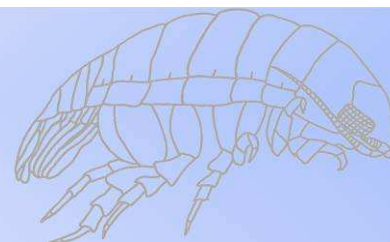


SAM e-Rapport

UNI RESEARCH as Seksjon for anvendt miljøforskning – marin



e-Rapport nr. 10-2010

MOM-C undersøkelse ved Ringja

Per-Otto Johansen

Kristin Hatlen



Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse ved Ringja	Dato: 19.5 2010
	Antall sider og bilag: 43 s.
Forfatter(e): Per-Otto Johansen og Kristin Hatlen	Prosjektleder K. Hatlen
	Prosjektnummer: 803736

Oppdragsgiver: Marine Harvest Norway as	Tilgjengelighet: Åpen
--	--------------------------

Abstract:

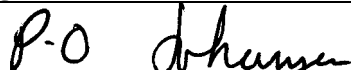

The aim of this investigation was to describe the environmental conditions at Ringja fish farm based on chemical- and geological sediment analysis, soft bottom macrofauna, oxygen and salinity. The environmental quality is assessed according to the classification system of the Norwegian Pollution control Authority and NS9410.

The oxygen content was high and the condition of the deep bottom fauna was good in the deepest part of Vindafjorden. The sediment analysis indicated strong bottom currents in the vicinity of the fish farm. The concentration of phosphorus, copper and zinc were low and the fauna was rich in the transition zone. Close to the fish farm, the concentrations of copper and phosphorus were high and the benthic fauna was influenced by the activity.

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

ISSN NR.: 1890-5153

SAM e-Rapport nr. 10-2010

Ansvarlig for:	Dato	Signatur
Faglige vurderinger og fortolkninger:	26.5.2010	
Prosjektet / undersøkelsen:	26.5.2010	

INNHold

1 INNLEDNING	4
2 MATERIALE OG METODER.....	5
2.1 Undersøkelsesområdet.....	5
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	5
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 anleggene.....	11
3 RESULTATER OG DISKUSJON	12
3.1 Hydrografi	12
3.2 Sediment.....	14
3.3 Kjemi.....	15
3.4 Bunndyr	16
4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	22
5 TAKK	23
6 LITTERATUR.....	23
7 VEDLEGG.....	24

1 INNLEDNING

Rapporten presenterer resultatene fra en marinbiologisk miljøundersøkelse fra oppdrettslokaliteten Ringja i Tysvær kommune. 3. – 4. mars i 2010. Denne miljøundersøkelsen ble utført av Uni Research, Seksjon for anvendt miljøforskning (SAM-marin) på oppdrag fra Marine Harvest Norway as.

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

Formålet med denne resipientundersøkelsen var å studere miljøforholdene i sjøområdene rundt oppdrettsanleggene. Med resipient menes her et sjøområde som mottar utslipp fra oppdrettsanlegget. Resipientundersøkelsen skal gi tilstandsbeskrivelse av miljøforholdene og avdekke eventuelle forandringer i resipienten, og vil være referansemateriale for senere undersøkelser.

De marine miljøforholdene beskrives på grunnlag av vann- (hydrografi) og bunnprøver (sediment, bunnfauna og kjemi). Resultatene ble sammenliknet med tidligere undersøkelser i området i den grad det var mulig. Det ble utført miljøundersøkelse i området i 2007 (Heggøy og Johansen 2008). Resultatene vurderes opp mot KLIF's tilstandsklassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007), og mot C- delen av MOM- systemet (Norsk Standard NS 9410).

