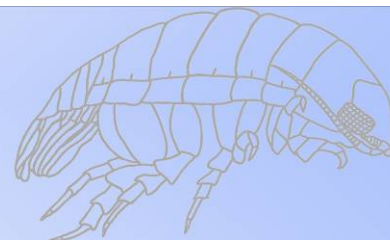


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
UNIFOB - Universitetsforskning i Bergen



e-Rapport nr. 22-2008


MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Onarøy i Tysnes kommune i 2008

Per-Otto Johansen
Helge Botnen



UNI F OB
UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN
UNIFOB AS

UNIFOB - Seksjon for anvendt miljøforskning

Høyteknologisenteret, Thormøhlensgt. 49, 5006 Bergen, Norway 55 58 44 64  55 58 45 25

Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Onarøy i Tysnes kommune i 2008.	Dato: 14.11.2008
	Antall sider og bilag: 43
Forfatter(e): Per-Otto Johansen og Helge Botnen	Prosjektleder: Per-Otto Johansen
	Prosjektnummer: 802047
Oppdragsgiver: Alsaker/Tysnes Fjordbruk as	Tilgjengelighet: Åpen

Abstract:


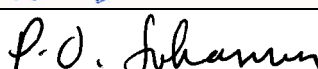
The aim of this investigation was to describe the environmental conditions at a fish farm site in Onarheimsfjorden based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, oxygen, temperature and salinity. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority and NS 9410.

The oxygen content in the deepest part of Onarheimsfjorden was satisfactorily high. The measured chemical components in the sediment were low. The content of organic matter and phosphorous was low in the sediment. The station close to the fish farm was influenced by organic matter. The bottom fauna was classified as good in the transition zone and as less good the deepest part of the recipient.

Keywords: Fish farm Recipient Benthos Sediment Hydrography	Emneord: Fiskeoppdrett Resipient Bunndyr Sediment Hydrografi
---	---

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 22-2008

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	3.12.2008	
Prosjektet / undersøkelsen:	3.12.2008	

INNHold

1 INNLEDNING	3
2 MATERIALE OG METODER	4
2.1 Undersøkelsesområdet	4
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	4
2.2.1 Hydrografi	7
2.2.2 Sediment	7
2.2.3 Kjemiske analyser	8
2.2.4 Bunndyr	9
2.3 Produksjonsdata fra anlegget	12
3 RESULTATER OG DISKUSJON	13
3.1 Hydrografi	13
3.2 Sediment	15
3.3 Kjemi	17
3.4 Bunndyr	18
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	23
5 TAKK	24
6 LITTERATUR	24
7 VEDLEGG	25

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Onarøy i Onarheimsfjorden i Tysnes kommune, lokalitetsnummer 10136 og konsesjonsnummer HT-0003, HT-0006, HT-0016 og HT-0020. Prøveinnsamlingen ble gjennomført 7. oktober 2008.

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdene ved et oppdrettsanlegg, som ligger på svai, i Onarheimsfjorden i Tysnes kommune i forbindelse med en planlagt utvidelse av anlegget. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene og være et referansemateriale for senere undersøkelser. De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene vurderes opp mot SFT's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410). Det er tidligere ikke utført MOM-C undersøkelse ved lokaliteten. SAM-marin har tidligere gjennomført en miljøundersøkelse nord for Vatterøy (Ellingsen 1997), men bunndataene fra denne undersøkelsen er ikke direkte sammenliknbare siden de ble tatt på grunnere vann enn årets undersøkelse.

SAM-marin er en avdeling ved Unifob Miljøforskning i Bergen. SAM-marin har foretatt marine miljøundersøkelser siden 1970, og gjennomfører marine miljøundersøkelser og miljøovervåkning på oppdrag fra kommuner, oljeselskap, bedrifter og oppdrettere. SAM-marin er akkreditert av Norsk Akkreditering for prøvetaking, taksonomisk analyse, faglige vurderinger og fortolkninger under akkrediteringsnummer Test157.

2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkelsesområdet

Undersøkelsesområdet ligger sørøst for Vatterøy i Onarheimsfjorden (Figurene 2.2 - 2.3). Bunnen under oppdrettsanlegget ligger på omlag 130 m dyp. Bunnprøvene ble tatt fra 130 m til 147 m dyp. Fra området omkring anlegget skråner bunnen ned til en dyprene som ligger på ca 450 m. Denne renna har forbindelse med Langenuen sør for Huglo hvor det er en terskel med saldyp på ca 125 m. Plasseringen av stasjonene er vist i Figurene Figur 2.3 - 2.4.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

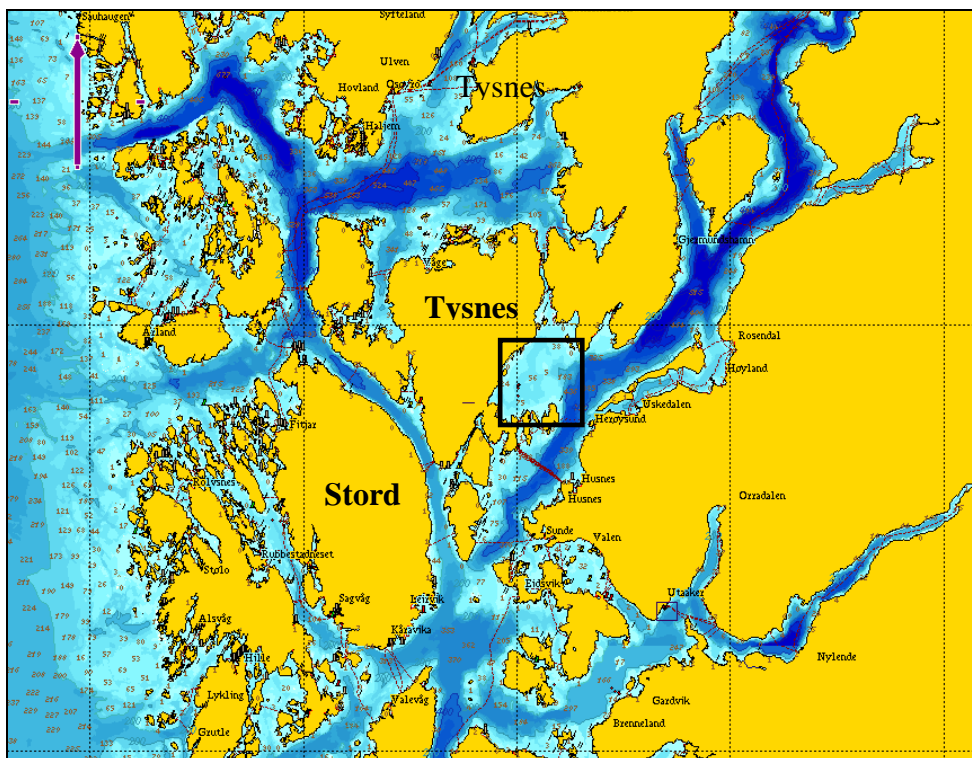
Prøveinnsamlingene ble gjort fra *MS Gyda* den 7. oktober 2008 (Figur 2.1). Det ble tatt bunnprøver fra tre stasjoner, en opptil anlegget, en i overgangssonen og en referansestasjon i det dypeste partiet. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1.

Hydrografiprøver ble tatt på den dypeste stasjonen. Måling av temperatur, saltholdighet og oksygen i vannsøylen ble utført vha. en STD/CTD-sonde SD204. For å hente ut og analysere dataene ble den tilhørende programvaren Minisoft SD200w versjon 3.9.126 benyttet.

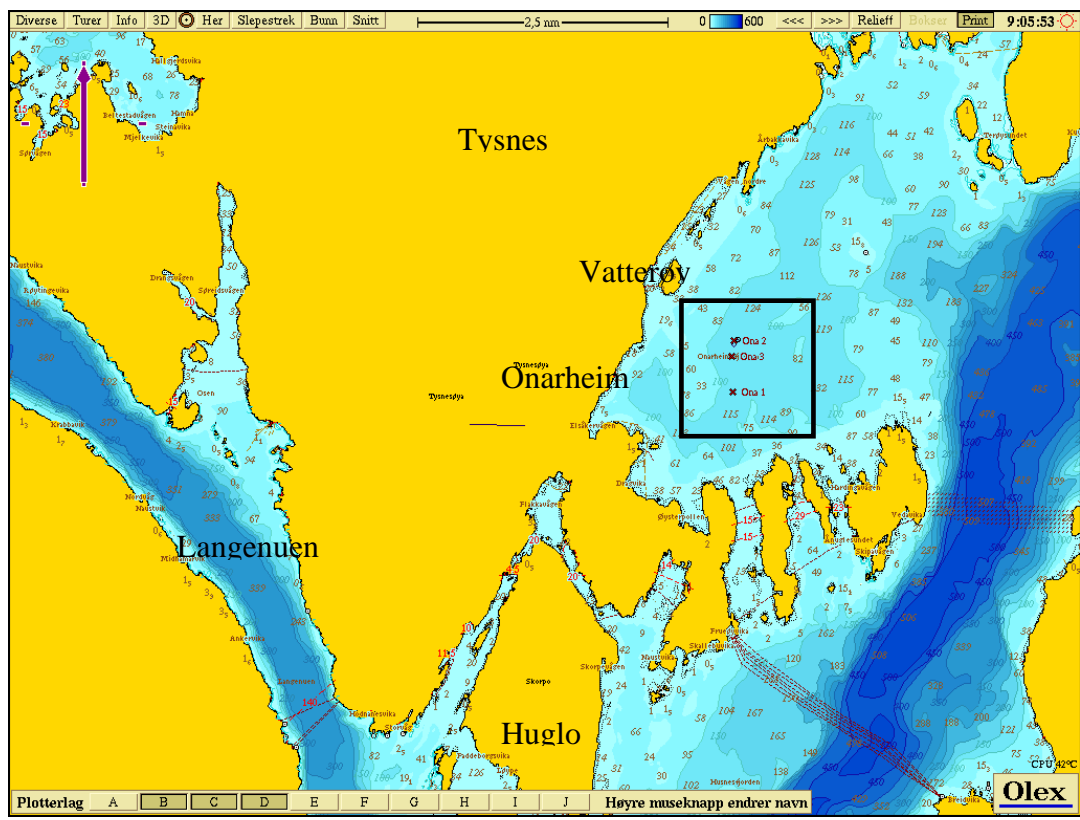
Oksygenmetningen ble beregnet av programvaren til CTD-sonden. Tettheten av sjøvannet (σ_t) ble beregnet. Tettheten i sjøvann øker med økende saltholdighet og avtagende temperatur.



