lite påvirkning av oppdrettsvirksomheten.

5 TAKK

På toktet deltok Rune Haugen og Christian Bøe fra Havbruktjenesten AS. Sedimentanalysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av Nargis Islam, Ragni Torvanger, Lise Rikstad og Natalia Korableva. Bunndyrene ble identifisert av Tom Alvestad og Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. Pp. 41-65 in: N.A. Holme & A.D. McIntyre (eds). *Methods for the study of marine benthos*. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009. Veileder 01:2009 Klassifisering av miljøtilstand i vann.
- Hovgaard P. 1973. A new system of sieves for benthic samples. *Sarsia* 53:15-18.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. *SFT-veiledning* nr. 97:03. 36 s.
- Norsk Standard NS 9410. 2000. Miljøovervåking av marine matfiskanlegg. Norges Standardiseringsforbund
- Norsk Standard NS 4764. 1980. Vannundersøkelse. Tørrstoff og gløderest i vannslam og sedimenter. *Norges Standardiseringsforbund*.

7 VEDLEGG

[Generell vedleggsdel](#)..... *Error! Bookmark not defined.*

[Vedleggstabell 1. MOM-B parametre](#)..... *Error! Bookmark not defined.*

[Vedleggstabell 2. Artsliste](#)..... *Error! Bookmark not defined.*

[Vedleggstabell 3. Geometriske klasser](#)..... *Error! Bookmark not defined.*

[Vedleggstabell 4. Analysebevis](#)..... *Error! Bookmark not defined.*

Generell vedleggsdel

Analyse av bunndyrsdata

Generelt

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

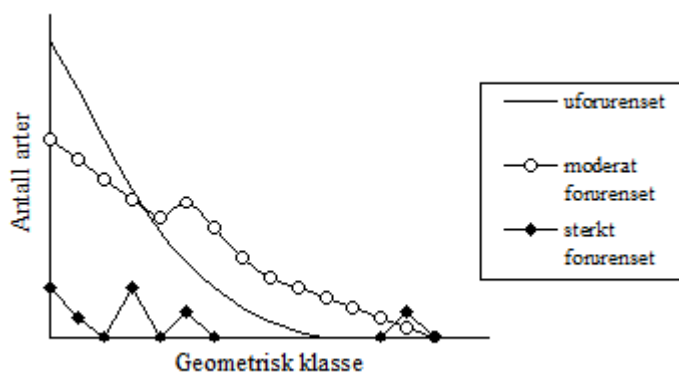
Geometriske klasser

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

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

Tabell v1. Eksempel på inndeling i geometriske klasser.

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



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

Univariate metoder

De univariate metodene reduserer den samlede informasjonen som ligger i en artsliste til et tall eller indeks, som oppfattes som et mål på artsrikdom. Utfra indeksen kan miljøkvaliteten i et område vurderes, men metodene må brukes med forsiktighet og sammen med andre resultater for at konklusjonen skal bli riktig. Klima og forurensningsdirektoratet (Klif) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna (Molvær et al. 1997 og Direktorsgruppen Vanndirektoratet 2009, Tabell v2 og v3).

Diversitet.

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

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

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

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

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

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

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

Hurlbert diversitetsindeks $ES(100)$ er beskrevet som:

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

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

Diversitetsindekse SN er beskrevet som:

$$SN = \ln S / \ln(\ln N)$$

hvor S er antallet arter, og N er antallet individer i prøven

Ømfintlighet

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

Sammensatte indekser

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

NQI-indeksene er beskrevet ved hjelp av formelene:

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

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

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

Referansetilstand og klassegrenser

Artsdiversiteten (H') og NQI1 beregnes for hver prøve (grabbhugg) og gjennomsnittet klassifiserer stasjonen etter veileder 01:2009. I tillegg blir diversitetsindeksen for summen av antall dyr på stasjonen regnet ut og rapportert i henhold til Molvær et al. 1997 for sammenligning med historiske data. Diversiteten og fordelingen av sårbare vs. robuste arter brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig) (Tabell v2 og v3)