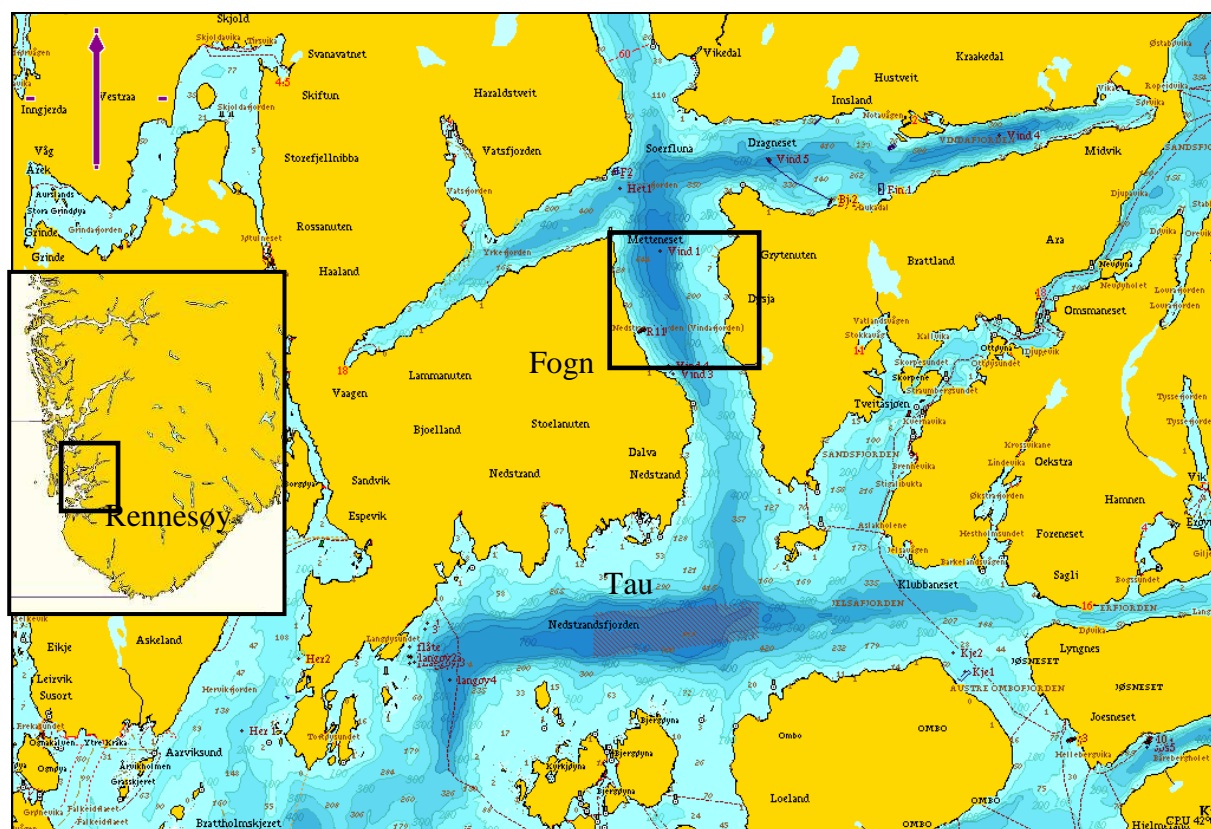
2 MATERIALE OG METODER

2.1 Undersøkellesområdet

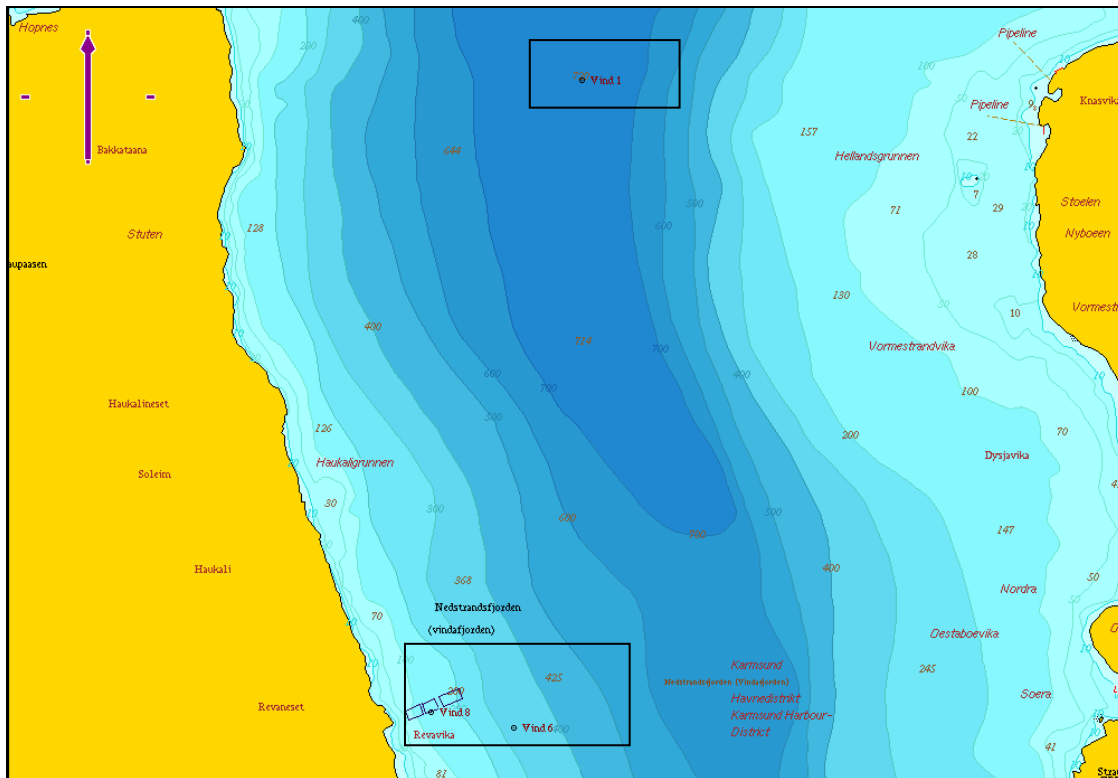
Undersøkellesområdet ligger i Vindafjorden utenfor Ringja. (Figur 2.1 – 2.3). Under anlegget Ringja er det i overkant av 100 m dypt. Det dypeste området i fjorden utenfor anlegget er på 720 m, hvor referansestasjonen Vind 1 er plassert.

2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