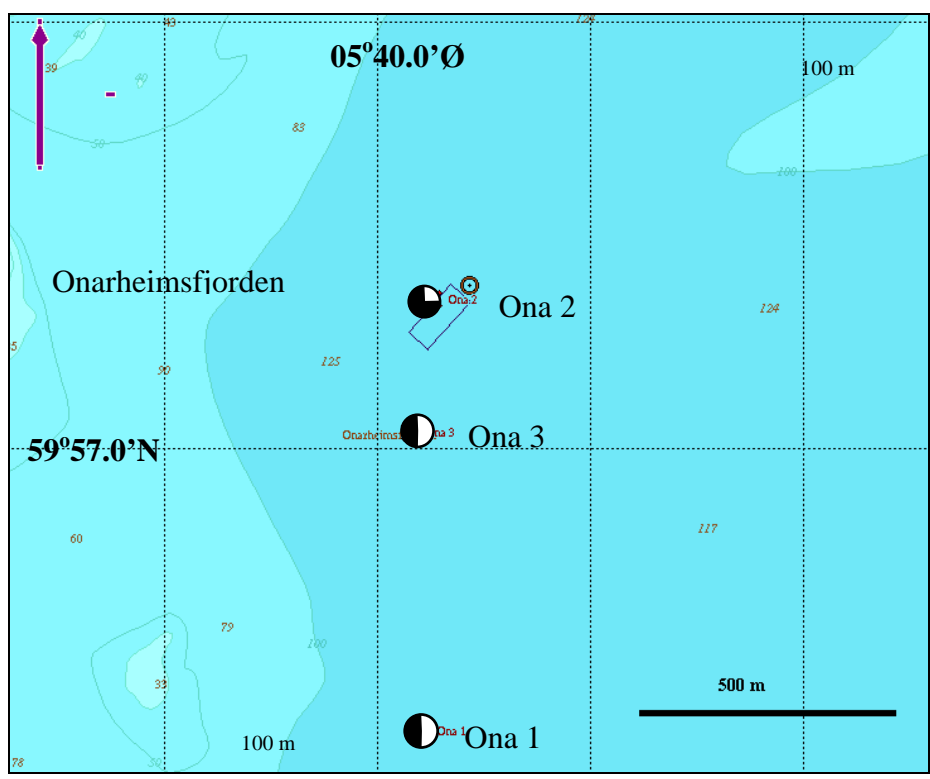
Figur 2.1. Fartøyet som ble benyttet til prøveinnsamlingen.



Figur 2.2. Oversiktskart som viser undersøkelsesområdet ved Onarøy i Tvsnes kommune avmerket med en firkant. Kartkilde: Olex.



Figur 2.3. Kart som viser området i Onarheimsfjorden. Kartkilde: Olex.



Figur 2.4. Detallskisse over lokaliteten med stasjonene inntegnet. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Plassering av anlegget er markert som en firkant. Dybdekoter er vist i kartet for 100 m dyp. Vurdering av miljøforholdene på stasjonen er markert med kakediagram, der ○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ◓ = dødt. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver innsamlet 7. oktober 2008. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet 0,1 m² van Veen grabb. Full grabb inneholder 17 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
Ona 1 07.10.08	Onarøy 59°56,669'N 05°40,102'Ø	147	1	17	Grått, bløtt og finkornet sediment. Hugg nr 1 og 2 ble benyttet til identifikasjon av bunnfauna. Hugg nr 3 ble benyttet til geologisk og kjemiske prøver. På denne stasjonen ble det også foretatt hydrografiske målinger ved hjelp av CTD.
			2	17	
			3	17	
Ona 2 07.10.08	Onarøy 59°57,174'N 05°40,129'Ø	130	1	17	Grått bløtt og finkornet sediment med litt fine brune partikler på toppen. Litt lukt. Store blåskjell skall. Hugg nr 1 og 2 ble benyttet til identifikasjon av bunnfauna. Hugg nr 3 ble benyttet til geologisk og kjemiske prøver.
			2	17	
			3	17	
Ona 3 07.10.08	Onarøy 59°57,019'N 05°40,077'Ø	130	1	17	Grått finkornet bløtt sediment. Hugg nr 1 og 2 ble benyttet til identifikasjon av bunnfauna. Hugg nr 3 ble benyttet til geologisk og kjemiske prøver.
			2	17	
			3	17	

2.2.1 Hydrografi

Oksygeninnholdet i vannmassene er helt avgjørende for de fleste former for liv i sjøen. I åpne områder med god vannutskiftning og sirkulasjon er oksygenforholdene oftest tilfredsstillende. Stor tilførsel av organisk materiale kan imidlertid føre til at oksygeninnholdet i vannet blir lavt fordi oksygen forbrukes ved nedbrytning av organisk materiale. Terskler og trange sund kan føre til dårlig vannutskiftning, og dermed redusert tilførsel av nytt oksygenrikt vann. Hydrogensulfid (H₂S), 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 en prøve til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling, fra det samme prøven hvor det ble tatt ut prøve til kjemiske analyser.

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

Partikkelstørrelsen i sedimentet forteller noe om strømforholdene like over bunnen. I områder med sterk strøm vil finere partikler bli ført bort og kun grovere partikler vil bli liggende igjen. Dette gjenspeiles i kornfordelingskurven, som da vil vise at hoveddelen av partiklene i sedimentet tilhører den grove delen av størrelsesspekteret. I områder med lite strøm vil finere partikler synke til bunns og avsettes i sedimentet. Kornfordelingskurven vil da vise at mesteparten av partiklene er i leire/silt-fraksjonen.

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

2.2.3 Kjemiske analyser

Det ble tatt ut prøve fra det ene hugget til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av AnalyCen AS (akkrediteringsnummer Test 043). 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 SFT's manual (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2).

Surhetsgrad (pH) og redokspotensiale (E_h) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. E_h 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 uforurensete områder vil det ofte være minst 20-30 arter i en grabbprøve, men det er ikke uvanlig å finne over 50 arter. Naturlig variasjon mellom ulike områder gjør det vanskelig å anslå et "forventet" artsantall. Ved dårlige miljøforhold vil få eller ingen arter være tilstede i sedimentet.

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

Grabbinholdet ble vasket gjennom to sikter, der den første sikten har hull diameter 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 nøytralisert med boraks. I laboratoriet ble prøvene skylt på nytt i en 1 mm sikt, før dyrene ble sortert ut fra sedimentrestene og overført til egnet konserveringsmiddel for oppbevaring. Så langt det har latt seg gjøre er dyrene fra prøvene bestemt til art. Bunndyrsmaterialet er oppbevart på Zoologisk museum, Universitetet i Bergen.

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

I Vedleggsdelen presenteres en kort omtale av metodene 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.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og til forurensningsgrad.

Artsdiversiteten beregnes for hver prøve og samlet på stasjonene. Diversiteten brukes deretter til å gi området en tilstandsklasse som varierer fra I (meget god) til V (meget dårlig). Når oppdrettsanlegg er det ofte få arter. 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).

I kartet over innsamlingsområdet er stasjonene markert med symboler (○ = svært bra, ◐ = bra, ◑ = middels, ◒ = dårlige miljøforhold og ● = dødt) for å illustrere vår oppfatning av miljøforholdene. Symbolene blir gitt på grunnlag av alle resultatene i undersøkelsen, både fra feltarbeidet og alle de ferdige analysene. Symbolene oppsummerer vårt helhetsinntrykk og bygger også på vår erfaring med slike undersøkelser.

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

Parameter	Måleenhet	Tilstandsklasse					
		I Bakgrunn (meget god)	II God	III Moderat (mindre god)	IV Dårlig	V Svært dårlig	
Dypvann	Oksygen	ml O ₂ /l	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5
Sediment	Shannon-Wiener indeks ('H)		>4	4-3	3-2	2-1	<1
	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 nærsone og overgangssone 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 denne lokaliteten har det vært oppdrettsanlegg siden 1994. Oppdragsgiver har stilt fôrforbruksdata til disposisjon for perioden fra mai 2006 til oktober 2008 (Tabell 2.4). I perioden var lokaliteten brakklagt i seks måneder fra september 2007 til april 2008.

Oppdrettsanlegget var omtrent midtveis i produksjonssyklusen på undersøkelsestidspunktet og akkumulert fôrforbruk fram til november 2008 var 1 169 084 kg.

Tabell 2.4. Fôrforbruket (kg) på lokaliteten Onarøy for perioden fra mai 2006 til oktober 2008.

År	Måned	Akkumulert fôrforbruk siden utsett (kg)	Forforbruk (kg)
		11 121	11 121
2006	Mai	57 753	46 633
2006	Juni	155 079	97 326
2006	Juli	302 155	147 076
2006	August	457 369	155 214
2006	September	595 943	138 574
2006	Oktober	697 813	101 871
2006	November	882 993	185 180
2006	Desember	1 029 135	146 142
2007	Januar	1 163 619	134 484
2007	Februar	1 323 195	159 576
2007	Mars	1 570 517	247 322
2007	April	1 892 978	322 461
2007	Mai	2 290 953	397 975
2007	Juni	2 668 558	377 605
2007	Juli	2 942 333	273 775
2007	August	2 979 890	37 557
2007	September	-	0
2007	Oktober	-	0
2007	November	-	0
2007	Desember	-	0
2008	Januar	-	0
2008	Februar	-	0
2008	Mars	9 640	9 640
2008	April	75 562	65 922
2008	Mai	173 346	97 784
2008	Juni	328 736	155 390
2008	Juli	538 640	209 904
2008	August	774 967	236 327
2008	September	921 640	146 673
2008	Oktober	1 169 084	247 444

3 RESULTATER OG DISKUSJON

3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og til like over bunnen på stasjon Ona 1. Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene den 7. oktober 2008.