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

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

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

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

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

Multivariate analyser

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

Klassifikasjon og ordinasjon

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

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

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

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

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

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

p = totalt antall arter

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

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

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

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

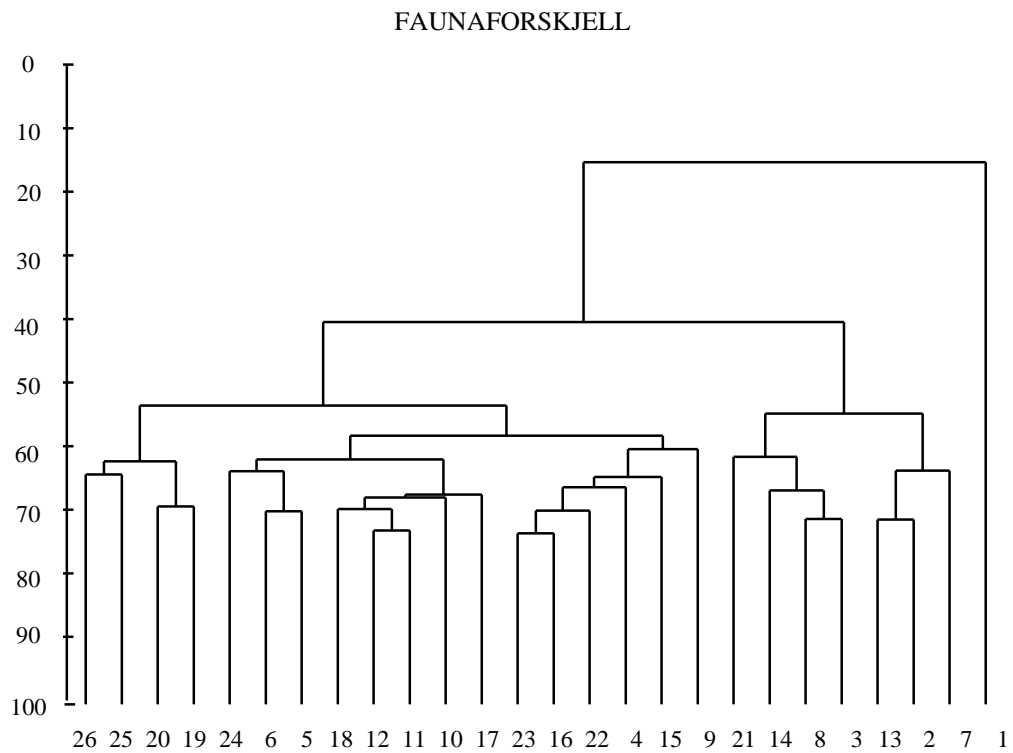
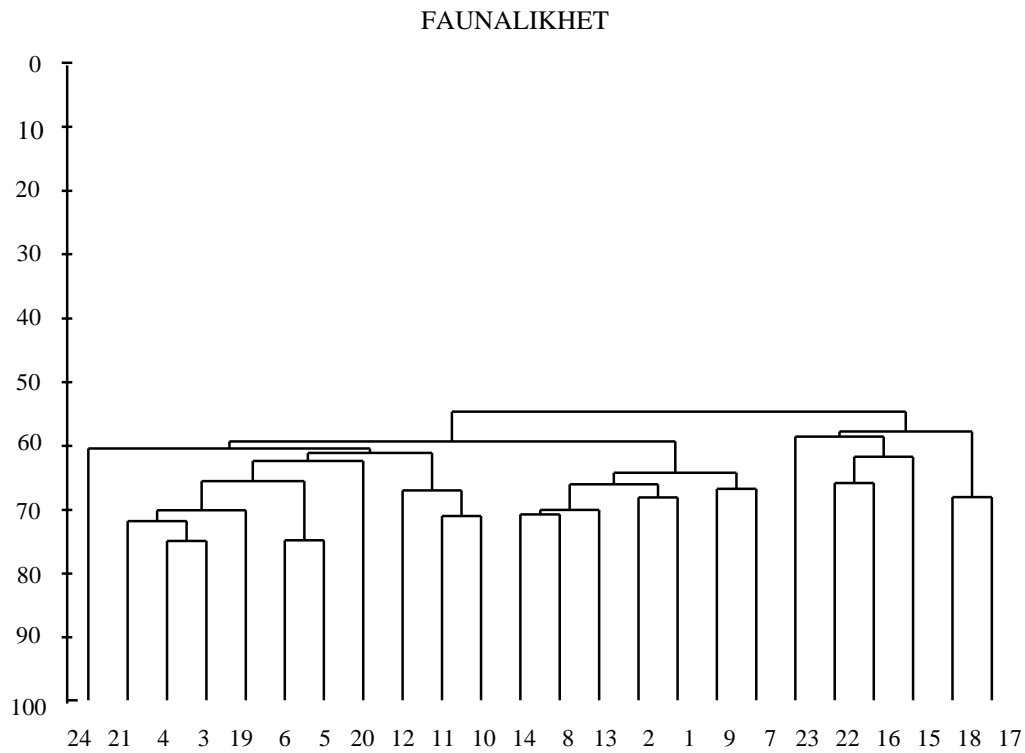
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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