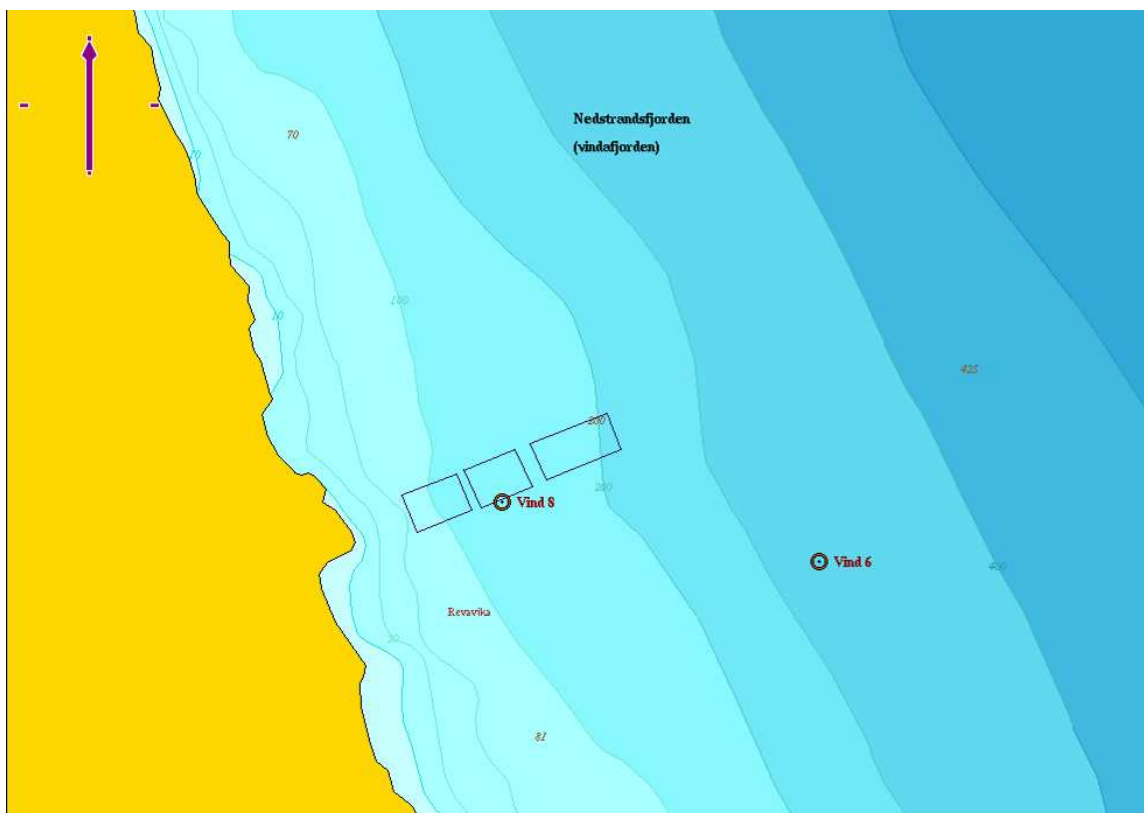
Prøveinnsamlingene ble gjort den 3. – 4. april 2010. Det ble også utført hydrografimålinger fra den dypeste stasjonene i Vindafjorden. Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Hydrografimålingene ble foretatt ved hjelp av en CTD-sonde (STD/CTD-sonde SD204). Dataene ble hentet ut og illustrert ved hjelp av programvaren Minisoft SD200w.