Stasjon Dato	Dyp (m)	Temp. (°C)	Salthold. (psu)	Oksygen mg/l	Oksygen ml/l	Oksygen metning	Tetthet
Ona 1	1	12,73	28,58	8,82	6,21	94,10	21,477
07.10.2008	2	12,73	28,57	8,87	6,25	94,64	21,478
	3	12,75	28,58	8,94	6,30	95,38	21,487
	5	12,75	28,59	9,16	6,45	97,77	21,503
	7	12,90	28,65	9,33	6,57	99,92	21,531
	10	14,26	30,62	9,23	6,50	102,98	22,798
	15	14,55	31,73	8,46	5,96	95,63	23,616
	20	13,79	32,15	8,65	6,09	96,47	24,120
	25	12,88	32,65	8,84	6,23	97,05	24,708
	30	12,42	33,09	8,86	6,24	96,49	25,159
	40	10,93	33,51	9,00	6,34	95,17	25,811
	50	9,76	33,91	8,93	6,29	92,24	26,369
	60	8,99	34,22	8,91	6,27	90,60	26,784
	70	8,86	34,47	8,75	6,16	88,84	27,041
	80	8,59	34,63	8,73	6,15	88,16	27,257
	90	8,46	34,70	8,70	6,13	87,62	27,379
	100	8,37	34,72	8,56	6,03	86,04	27,454
	125	8,23	34,75	7,82	5,51	78,35	27,617
	143	8,13	34,76	6,36	4,48	63,61	27,723

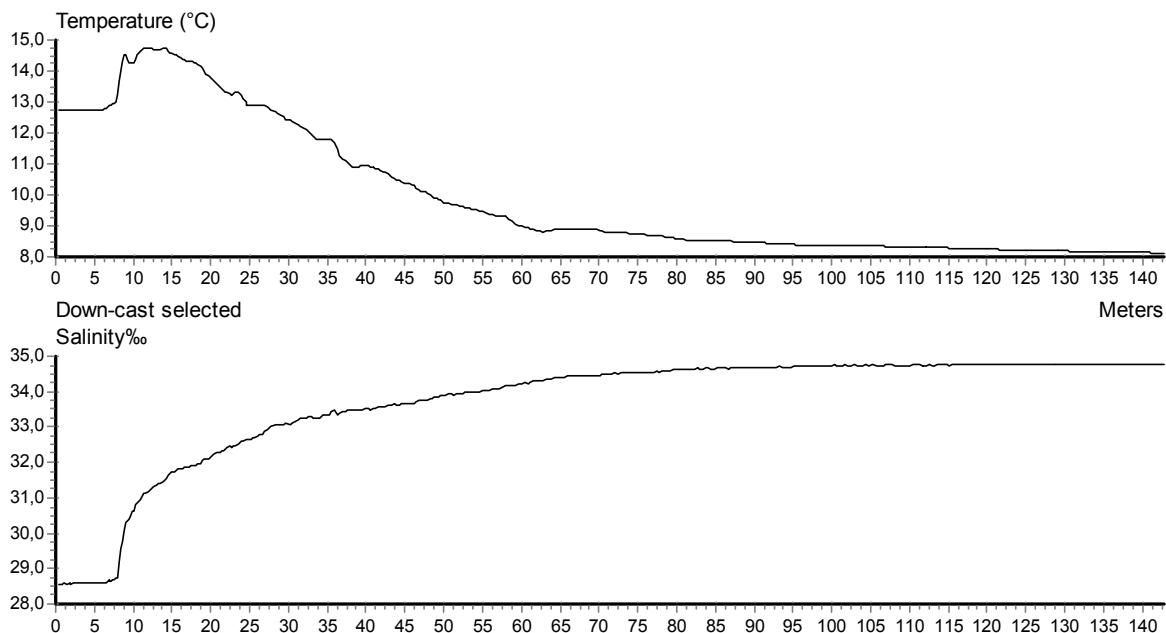
File name: onarøy og kollevåg.SD2

Interval: 1 seconds

Measurement series number: 13

SD204, Serial No: 714, AP1073,49

Data displayed from: 09:17:15 - 07.Oct-08 (No. 437) To: 09:29:44 - 07.Oct-08 (No: 1186)



Figur 3.1. Temperatur, saltholdighet og oksygen målt fra overflaten og til 143 meters dyp på stasjon Ona 1 den 7. oktober 2008.

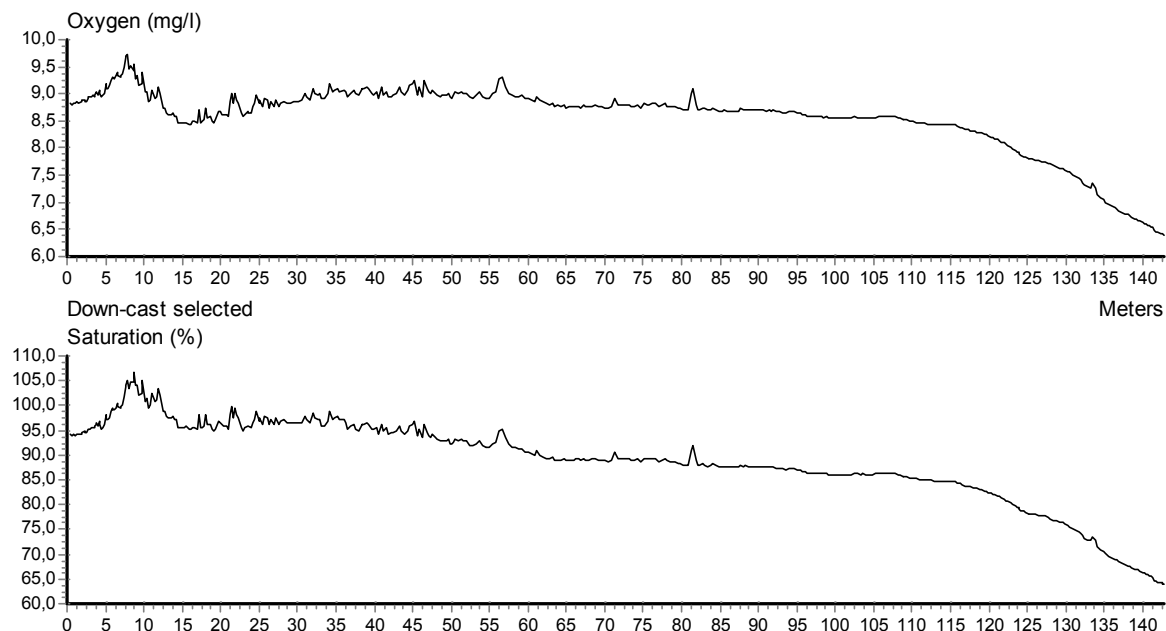
File name: onarøy og kollevåg.SD2

Interval: 1 seconds

Measurement series number: 13

SD204, Serial No: 714, AP1073,49

Data displayed from: 09:17:15 - 07.Oct-08 (No. 437) To: 09:29:44 - 07.Oct-08 (No: 1186)



Figur 3.1 forts. Målt oksygeninnhold og beregnet oksygenmetning fra overflaten og til 143 meters dyp på stasjon Ona 1 den 7. oktober 2008.

I 7-15 m dyp var det et sprangsjikt hvor tettheten økte raskt. Temperaturen som var 12,7 °C i overflaten, steg til 14,6 °C i 15 m dyp og sank til 8,1 °C på 143 m dyp. Målingene viser en overflate-saltholdighet på 28,6 psu. Saltholdigheten økte raskt til over 30 psu i 7 m dyp før den økte jevnt nedover i vannsøylen til 34,8 på 143 m dyp (Tabell 3.1). Oksygeninnholdet var 6,2 ml/l i overflaten og hadde et maksimum i 7 m dyp på 6,6 ml/l før det sank til 4,5 ml/l på 143 m dyp. Dette plasserer bunnvannet i SFT's tilstandsklasse I-II (meget god-god).

I undersøkelsen som ble gjort i Onarheimsfjorden 25. februar 1997 (Ellingsen et al. 1997, var oksygeninnholdet i bunnvannet på 75 m dyp 5,94 ml/l). Den 7. oktober 2008 lå oksygeninnholdet i vannsøylen på 70-80 m på samme nivå (6,15-6,16 ml/l). Det var altså litt høyere oksygeninnhold i samme dybdesjikt i Onarheimsfjorden i oktober 2008 enn i mars 1997.