Dataprogrammer

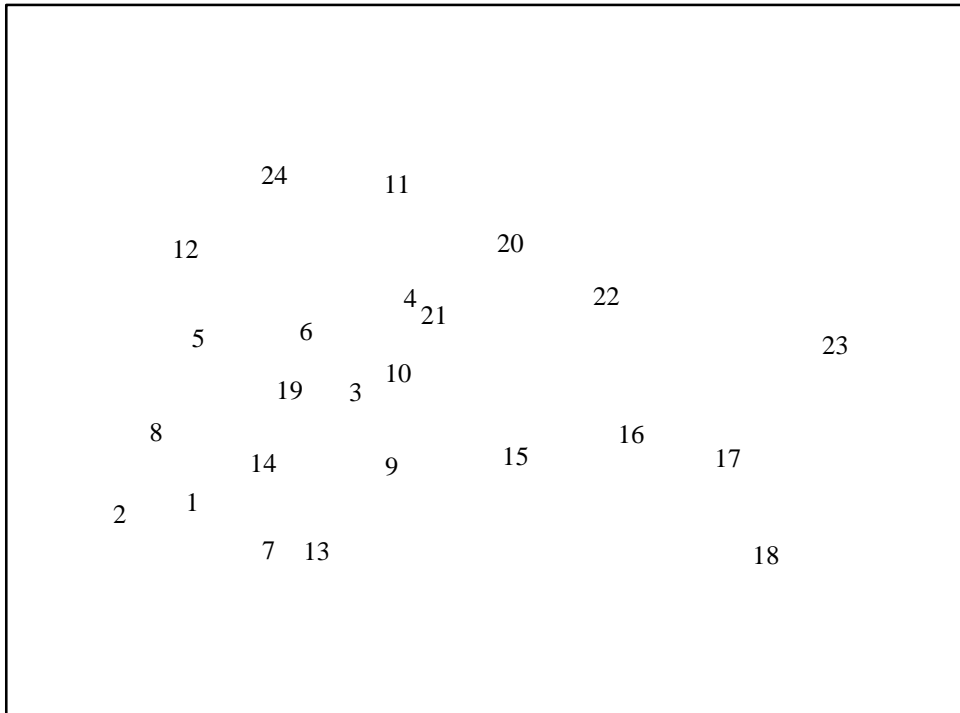
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H'-max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt “Diversi”. Dataprogram og makro er laget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