Figur 2.1. Oversiktskart som viser fjordsystemet rundt lokaliteten Ringja. Prøvetakingsområdet er markert med en firkant. Kartkilde: Olex.



Figur 2.2. Oversikt over de undersøkte lokalitetene i ved Ringja i Vindafjorden. Firkantene indikerer plasseringen av stasjonene. Kartkilde: Olex.



Figur 2.3. Detallskisse over Vind 8 og Vind 6 ved Ringja. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver og innsamlet i mars 2010. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en 0.1 m² van Veen grabb. Full grabb inneholder 21 liter sediment.

Stasjon Dato	Sted Posisjon (WGS-84)	Dyp (m)	Hugg nummer	Prøve volum (l)	Andre opplysninger
St. Vind 8 3/3-2010	Ringja	135	1	9	Kjemi og biologi (duo grab)
	59° 24,3071'N 05° 51,7554'Ø		2	4	Biologi
St. Vind 6 4/3-2010	Ringja	330	1	19	Biologi
	59° 24,2670'N 05° 52,1690'Ø		2	21	Biologi
St. Vind 1 4/3-2010	Ringja	712	1	19	Biologi
	59° 25,912'N 05° 52,505'Ø		2	19	Biologi

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 ut prøver til analyse av organisk innhold (% glødetap) og analyse av kornfordeling. 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). Korn-fordelingen 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 prøver til analyse av kjemiske parametrene. Analysene ble utført av Eurofins 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 NS-EN- 13137. Innholdet av tørrstoff ble analysert etter NS 4764. 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 (Eh) i sedimentprøvene ble målt med henholdsvis Sentron pH meter type Argus og Radiometer MeterLab PHM 201 portable pH meter. Eh ble målt både med platinaelektrode og en referanseelektrode av typen Ag/AgCl-elektrode fylt med mettet KCl-løsning.

2.2.4 Bunndyr

Artssammensetningen i bunnprøver gir viktige opplysninger om hvordan miljøforholdene er i et område. Miljøforholdene i bunnen og i vannmassene over bunnen gjenspeiler seg i bunnfaunaen. De fleste bløtbunnsartene er flerårige og relativt lite mobile, og kan dermed reflektere langtidseffekter fra miljøpåvirkning. Miljøforholdene er avgjørende for hvilke arter som forekommer og fordelingen av antall individer per art i et bunndyrssamfunn. I et uforurenset område vil det vanligvis være forholdsvis mange arter, og det vil være relativt jevn fordeling av individer blant artene. Flertallet av artene vil oftest forekomme med et moderat antall individer. I bunndyrsprøver fra 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 21 liter. Hoveddelen av gravende dyr oppholder seg i de øverste 5-10 cm av sedimentet. Prøver med mindre 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 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 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 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.

Statens forurensningstilsyn (SFT) har gitt retningslinjer for å klassifisere miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær et al. 1997 og Bakke et al. 2007) (Tabell 2.2). Ved bruk av forekomsten av bunndyr kan miljøkvaliteten klassifiseres i tilstandsklasse og 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). Nær oppdrettsanlegg er det ofte få arter med jevn individfordeling. I slike tilfeller er diversitetsindeksen i Molvær et al. (1997) lite egnet til å angi miljøtilstanden. Helt opp til anleggene og i overgangssonen er det derfor utarbeidet en egen standard (MOM) for beregning av miljøtilstanden (NS 9410) (Tabell 2.3).