3.2 Sediment

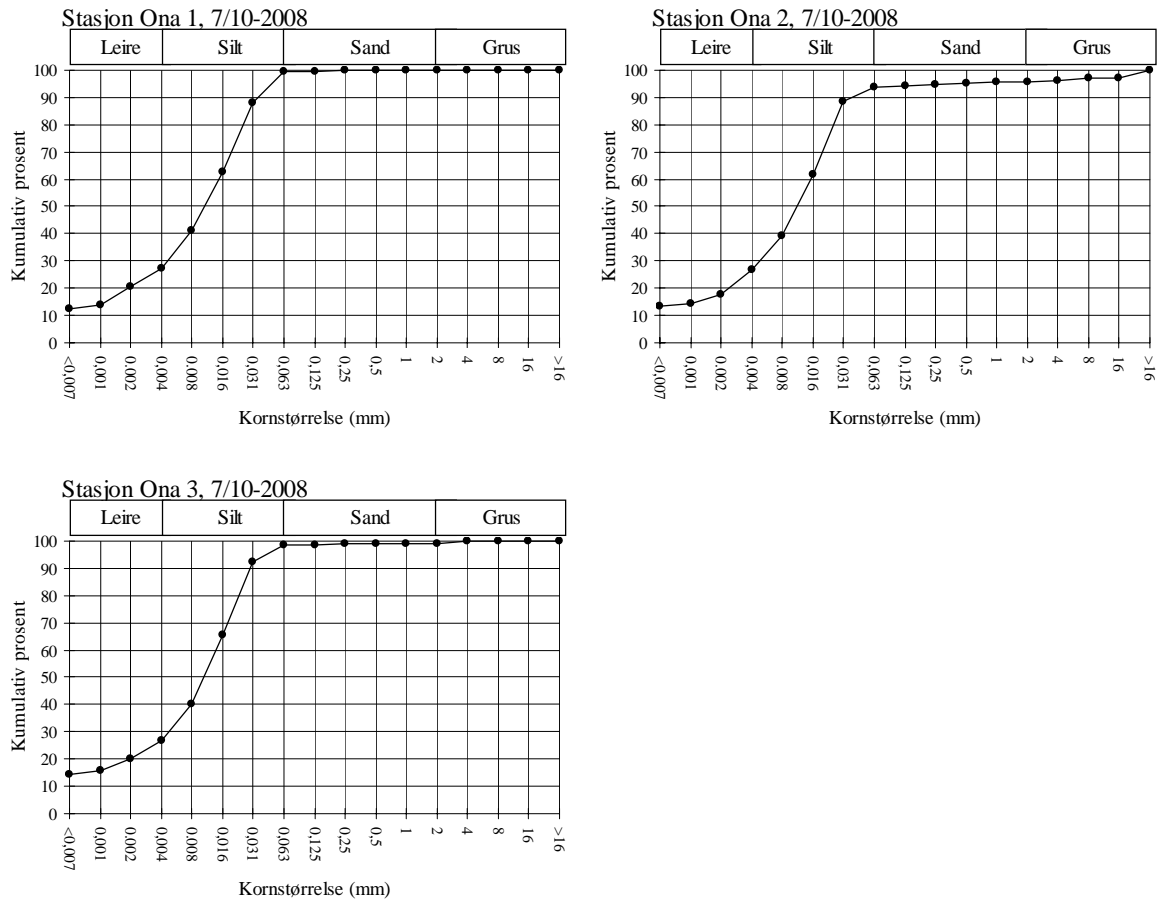
Resultatene fra sediment-undersøkelsene er presentert i Tabell 3.2 og Figur 3.2.

Tabell 3.2. Oversikt over dyp, organisk innhold (% glødetap) og kornfordeling i sedimentprøver fra stasjonene ved Onarøy.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Ona 1	147	7,68	27	72	99	1	0
Ona 2	130	7,58	27	67	94	2	4
Ona 3	130	8,11	27	72	98	1	1

Det organiske innholdet i sedimentet på stasjonene Ona 1,2 og 3 varierte fra 7,6 % til 8,11 % og var ikke spesielt høyt. Det lå på et nivå som en kan forvente på slike dyp i norske fjorder.

Sedimentet hadde et høyt innhold av leir/silt (94-98 %). Dette indikerer at det er svake bunnstrømmer i området.



Figur 3.2. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Onarøy.

3.3 Kjemi

Sediment analyser

Innholdet av kobber og sink var lavt og lå i SFT's tilstandsklasse I (bakgrunn) på stasjonen i overgangssonen (Ona 3) og referansestasjonen på 147 m dyp (Ona 1). Inntil anlegget var konsentrasjonen av sink litt forhøyet og fikk tilstandsklasse II (god). Fosfor inngår ikke i SFT's manual, men sammenlignet med andre MOM-C undersøkelser var også disse verdiene lave.

Innholdet av TOC/100 g sediment var 2,3 g/100 g Ona 1, 3,5 g/100 g Ona 2 og 3,3 g/100 g på Ona 3. For å benytte SFT's tilstandsklasse på TOC, må de målte verdiene standardiseres for teoretisk 100 % finfraksjon. Formelen som benyttes til dette, er imidlertid ikke tilpasset lokaliteter som ligger inne i fjorder som i denne rapporten (Aure et al. 1993). For å få et rett bilde av sediment-tilstanden bør TOC-innholdet også vurderes opp mot det organiske innholdet i sedimentet. Hvis vi benytter formelen gitt i SFT's manual fikk stasjonene Ona 2 og Ona 3 en normalisert TOC-verdi på 36,1 mg/g og 33,4 mg/g, noe som plasserer stasjonene i tilstandsklasse III (moderat) - IV (dårlig). Det målte organiske innholdet var imidlertid ikke spesielt høyt med kun 7,6-8,1 % organisk materiale.

Tabell 3.3. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet og innholdet av tørrstoff (TS). Tilstandsklasser (T.kl.) er oppgitt etter SFT' klassifisering (Bakke et al. 2007) for sink, kobber og normalisert TOC.

Stasjon	Kobber (mg/kg)	T.kl	Sink (mg/kg)	T.kl	TOC (g/100g)	Normalisert TOC (mg/g)	T.kl	Fosfor (g/kg)	TS (%)
Ona1	17	I	120	I	2,3	23,2	II	0,9	40,6
Ona 2	17	I	170	II	3,5	36,1	III-IV	3,2	40,9
Ona3	23	I	140	I	3,3	33,4	III	2,0	43,2

Måling av pH og Redokspotensial (E_h)

Det ble foretatt pH og E_h måling av bunnsedimentet fra Ona 1, 2 og 3 den 7. oktober 2008. 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.

Målingene av pH og E_h plasserte Ona 1 og Ona 3 miljøtilstand 1 (meget god) i henhold til MOM-B standarden, mens Ona 2 fikk miljøtilstand 2 (god) (Tabell 3.4).

Tabell 3.4. Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra Onarøy. Den beregnede pH/ E_h verdien går fra 0 til 5 hvor 0 er best. MOM-B klassifiseringene går fra 1 til 4, hvor 1 er beste tilstand.

Stasjon / Parameter	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand	
Ona 1	7,4	170	0	1	Meget god
Ona 2	7,1	-126	2	2	God
Ona 3	7,5	205	0	1	Meget god

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5 - 3.6, Figur 3.3 - 3.4, og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i oktober 2008. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere effekter fra miljøpåvirkning integrert over tid.

Gode miljøforhold i sjøbunnen kjennetegnes ofte ved høyt artsantall og relativt jevn fordeling av individer mellom arter. Tilførsel av store mengder organisk materiale som f.eks. fra oppdrettsanlegg (fôrrester og fiskeekskremitter) kan gi dårlige miljøforhold. Nedbrytning av organisk materiale kan føre til at sedimentet og vannet over bunnen blir oksygenfattig, eller helt uten oksygen, og det kan dannes hydrogensulfid. Uten oksygen kan det ikke leve dyr i bunnsedimentet. Svake bunnstrømmer i området vil være medvirkende til opphopning av organisk materiale. Gode strømforhold kan medvirke til spredning og raskere omsetning av organisk stoff.

Bunnen der oppdrettsanlegget er plassert, er svakt skrånende. Stasjon Ona 2 ligger på 130 m dyp ved siden av oppdrettsanlegget. Denne stasjonen var påvirket av driften ved anlegget. I det ene grabbhugget ble det funnet tre bunnlevende krepsdyrarter med ett individ hver, som er

utelatt fra beregningene, mens det i det andre hugget ble funnet to børstemarkarter, *Myriochele oculata* og *Polydora* sp., med til sammen seks individer. For overgangssonen og nærsjonen til oppdrettsanlegg er det utarbeidet et eget klassifiseringssystem i MOM standarden. En vurdering av bunnfaunaen gir stasjonen nærmest anlegget MOM-C miljøtilstand 3 (dårlig).

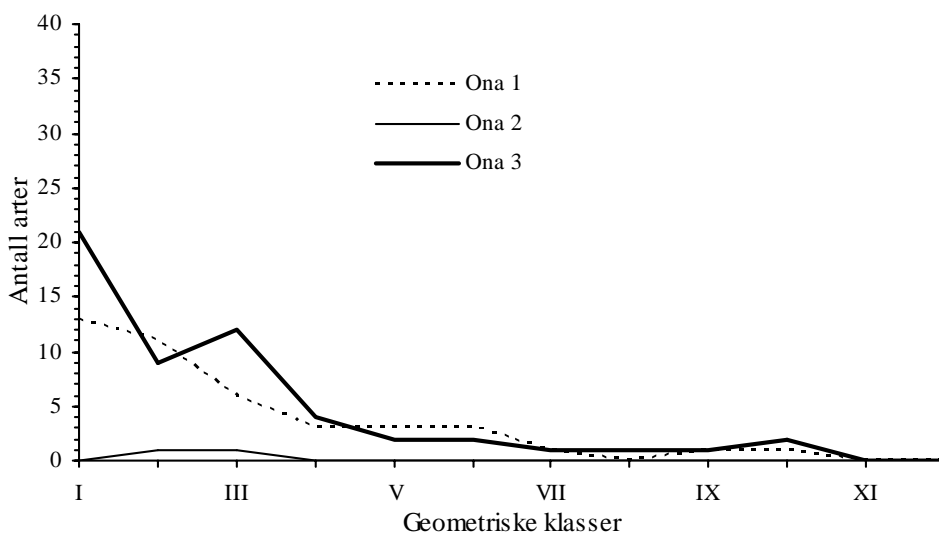
Den dypeste stasjonen, Ona 1 som ligger på 147 m dyp ca 1 km sør for anlegget, hadde 42 arter med til sammen 1295 individer. Diversiteten ble beregnet til 2,7 med jevnhet 0,5 som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse III (mindre god) (Tabell 3.5). De mest tallrike artene var børstemarken *Polydora* sp. med 567 individer (43,7 %) og *Paramphinome jeffreysii* med 354 individer (27,3 %) (Tabell 3.6). Artsutvalget og diversiteten indikerer en svak miljøpåvirkning av organisk materiale på den stasjonen.