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

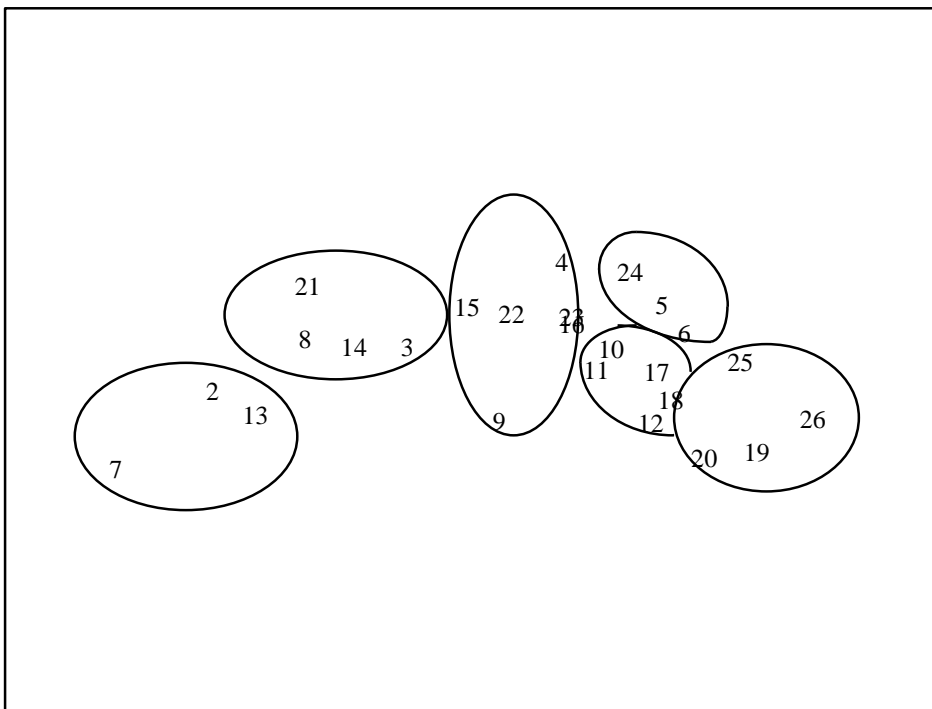


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

INGEN GRADIENT



GRADIENT



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

Litteratur til Generelt Vedlegg

- Bakke et al. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, revidering av klassifisering av metaller og organisk miljøgifter i vann og sedimenter. *Klif publikasjon ta 2229:2007*.
- Berge G. 2002. Indicator species for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. *NIVA-rapport 4548-2002*.
- Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), 1100–1114
- Bray JR, Curtis JT. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. - *Ecological Monographs* 27:325-349.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for the detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. - *Marine Pollution Bulletin* 10:142-146.
- Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon*. SFT-veiledning nr. 97:03. 36 s.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession: in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. - *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 16:229-311.
- Pearson TH, Gray JS, Johannessen PJ. 1983. Objective selection of sensitive species indicative of pollution-induced change in benthic communities. 2. Data analyses. - *Marine Ecology Progress Series* 12:237-255.
- Pielou EC. 1966. The measurement of species diversity in different types of biological collections. - *Journal of Theoretical Biology* 13:131-144.
- Rygg B, Thélin, I. 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann, kortversjon. - *SFT-veiledning* nr. 93:02 20 pp.
- Shannon CE, Weaver, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. - University of Illinois Press, Urbana. 117 s.
- Vannportalen.no.. Klassifisering av økologisk tilstand i vann. *Klassifiseringsveileder 01:2009*

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

HAVBRUKSTJENESTEN AS									
Firma: Lerøy Midnor AS									
Lokalitet: Edøya									
Gr.	Parameter	Poeng	Prøvenummer						Indeks
			Edø 1	Edø 2	Edø 3				
	Dyr	Ja (0) / Nei (1)	0	0	0				0,00
I	Tilstand (Gruppe I)		1						
II	pH	Målt verdi	7,56	7,59	7,51				
	Eh (mV)	Målt verdi	16	93	80				
		plus ref. potensial	247	324	311				
	pH/Eh	Poeng (tillegg D)	0	0	0				0,00
	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	0	0				
		Myk (2)							
		Løs (4)							
	Grabbvolum (v)	$v < \frac{1}{4}$ (0)							
		$\frac{1}{4} \leq v < \frac{3}{4}$ (1)	1	1	1				
		$v \geq \frac{3}{4}$ (2)							
	Tykkelse på slamlag	$t < 2$ cm (0)	0	0	0				
		$2\text{cm} \leq t < 8\text{cm}$ (1)							
		$t \geq 8$ cm (2)							
	Sum		1	1	1				
	Korr. Sum (0,22)		0,22	0,22	0,22				0,22
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe III)		1						
	Middelverdi (Gruppe II & III)		0,11	0,11	0,11				0,11
	Tilstand (prøve)		1	1	1				
	Tilstand (Gruppe II & III)		1						
Ph/Eh/Korr.su m Indeks Middelverdi	Tilstand								
			Gruppe 1		Gruppe II og				
	<1,1		A		1,2,3,4				
	1,1 - <2,1		4		1,2,3				
	2,1 - <3,1		4		4				
$\geq 3,1$									
Tilstand								1	

Vedleggstabell 2. Artsliste

Vedlegg SF-SAM-505.5

BENTHOS ARTSLISTE

SAM-Marin



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



Oppdragsgiver (navn og adresse): Lerøy Midnor AS

Prosjekt nr.: 806576

Prøvetaksingssted (område): Edøya

Dato for prøvetaking: 08.05.2012

Ansvarlig for prøvetaking (firma): Havbrukstjenesten AS

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: -

Artene er identifisert av: Tom Alvestad og Per Johannessenx

	Akkreditert	I henhold til standard	Evt. akkrediteringsnummer	Ikke akkreditert
Prøvetaking	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Sortering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>
Identifisering	<input checked="" type="checkbox"/>	ISO-5667-19	Test 157	<input type="checkbox"/>

Opplysninger om merker i artslisten:

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

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

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av:4 sider.