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

Parameter	Måle-enhet	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/g	<20	20-27	27-34	34-41	>41
Sink	mg Zn/kg	<150	150- 360	360-590	590- 4500	>4500
Kobber	mg Cu/kg	<35	35-51	51-55	55-220	>220

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

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

2.3 Produksjonsdata fra anleggene

Forforbruket og produksjonen de tre foregående årene er vist i Tabell 2.4.

Tabell 2.4. Produksjon og fôrforbruk inneværende år, samt de 3 foregående år i tonn:

År	2007	2008	2009
Produksjon	4239	346	3687
Fôrforbruk	4576	298	4530

3 RESULTATER OG DISKUSJON

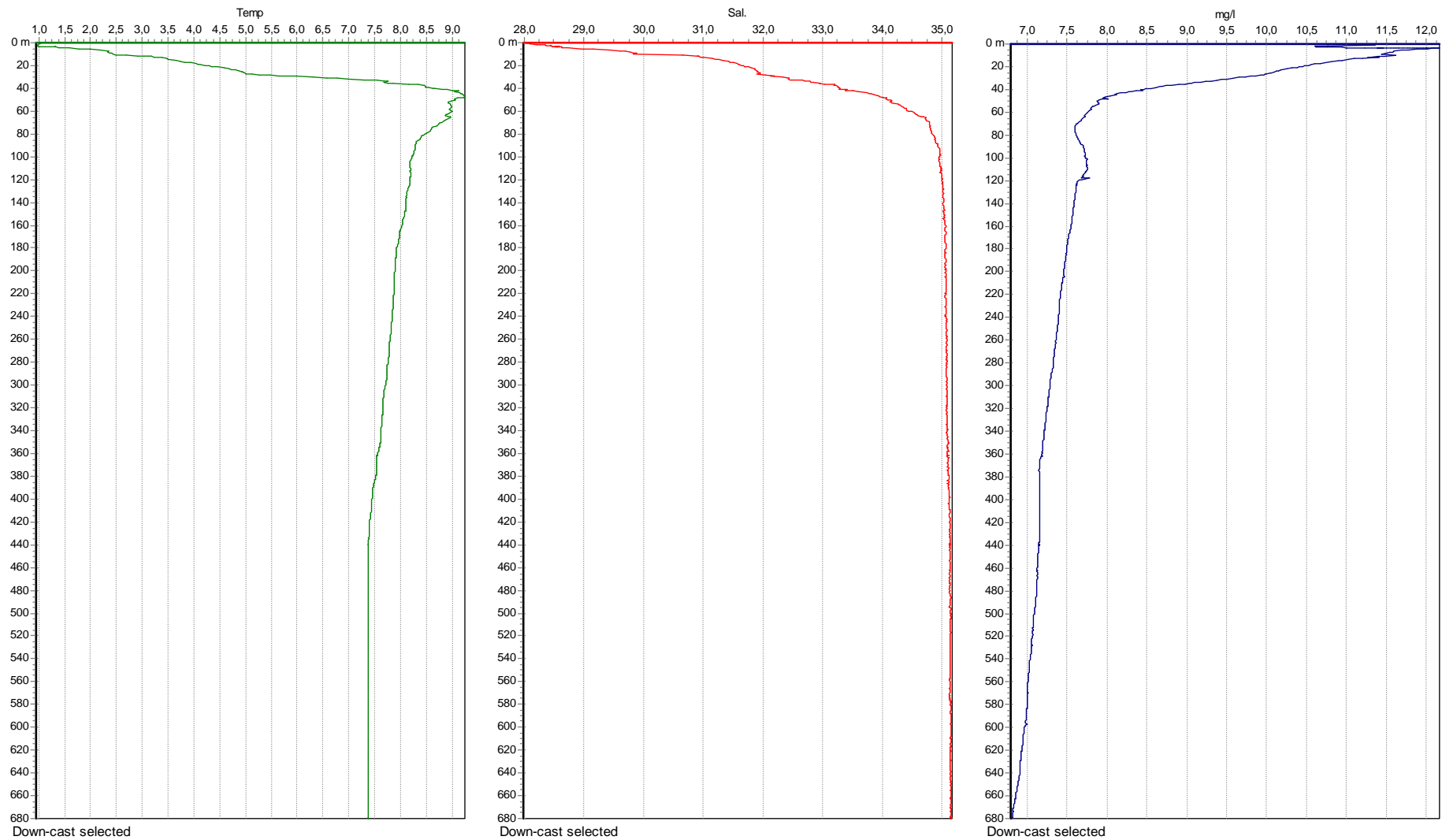
3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til 680 m på stasjon Vind 1. Resultatene er presentert i Tabell 3.1 og Figur 3.1.