Stasjon Ona 3, som ligger på 130 m dyp ca 200 m fra anlegget, hadde et høyt artsantall med 55 arter fordelt på 2387 individer. Diversiteten ble beregnet til 2,9 med jevnhet 0,5 noe som plasserer stasjonen i SFT's tilstandsklasse II-III. De tre mest tallrike artene var børstemarkene *Heteromastus filiformis* (30,0 %) og *Paramphinome jeffreysii* (28,5 %) samt skjellet *Thyasira sarsii* (16,3 %). Stasjon Ona 3 ligger i overgangssonen. I henhold til denne klassifiseringen får bunnfaunaen på stasjon Ona 3 beste MOM-C miljøtilstand 1 (meget god). De geometriske klassene indikerer at stasjonen ble påvirket av organisk materiale, men ikke mer enn at det har gitt enn positiv stimulans på bunnfaunen (Figur 3.3).

De multivariate analysene viser at faunaen i de to parallelle huggene fra den dypeste stasjonen og stasjonen i overgangssonen var relativt ensartet. Likheten mellom huggene var 72,4 % på Ona 1 og 67,2 % på Ona 3 (Figur 3.4). Disse to stasjonene var klart forskjellig fra stasjonen Ona 2 hvor det ble funnet noen ganske få arter.

Tabell 3.5. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J) og beregnet maksimal diversitet (H'_{max}) for hver enkelt prøve (grabbhuggnummer) og totalt for hver stasjon. Informasjon om de nye foreslåtte indeksene, Ambi og NQ-1 er gitt i vedlegget.

Stasjon	Hugg	Antall individer	Antall arter	H'_{max}	J	H'	T.kl.	ES(100)	T.kl.	Ambi	NQ-1	MOM
Ona 1	1	545	26	4,70	0,55	2,58		14,1		3,42	0,58	-
	2	750	37	5,21	0,53	2,75		15,9		3,28	0,62	-
	sum	1295	42	5,39	0,50	2,72	III	15,2	III	3,34	0,61	-
Ona 2	1	6	2	1,00	0,92	0,92	-	2,0	-	0,37	0,33	
	2	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	
	sum	6	2	1,00	0,92	0,92	-	2,0	-	0,37	0,33	3
Ona 3	1	944	40	5,32	0,56	2,98		14,8		0,62	0,51	
	2	1443	41	5,36	0,47	2,53		11,9		0,58	0,45	
	sum	2387	55	5,78	0,50	2,88	II-III	13,5	III	0,61	0,49	1

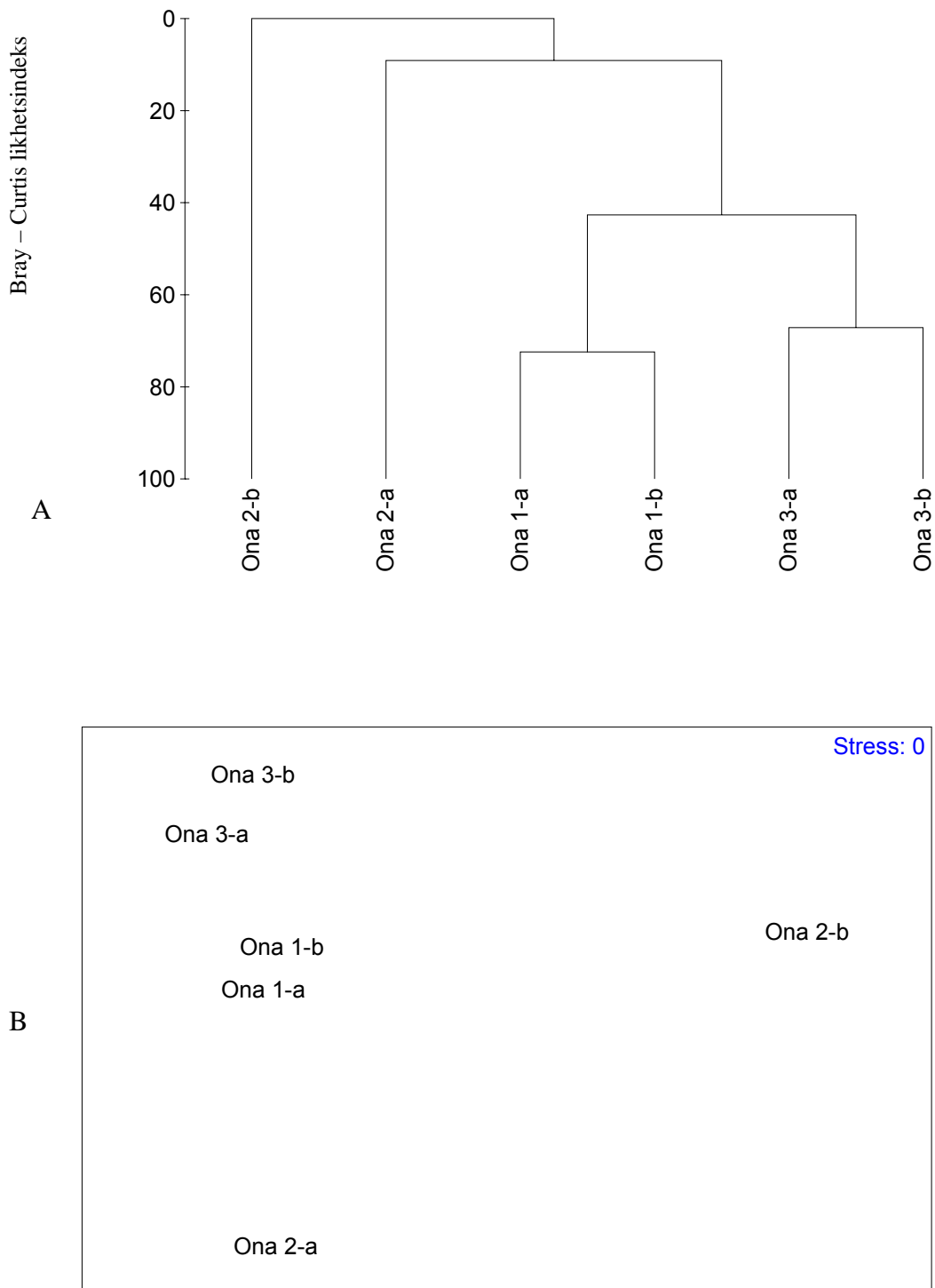


Figur 3.3. Antall arter langs (y-akse) er plottet mot geometriske klasser (x-akse) i prøvene.

Tabell 3.6. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Ona 1				Ona 2			
			0,2 m ²				0,2 m ²
Arter	antall	prosent	kum %	Arter	antall	prosent	kum %
<i>Polydora</i> sp.	567	43,78	43,78	<i>Myriochele oculata</i>	4	66,67	66,67
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	354	27,34	71,12	<i>Polydora</i> sp.	2	33,33	100,00
<i>Myriochele oculata</i>	79	6,10	77,22				
<i>Nephasoma cf. minutum</i>	43	3,32	80,54				
<i>Thyasira equalis</i>	41	3,17	83,71				
<i>Diplocirrus glaucus</i>	33	2,55	86,25				
<i>Glycera lapidum</i>	25	1,93	88,19				
Lumbrineridae indet.	24	1,85	90,04				
<i>Prionospio cirrifera</i>	21	1,62	91,66				
<i>Levinsenia gracilis</i>	15	1,16	92,82				

Ona 3			
			0,2 m ²
Arter	antall	prosent	kum %
<i>Heteromastus filiformis</i>	716	30,00	30,00
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	679	28,45	58,44
<i>Thyasira sarsii</i>	388	16,25	74,70
<i>Polydora</i> sp.	213	8,92	83,62
<i>Abra nitida</i>	111	4,65	88,27
<i>Chaetozone</i> sp.	43	1,80	90,07
<i>Diplocirrus glaucus</i>	43	1,80	91,87
<i>Ophiodromus flexuosus</i>	24	1,01	92,88
<i>Polycirrus medusa</i>	17	0,71	93,59
<i>Prionospio cirrifera</i>	15	0,63	94,22



Figur 3.4. De multivariate analysene viser a) Cluster-plott og b) MDS-plott med stressfaktor 0. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata og er basert på Bray-Curtis indeks. Med Ona1-a menes første hugg fra Ona 1 osv.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved et oppdrettsanlegg som ligger på svai i Onarheimsfjorden. Formålet med undersøkelsen som ble gjennomført 7. oktober 2008, var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrs-undersøkelser. Det ble tatt grabbprøver fra en stasjon inntil anlegget (stasjon Ona 2), en stasjon i overgangssonen (stasjon Ona 3) og en stasjon fra dypbassenget (stasjon Ona 1) som ligger 1 km fra anlegget.

Hydrografimålingene viste at det var tilfredsstillende oksygenforhold i bunnvannet i SFT's tilstandsklasse I-II (meget god – god) (Tabell 4.1).

Det organiske innholdet i sedimentet var ikke spesielt høyt og det lå på et nivå som en kunne forvente på slike dyp i norske fjorder. Innholdet av TOC var litt høyere inntil anlegget (Ona 2) og i overgangssonen (Ona 3) enn i dypbassenget (Ona 1). Alle stasjonene hadde et finkornet sediment bestående hovedsaklig av leire og silt, noe som indikerte svake bunnstrømmer i området. Innholdet av fosfor i sedimentet var lavt. Konsentrasjonene av kobber og sink var lave og lå i SFT's tilstandsklasse I-II (bakgrunn-god). pH og E_h målingene gav MOM-B tilstand 1 (meget god) på referansestasjonen (Ona 1) og i overgangssonen (Ona 3), mens målingene gav MOM-B tilstand 2 (god) inntil anlegget (Ona 2).

Stasjonene i overgangssonen og referansestasjonen hadde begge artsrike bunnfaunaer.

Referansestasjonen, Ona 1, fikk SFT's tilstandsklasse III (mindre god). Stasjon Ona 3 som lå i overgangssonen, var positivt stimulert av organisk tilførsel og fikk MOM-C miljøtilstand 1 (god). Stasjon Ona 2 som lå inntil anlegget, var påvirket av driften og fikk MOM-C miljøtilstand 3 (dårlig).

Artsrikdommen i bunnfaunen i overgangssonen og på den dypeste stasjonen indikerer en positiv stimulans fra driften på undersøkelsestidspunktet. Ut fra prøvene som ble tatt midt i produksjonssyklusen, ser det ut til at spesielt nærområdet blir påvirket av driften. Området som helhet bør overvåkes for å følge utviklingen, spesielt dersom produksjonen i lokaliteten økes.