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

Signatur: *Tom Alvestad*
Godkjent taksonom

SAM-Marin

Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dato Dybde Hugg	Edøya		Edøya	
	Edø 1		Edø 3	
	08.05.2012		08.05.2012	
	53m		154m	
	2	3	2	3
HYDROZOA				
* Hydrozoa indet.				+
ANTHOZOA				
Cerianthus lloydii	0/2			
Edwardsia sp.	5	10		
NEMERTINI				
* Nemertini indet.	+	3	1	
NEMATODA				
* Nematoda indet.	ca 20	ca 10	ca 10	ca 30
POLYCHAETA				
Ampharete finmarchica		1		
Amphitrite cirrata		0/2	1/2	
Anobothrus gracilis	1	1/3		
Aonides paucibranchiata	5	6	3	1
Aphelochaeta sp.	1			
Aphrodita aculeata				0/1
Aricidea catharinae		1		
Axiokebuita sp.			1	9
Cirratulus cirratus	3	8	2	1
Eteone longa	1/1	2/1	0/3	0/1
Eulalia mustela	1/1	1		0/1
Eumida sanguinea	1		1	0/2
Eunice pennata				1
Euphrosine cirrata			1	
Eupolymnia nesidensis	1		1	
Exogone sp.	1	2		
Galathowenia oculata		1		
Glycera alba		0/1		
Glycera lapidum	1/3	4/6	3/2	3/2
Goniada maculata	1			
Harmothoe antilopes			1	
Hauchiella tribullata			8	5
Heteromastus filiformis				3
Jasmineira sp.	20	36	7	
Kefersteinia cirrata	1		5	2
Laonice bahusiensis			11/1	0/3
Lipobranchus jeffreysii			1	13/5
Lumbrineridae indet.		4	5	4

SAM-Marin

Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dato Dybde Hugg	Edøya		Edøya	
	Edø 1		Edø 3	
	08.05.2012		08.05.2012	
	53		154	
	2	3	2	3
Maldanidae indet.		1		
Malmgreniella ljungmani			4	1
Malmgreniella mcintoshii			2/1	3
Mediomastus fragilis		5		
Notomastus latericeus	3/1	2	12	10/4
Oligochaeta indet.	6	7	21	10
Owenia borealis	1	3/1	2/1	1
Paraonis sp.	10	16	3	11
Pareurythoe borealis			2	
Pholoe baltica	14	9	5	27
Phyllodoce groenlandica	1		1	
Phyllodoce mucosa	1			
Pista lornensis	3/1	2/2		
Polychaeta indet.				1
Polycirrus norvegicus	0/1	2/3	0/1	
Polydora sp.	1			
Polynoidae indet.	1		1	1
Prionospio cirrifera	1	1		
Protodorvillea kefersteini	2	1	2	
Sabellidae indet.	4	6		
Sabellides octocirrata	1			2
Scalibregma inflatum	0/1	0/2		
Scolecipis korsuni	2	1		
Scoloplos armiger	2/1	5		0/1
Sosane sulcata	3/1	7/1		
Sphaerodorum flavum	10	16	1	0/7
Spiophanes bombyx			1	
Syllidae indet.	8	12	2	1
Terebellides stroemi		1		
Thelepus cincinnatus	1			
SIPUNCULA				
Sipuncula indet.	2	1		8
Phascolion strombus	0/1	2		1
CRUSTACEA				
* Amphipoda indet.	4	4	23	4
* Calanus finmarchicus	7	6	3	1
* Lophogaster typicus			1	
* Natatolana borealis		0/1		