Tabell 4.1. Oppsummering av noen resultater fra undersøkelsen.

Stasjon	Sink	Kobber	TOC	pH/ E_h	Bunn-fauna	Bunnvann - oksygen
Ona 1	SFT - I	SFT - I	SFT - I	MOM - 1	SFT - III	SFT - I-II
Ona 2	SFT - I	SFT - II	SFT - III-IV	MOM - 2	MOM - 3	-
Ona 3	SFT - I	SFT - I	SFT - III	MOM - 1	MOM - 1	-

5 TAKK

Vi takker Magnus Bakke og Egil Meland på *Gyda* for god hjelp og hyggelig tokt. På toktet deltok Helge Botnen fra SAM-marin. Sedimentanalysene ble utført av Amir E Yazdanpanah Amin. Bunnprøvene ble sortert av R. Tveiten og T. Ensrud. Bunndyrene ble identifisert av 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.
- Ellingsen KE, Tvedten Ø, Botnen HB, Johannessen P. 1997. Miljøundersøkelse ved Vatterøy, Tysnes kommune. *IFM-Rapport 27-1997*. Universitetet i Bergen 27 sider.
- 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*.

7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata.....</i>	<i>26</i>
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre.....</i>	<i>34</i>
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	<i>36</i>
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser.....</i>	<i>37</i>
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis.....</i>	<i>41</i>

Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrdata

Analyse av bunndyrdata

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 bunndyr-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 bunndyrprøver 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.

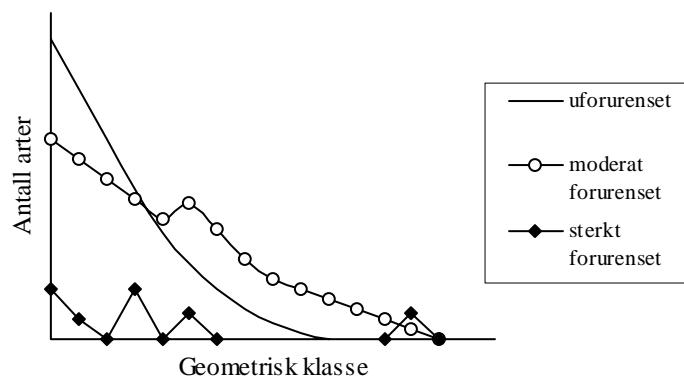
Geometriske klasser

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 & Mirza (1979) og Pearson & 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 & 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. Statens forurensningstilsyn (SFT) legger imidlertid vekt på indeksen når miljøkvaliteten i et område skal anslås på bakgrunn av bunnfauna.

Diversitet og jevnhet

Diversitet omfatter artsrikdom (S , totalt antall arter i en prøve) og jevnhet (J , fordelingen av antall individer per art). Disse to komponentene er sammenfattet i Shannon-Wieners diversitetsindeks (H') (Shannon & Weaver 1949):

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

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:

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

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.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélin 1993). Disse er revidert og gitt ut i nytt format (Molvær & al. 1997). Etter disse retningslinjene kan bunndyrprøvene gis tilstandsklasse. Tilstandsklassen fås ved å

sammenlikne den observerte artsdiversiteten i et område med SFT's skala for tilstandsklasse (Tabell v2). Tilstandsklassene varierer mellom I og V, der V er dårligst.

Tabell v2. Tabellen viser inndeling i tilstandsklasser ut fra artsmangfold i bløtbunnsfauna og tilhørende verdier for parametrene Shannon-Wiener indeks og Hurlbert indeks (Molvær & al. 1997).

Parameter	Tilstandsklasse					
	I "Meget god"	II "God"	III "Mindre god"	IV "Dårlig"	V "Meget dårlig"	
Bunndyr	Shannon-Wiener indeks (H')	>4	4-3	3-2	2-1	<1
	Hurlbert indeks ($ES_{n=100}$)	>26	26-18	18-11	11-6	<6

Prøver med jevn fordeling av individene blant artene gir høy diversitet, også ved et lavt artsantall. En slik prøve vil dermed få god "miljøstatus" i følge Molvær & al. (1997) selv om den inneholder få arter. Diversitet er også et dårlig mål på miljøstatus i prøver med mange arter hvor én art er representert med svært mange individer. Diversiteten blir lav som følge av skjev fordeling blant individene (lav jevnhet), men mange arter viser at det er gode miljøforhold. Når vi vurderer miljøforholdene i slike tilfeller vil vi legge større vekt på artsantallet og hvilke arter som er tilstede, enn på diversitet.

Flervariabel/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. Både klassifikasjons- og ordinasjonsmetoden bygger i utgangspunktet på Bray-Curtis similaritetsindeks (Bray & 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.

NQI og AMBI

Azti Marine Biotic Index (AMBI) er en type indeks som beregnes ut fra sensitiviteten hos artene som finnes i prøvene (Borja et al. 2000). Hver art har av eksperter fått tilegnet en verdi som går fra 1 til 5 hvor arter som finnes under dårlige forhold har fått verdien 5. AMBI-indeksen blir så beregnet ut fra fordelingen de artene som forekommer i prøvene. AMBI er benyttet som sensitivitetselement i tillegg til et diversitetselement i den nye norske

multimetriske indeksen NQI (Norwegian Combination Index). Foreløpige foreslåtte grenser for indeksen NQI-1 er gitt i tabell v3.

Tabell v3. Foreslåtte grenseverdier og referanseverdier for den norske indeksen NQI-1.

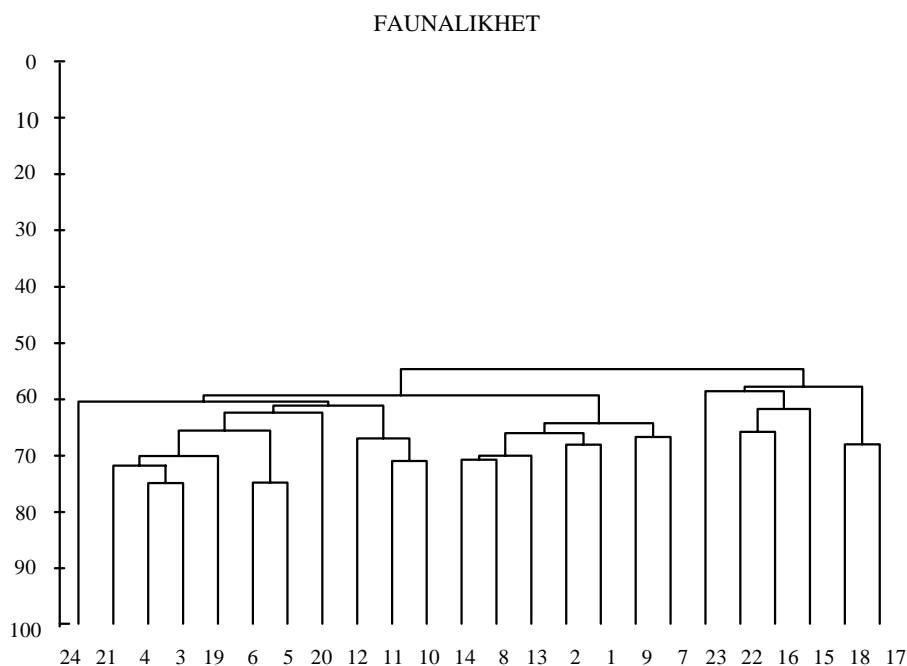
Optimaliserte verdier:

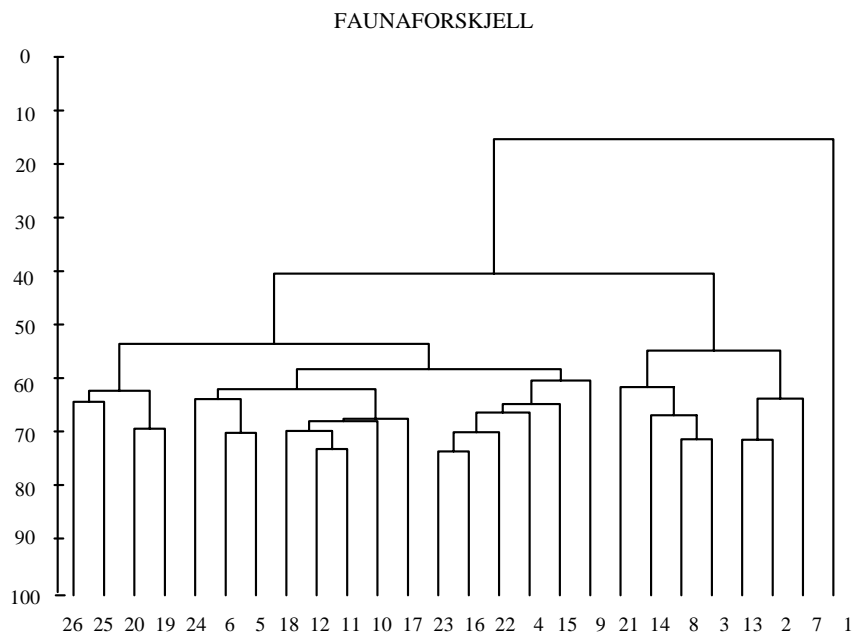
STATUS CODE	STATUS NAME	NQI CLASS VALUE	NQI EQR VALUE
V	BAD	0-0.31	0-0.4
IV	POOR	0.31-0.49	0.4-0.63
III	MODERATE	0.49-0.63	0.63-0.81
II	GOOD	0.63-0.72	0.81-0.92
I	HIGH	0.72-1.00	0.92-1.28
	REFERENCE	0.78	1

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.

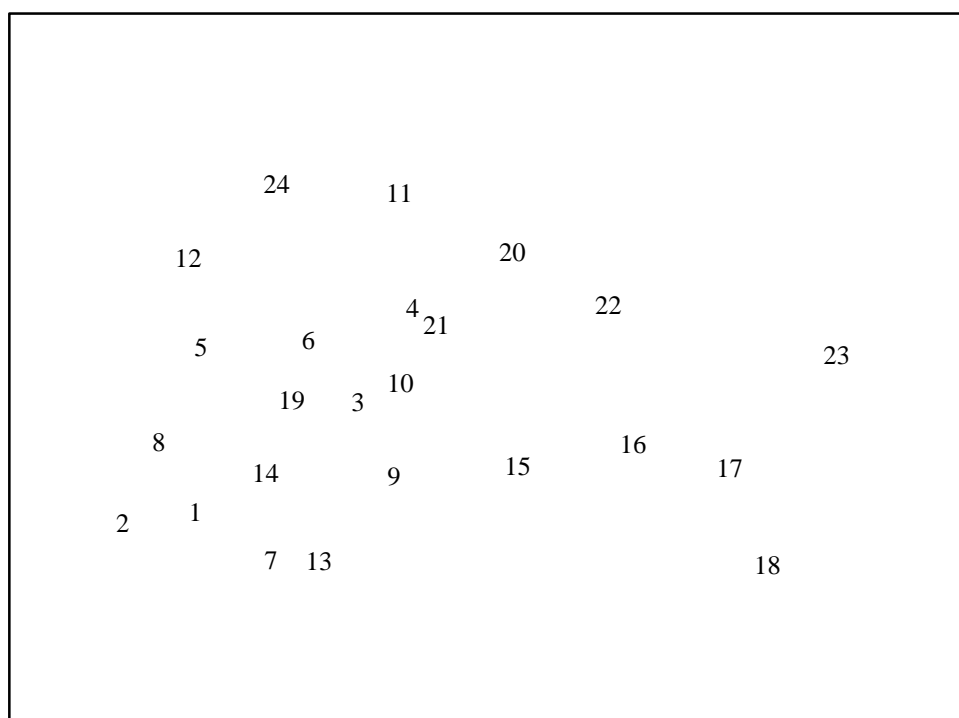
De multivariate analysene er utført med dataprogrammer fra programpakken PRIMER fra Plymouth Marine Laboratory i England. Cluster-analysen er utført med programmet CLUSTER, til MDS-analysen er programmet MDS benyttet.



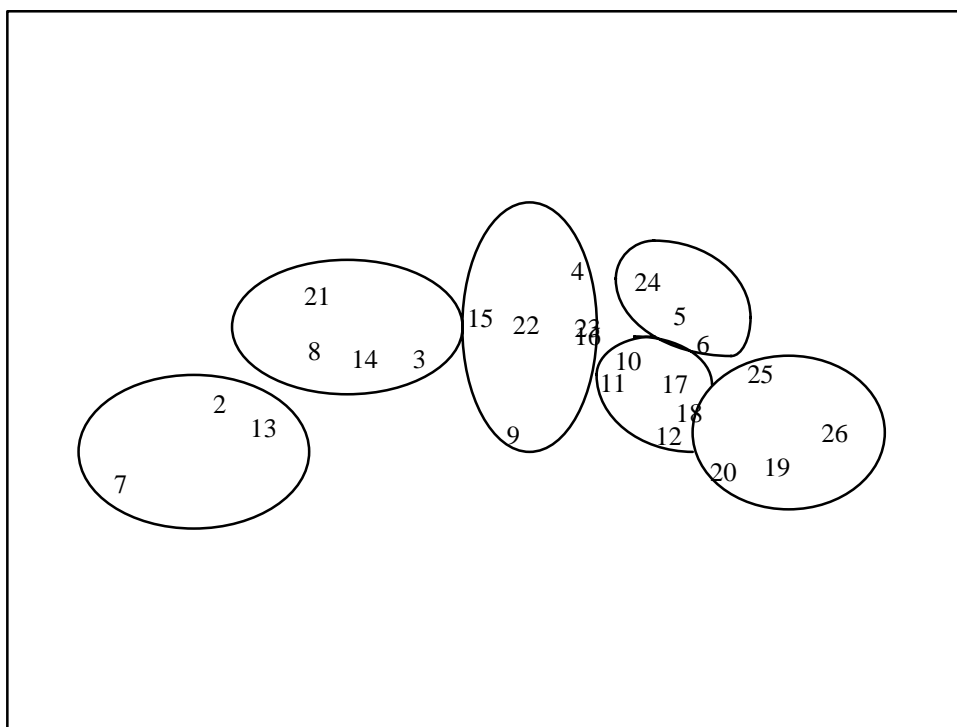


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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

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

Borja A, Franco J, Pérez 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.

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, Théliin, 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.

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre.

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Alsaker fjordbruk AS

Dato: 07.10.2008

Lokalitet: Onarøy, Tysnes kommune

Konsesjonsnr: H-T-3, T-6, T-16 og T-20

Prøvetakssted (nr)	Ona 1	Ona 2	Ona 3							
Dyp (m)	147	130	130							
Antall forsøk	5	4	4							
Bobling (i prøve)	nei	nei	nei							
Primær-sediment	Grus									
	Skjellsand									
	Sand									
	Mudder									
	Silt	ja	ja	ja						
	Leire	ja	ja	ja						
Fjellbunn										
Steinbunn										
Pigghuder, antall										
Krepsdyr, antall			ja							
Skjell, antall			ja							
Børstemark, antall	ja	ja	ja							
Andre dyr, antall										
<i>Malacoceros fuliginosa</i>										
Beggiatoa	nei	nei	nei							
Fôr	nei	nei	nei							
Fekalier	nei	nei	nei							
Kommentarer	Bunnfauna identifisert, se	Bunnfauna identifisert, se	Bunnfauna identifisert, se							

Seksjon for anvendt miljøforskning

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Alsaker fjordbruk AS

Dato: 07.10.2008

Lokalitet: Onarøy, Tysnes kommune

Konsesjonsnr: H-T-3, T-6, T-16 og T-20

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr								Indeks																			
			Ona 1	Ona 2	Ona 3																									
I	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0	0	0							0,0																		
	Tilstand (Gruppe I)		A																											
II	pH	verdi	7,4	7,1	7,5																									
	E _h (mv)	verdi	-47	-343	-12																									
		+ ref. verdi	170	-126	205																									
	pH/E _h	fra figur	0	2	0							0,7																		
		Tilstand, prøve	1	2	1																									
Tilstand, gruppe II		1	Buffer temp: 13		Sjøvannstemp: 11,5			Sedimenttemp: 8,5																						
			pH sjø: 8,0		E _h sjø: 170			Referanseelektrode: 217																						
III	Gassbobler	Ja = 4 Nei = 0	0	0	0																									
	Farge	Lys/Grå = 0	0	0	0																									
		Brun/Sort = 2																												
	Lukt	Ingen = 0	0		0																									
		Noe = 2		2																										
		Sterk = 4																												
	Konsistens	Fast = 0																												
		Myk = 2	2	2	2																									
		Løs = 4																												
	Grabbvolum	v < 1/4 = 0																												
		1/4 ≤ v < 3/4 = 1																												
		v ≥ 3/4 = 2	2	2	2																									
	Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0	0	0																									
		2 - 8 cm = 1																												
		t ≥ 8 cm = 2																												
SUM			4	6	4																									
Korrigert sum (*0,22)			0,88	1,32	0,88							1,0																		
Tilstand prøve			1	2	1																									
Tilstand gruppe III			1																											
Middelverdi gruppe II og III			0,44	1,66	0,44							0,8																		
Tilstand gruppe II og III			1																											
<table border="1"> <tr> <td>pH/E_h</td> <td rowspan="5">Tilstand</td> </tr> <tr> <td>Korr. sum</td> </tr> <tr> <td>Indeks</td> </tr> <tr> <td>Middelverdi</td> </tr> <tr> <td>< 1,1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>1,1 - < 2,1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>2,1 - < 3,1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>≥ 3,1</td> <td>4</td> </tr> </table>		pH/E _h	Tilstand	Korr. sum	Indeks	Middelverdi	< 1,1	1	1,1 - < 2,1	2	2,1 - < 3,1	3	≥ 3,1	4	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Tilstand</th> <th rowspan="2">Lokalitetstilstand</th> </tr> <tr> <th>Gruppe I</th> <th>Gruppe II og III</th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>1, 2, 3, 4</td> <td>1, 2, 3, 4</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1, 2, 3</td> <td>1, 2, 3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> </table>		Tilstand		Lokalitetstilstand	Gruppe I	Gruppe II og III	A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4	4	1, 2, 3	1, 2, 3	4	4	4
pH/E _h	Tilstand																													
Korr. sum																														
Indeks																														
Middelverdi																														
< 1,1		1																												
1,1 - < 2,1	2																													
2,1 - < 3,1	3																													
≥ 3,1	4																													
Tilstand		Lokalitetstilstand																												
Gruppe I	Gruppe II og III																													
A	1, 2, 3, 4	1, 2, 3, 4																												
4	1, 2, 3	1, 2, 3																												
4	4	4																												
LOKALITETSTILSTAND											1																			

Vedleggstabell 2. Artsliste



UNIVERSITETSFORSKNING BERGEN AS
**SEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)**

Høyteknologisenteret i Bergen, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 64 Telefaks: 55 58 45 25



BENTHOS ARTSLISTE

Oppdragsgiver (navn og adresse): Alsaker/Tysnes Fjordbruk AS

Prosjekt nr.: 802047

Prøvetakingssted: Lokaliteten Onarøy, Tysnes kommune

Dato for prøvetaking: 7. oktober 2008

Ansvarlig for prøvetaking (firma): UNIFOB AS SAM-Marin

Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: Ingen

Artene er identifisert av: Per Johannessen (SAM).

Metode: Materialet er framskaffet i henhold til akkreditering gitt av Norsk Akkreditering til prøvetaking og taksonomisk analyse under akkrediteringsnummer Test 157. Undersøkelsen følger Norsk Standard NS 9423 og interne standard forskrifter.

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 tilstede i prøven, men at de ikke er kvantifisert.