SAM-Marin

Lokalitetsnavn Stasjonsnavn Dato Dybde Hugg	Edøya		Edøya	
	Edø 1		Edø 3	
	08.05.2012		08.05.2012	
	53		154	
	2	3	2	3
MOLLUSCA				
Antalis entalis	0/1			
Arctica islandica	1	1		
Astarte montagui	4/4	0/5	0/1	0/6
Astarte sulcata		0/1		0/9
Corbula gibba	1			
Crenella decussata	2			2/6
Dosinia lupinus		1		
Euspira montagui		1		
Euspira pulchella				2
Leptochiton asellus	3/8			
Limatula gwyni	0/1			1
Limatula subauriculata			3/3	3/8
Lucinoma borealis		1		
Modiolula phaseolina	0/1		2	
Notolimea crassa				0/1
Nucula nucleus				1
Similipecten similis			0/1	0/1
Solenogastres indet.				1
Spisula subtruncata	1			
Stenosemus albus				5
Thracia villosiuscula			1	
Thyasira flexuosa	0/1	1		
Timoclea ovata	1		3	0/1
BRYOZOA				
* Bryozoa indet. skorpeformet	+			
* Bryozoa indet. grenet	+			+
Ophiuroidea indet.				
Amphipholis squamata	1/2		1/7	4/13
Ophiocten affinis		1		
Ophiura albida	0/1			
Echinoidea indet.				
Echinocardium sp.	0/1			
Synaptidae indet.	1	1		1
ENTEROPNEUSTA				
Enteropneusta indet.	1			
ASCIDIACEA				
Ascidiacea indet.	2	1		1

SAM-Marin

	Lokalitetsnavn	Edøya		Edøya	
		Edø 1	Edø 3	Edø 1	Edø 3
	Stasjonsnavn	08.05.2012		08.05.2012	
	Dato	53		154	
	Dybde	2	3	2	3
	Hugg				
*	PISCES				
*	Fiske egg		2		1
*	VARIA	+	+		+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

Geometriske klasser	Edø 1	Edø 3
I	31	19
II	17	12
III	7	10
IV	11	10
V	3	5
VI	1	1
VII	0	0
VIII	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis



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

Eurofins Environment Testing Norway AS
(Bergen)
F. reg. 065 141 618 MVA
Box 75
NO-5841 Bergen

Tlf: +47 94 50 42 42
Fax:
bergen@eurofins.no

AR-12-MX-001460-01



EUNOBE-00003439

Prøvemottak: 06.06.2012
Temperatur:
Analyseperiode: 06.06.2012-14.06.2012
Referanse: P.nr: 806576/ ref: 38/12.
Edøya

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	441-2012-0606-109	Prøvetakingsdato:	08.05.2012	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvale	
Prøvemerkning:	EDØ1 53m Hugg 1	Analysedato:	06.06.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Fosfor (P)				
Totalt fosfor (P)	380	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	4	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	16	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	11	mg/g DS	EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff				
Total tørrstoff	61.9	% (v/v)	EN 14346	0.1

Prøvenr.:	441-2012-0606-110	Prøvetakingsdato:	08.05.2012	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvale	
Prøvemerkning:	EDØ2 82m Hugg 1	Analysedato:	06.06.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Fosfor (P)				
Totalt fosfor (P)	480	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	9	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	26	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	18	mg/g DS	EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff				
Total tørrstoff	56.6	% (v/v)	EN 14346	0.1

Tegnforklaring:

* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

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

Side 1 av 2

AR-12-MX-001460-01



EUNOBE-00003439



Prøvenr.:	441-2012-0606-111	Prøvetakingsdato:	08.05.2012	
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Stian Kvale	
Prøvemerkning:	EDØ3 154m Hugg 1	Analysedato:	06.06.2012	
Analyse	Resultat:	Enhet:	MU Metode:	LOQ:
a) Fosfor (P)				
Totalt fosfor (P)	320	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	10
a) Kobber (Cu)	4	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Sink (Zn)	17	mg/kg tv	NS EN ISO 17294-2	1
a) Totalt organisk karbon (TOC)	8.4	mg/g DS	EN 13137	0.1
a) Totalt tørrstoff				
Total tørrstoff	58.4	% (v/v)	EN 14348	0.1

Utførende laboratorium/ Underleverandør:

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

Bergen 14.06.2012

Tommie Christensen

Avd.leder, Kundesenter

Tegnforklaring:

* (ikke omfattet av akkrediteringen)

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

Opplysninger om 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 2 av 2