/ i tabellen betyr en deling i voksne og unge individer (eksempel 4/2 betyr 4 voksne og 2 unge).

cf. mellom slekts- og artsnavn betyr at slektsbestemmelsen er sikker, men at artsbestemmelsen er usikker.

* ved arter eller grupper av arter angir arter eller grupper av arter som ikke er med i eventuelle analyser.

* ved huggnummer angir at det er knyttet avvik til prøven

Andre opplysninger:

Tabellen starter på neste side og består av 3 sider.

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

Signatur:.....

Signaturberettiget

Seksjon for anvendt miljøforskning

Artsliste Onarheimsfjorden	Ona 1	Ona 1	Ona 2	Ona 2	Ona 3	Ona 3
07.10.2008	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2
* Porifera indet.	+					
* Hydrozoa indet.	+		+		+	+
Anthozoa						
Virgularia mirabilis		1/1			0/1	
Edwardsia sp.						1
* Nemertini indet.	65	59	1		54	41
* Nematoda indet.	5	5	1	1		
Priapulida						
Priapulus caudatus					0/2	
Polychaeta indet.				+		
Paramphinome jeffreysii	144/14	180/16			333/29	255/62
Harmothoe sp.	2					
Pholoe baltica					1	
Pholoe pallida		2				
Gyptis rosea					1	
Kefersteinia cirrata						1
Nereimyra punctata						0/1
Ophiodromus flexuosus		2			16/2	4/2
Glyphohesione klatti						4
Syllidae indet.					3	1
Exogone sp.	2	3			4	2
Ceratocephale loveni		2				
Glycera alba						1
Glycera lapidum	11	14				
Goniada maculata					2/1	2
Lumbrineridae indet.	9	15				
Protodorvillea kefersteini					2	
Scoloplos armiger						1
Laonice sarsi	0/1	1				
Polydora sp.	234	333	2		165	48
Prionospio cirrifera	11	10			2/1	12
Prionospio fallax	1	2			3	7
Prionospio dubia		1				
Spiophanes wigleyi		1				
Spiophanes kroeyeri		1				
Aricidea catherinae	1					
Levinsenia gracilis	8	7				
Paraonis sp.	1					
Aphelochaeta sp.					2	5
Chaetozone sp.					27	16

Seksjon for anvendt miljøforskning

	Ona 1	Ona 1	Ona 2	Ona 2	Ona 3	Ona 3
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2
Chaetozone cf. christie						1
Dodecaceria concharum					1	
Diplocirrus glaucus	12	21			14/13	11/5
Lipobranchus jeffreysii					1	
Scalibregma inflatum					6/2	6
Heteromastus filiformis	2				96	620
Notomastus latericeus		1			1	1/1
Praxillella affinis		1			2	
Rhodine gracilor		1				
Myriochele oculata	42	37	4		4	3
Owenia borealis					1	5/2
Pectinaria auricoma		1			3	1
Neoamphitrite affinis					1	
Pista cristata	1	1			2	1/1
Polycirrus medusa					1	13/3
Terebellides stroemi		6			7	
Sabellidae indet.		4			5	1
Sabella pavonina						1
Euchone sp.		1				
Oligochaeta indet.	1					
Sipuncula indet.					2	2
Phascolion strombus					1	
Nephasoma cf. minutum	8	35				
Crustacea						
* Calanus finmarchicus	52	54	17	5	6	8
* Chiridius armatus	2	3				
* Euchaeta norvegica	1					
* Metridia lucens	1					
* Metridia longa	1	1	3			
* Leucon nasica	7	1		1		
* Eudorella emarginata	1					
* Eudorella truncatula	2					
* Diastylodes biplicata				1		
* Gnathia sp.					4	1
* Amphipoda indet.	2			1		
Eriopisa elongata	1	1				
* Pontophilus norvegicus		1				
Mollusca						
Aporrhais pespelecani						0/1

Seksjon for anvendt miljøforskning

	Ona 1	Ona 1	Ona 2	Ona 2	Ona 3	Ona 3
	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2	Hugg 1	Hugg 2
Euspira pulchella						0/1
Euspira montagui					1	
Philine scabra						1
Cylichna cylindracea					2	1
Yoldiella philippiana	3/1	6			0/1	
Mytilidae indet.						1/2
Thyasira obsoleta	1/2	0/1				
Thyasira sarsii	1/1	2/2			118/6	234/30
Thyasira equalis	17/4	17/3			4	2
Mendicula ferruginosa	3	4				
Mysella bidentata					1/1	
Macoma calcarea						1
Abra nitida	2/3	4/5			44/5	58/4
Kelliella abyssicola		0/1				
Hiatella sp.						0/2
* Bryozoa indet.					+	
* Bryozoa skorpeformet			+	+		
* Bryozoa grenet			+	+		
Echinodermata						
Amphiura chiajei		1			0/1	0/1
Ophiura sp.	0/1	0/2				
Echinus acutus						0/1
* Chaetognatha indet.			1	1		1
* VARIA						+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene.

	Ona 1	Ona 2	Ona 3
I	13	0	21
II	11	1	9
III	6	1	12
IV	3	0	4
V	3	0	2
VI	3	0	2
VII	1	0	1
VIII	0	0	1
IX	1	0	1
X	1	0	2
XI	0	0	0
XII	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis

Analysebevis for stasjonene Ona 1 og Ona 2

Analyserapport

Moss

UNIFOB AS
 Gisle Vassenden
 Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
 Høyteknologisenteret
 5020 Bergen

AnalyCen 

Rapport utført av
 akkreditert laboratorium

Report issued by
 Accredited Laboratory



Side 1 (1)

Kundenummer	8183600-1376374	Prøvemottak	16.10.2008
Prøvetyp	Sedimentprøve	Analyserapport klar	30.10.2008
Oppdragsmerket	Stedskode 611101		
Sted for prøvetaking	ONA		

Lab.nr.	NOV042831-08	NOV042832-08
Tatt ut	16.10.2008	16.10.2008
Merket	ONA 1, 07.10.08	ONA 2, 07.10.08

Parameter	Enhet			Måleu.	Ref/Metode	
					basert på	Lab
TOC i lufttørket prøve	g/100g	2.3	3.5	±15%	AJ 31	Ås
Tørrestoff	%	40.6	40.9	±15%	NS 4764-1	○
Fosfor, P	g/kg TS	0.94	3.2	±20%	NS-EN ISO 11885	○
Sink, Zn	mg/kg TS	120	170	±15%	NS-EN ISO 11885	○
Kobber, Cu	mg/kg TS	17	17	±20%	NS-EN ISO 11885	○

Anna A Kubberød

Ved spørsmål, ta kontakt med support@analycen.no eller på telefon 69279803 / 69279822

Analysevurderingen er ikke endel av det akkrediterte dokument, kun som ett tillegg til analyserporten
 Forklaring til forkortelsene og *, se baksiden.

Vedleggstabell 4. forts.

Analysebevis for stasjon Ona 3.

Analyserapport

Moss

UNIFOB AS
 Gisle Vassenden
 Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM)
 Høyteknologisenteret
 5020 Bergen

AnalyCen 

Rapport utført av
 akkreditert laboratorium

Report issued by
 Accredited Laboratory



Lab.nr.	NOV046853-08				
Kundenr.	8183600-1386490				
Prøvtype	Sedimentprøve				
Oppdragets merking	Stedskode 61101 Sedimentprøve mottatt 4/11-08				
Sted for prøvetaking	ONA				
		Tatt ut	07.10.2008		
		Prøvemottak	04.11.2008		
		Analyserapport klar	18.11.2008		
Merket	ONA 3, 07.10.08				

Parameter	Resultat	Enhet	Måleu.	Ref/Metode baser	Lab
Kobber, Cu	23	mg/kg TS	± 20 %	NS-EN ISO 11885 m	○
Sink, Zn	140	mg/kg TS	± 15 %	NS-EN ISO 11885 m	○
TOC i lufttørket prøve	3.3	g/100g	± 15 %	AJ 31	As
Tørrestoff	43.2	%	± 15 %	NS 4764-1	○
Fosfor, P	2.0	g/kg TS	± 20 %	NS-EN ISO 11885 m	○

Marianne Isebakke

Ved spørsmål, ta kontakt med support@analycen.no eller på telefon 69279803 / 69279822

Forklaring til forkortelsene og *, se baksiden.

Sted (Angir hvor analysen ble utført)

AnalyCen AS, Norge – www.analycen.no

O Postboks 3055, 1506 Moss, Norge Tlf.: +47 69 27 98 00

Y Bakteriologisk avdeling, Postboks 3055, 1506 Moss, Norge Tlf.: +47 69 27 98 20

Eurofins AB, Sverige – www.eurofins.se

K Box 9024, 291 09 Kristianstad, Sverige Tlf.: +46 44 28 11 00

L Box 737, 531 17 Lidköping, Sverige Tlf.: +46 51 08 87 00

U Pegasus lab, Box 97, 751 03 Uppsala, Sverige Tlf.: +46 18 68 10 80

Måleusikkerhet

Utvidet relativ måleusikkerhet fremkommet med kontrollprøve på laboratoriet (95% konfidensintervall) og interkalibreringer som laboratoriet har deltatt i. For flere av analysene varierer måleusikkerheten innen måleområdet og angis med den verdien som er relevant for det aktuelle resultatet. For ytterligere informasjon, vennligst kontakt laboratoriet. Metodeoversikt og måleusikkerhet fås ved henvendelse til AnalyCen.

Øvrige forklaringer

* Ikke akkreditert av AnalyCen AS

m Knyttet til metode/ref. Angir at metoden det henvises til har enkelte modifikasjoner.

Detaljer fås ved henvendelse til laboratoriet.

Akkreditering

Laboratoriene i Norge er akkreditert av Norsk Akkreditering. Virksomheten ved laboratoriene oppfyller kravene i NSEN ISO 17025. Analyseresultatene gjelder for analyser av de anførte prøver i den stand de ble mottatt. Rapporten skal ikke gjengis uten skriftlig godkjenning fra prøvingslaboratoriet.

Hovedadministrasjon for AnalyCen AS, Norge; Moss. Foretaksnr.: NO 973 191 896 MVA