Tabell 3.1. Resultater fra hydrografimålingene i Vindafjord, utenfor Ringja 4. mars, 2010.

Stasjon Dato	Dyp (m)	Saltholdighet (psu)	Temperatur (oC)	Tetthet (dt)	Oksygen (mg/l)	Oksygen (ml/l)	Oks. met. (%)
Vind 1 04.03.2010	1	28,11	1,00	22,51	11,27	7,94	90,11
	2	28,31	0,98	22,68	10,68	7,53	85,44
	3	28,45	0,95	22,80	10,87	7,66	86,98
	5	28,90	1,73	23,13	11,80	8,32	96,69
	7	29,60	2,34	23,66	11,58	8,16	96,80
	10	29,88	2,44	23,89	11,61	8,18	97,50
	15	31,27	3,56	24,94	10,88	7,67	94,79
	20	31,64	4,22	25,19	10,45	7,36	92,85
	25	31,92	4,91	25,36	10,07	7,10	91,19
	30	32,34	6,31	25,55	9,58	6,75	90,03
	40	33,29	8,62	26,02	8,45	5,95	84,34
	50	34,11	9,06	26,64	7,89	5,56	79,94
	60	34,46	9,01	26,96	7,75	5,46	78,64
	70	34,78	8,78	27,30	7,62	5,37	77,08
	80	34,84	8,47	27,44	7,62	5,37	76,49
	90	34,92	8,28	27,58	7,70	5,43	77,06
	100	34,97	8,23	27,67	7,73	5,45	77,28
	125	35,01	8,17	27,83	7,62	5,37	76,07
	150	35,03	8,08	27,97	7,57	5,33	75,46
	175	35,05	7,96	28,12	7,51	5,29	74,59
200	35,06	7,90	28,25	7,46	5,26	74,02	
225	35,06	7,86	28,37	7,41	5,22	73,48	
250	35,07	7,82	28,50	7,38	5,20	73,08	
275	35,07	7,77	28,62	7,33	5,17	72,57	
300	35,06	7,71	28,73	7,29	5,14	72,02	
350	35,10	7,61	29,01	7,20	5,07	71,01	
400	35,11	7,45	29,27	7,16	5,05	70,32	
425	35,13	7,40	29,40	7,16	5,05	70,26	
450	35,13	7,38	29,52	7,13	5,02	69,98	
500	35,14	7,38	29,75	7,09	5,00	69,55	
550	35,13	7,38	29,97	7,02	4,95	68,90	
600	35,16	7,38	30,22	6,97	4,91	68,35	
650	35,16	7,38	30,44	6,88	4,85	67,50	
680	35,16	7,38	30,61	6,80	4,79	66,70	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning



Figur 3.1. Temperatur (°C), saltholdighet (psu) og oksygeninnhold (mg/l) målt med CTD-sonde fra overflaten og til 680 meter dyp i Vindafjorden utenfor Ringja 4. mars 2010.

Temperaturen i overflaten var 1,0°C ved Ringja (Tabell 3.1). Sjøtemperaturen var 7,38°C i 680 meters dyp. Saltholdighetsmålingene viser et overflatelag med lavere saltholdighet (28,11 psu) enn nedover i vannsøylen. På 680 m var saltholdigheten 35,16 psu. Oksygeninnholdet i overflaten var 7,9 ml/l. Oksygenet viste et maksimum i 5 m dyp og viste en liten topp i 100 m dyp før det sank til 4,79 ml/l i 680 m dyp. Dette tilsvarende tilstandsklasse I (meget god) for bunnvannet.

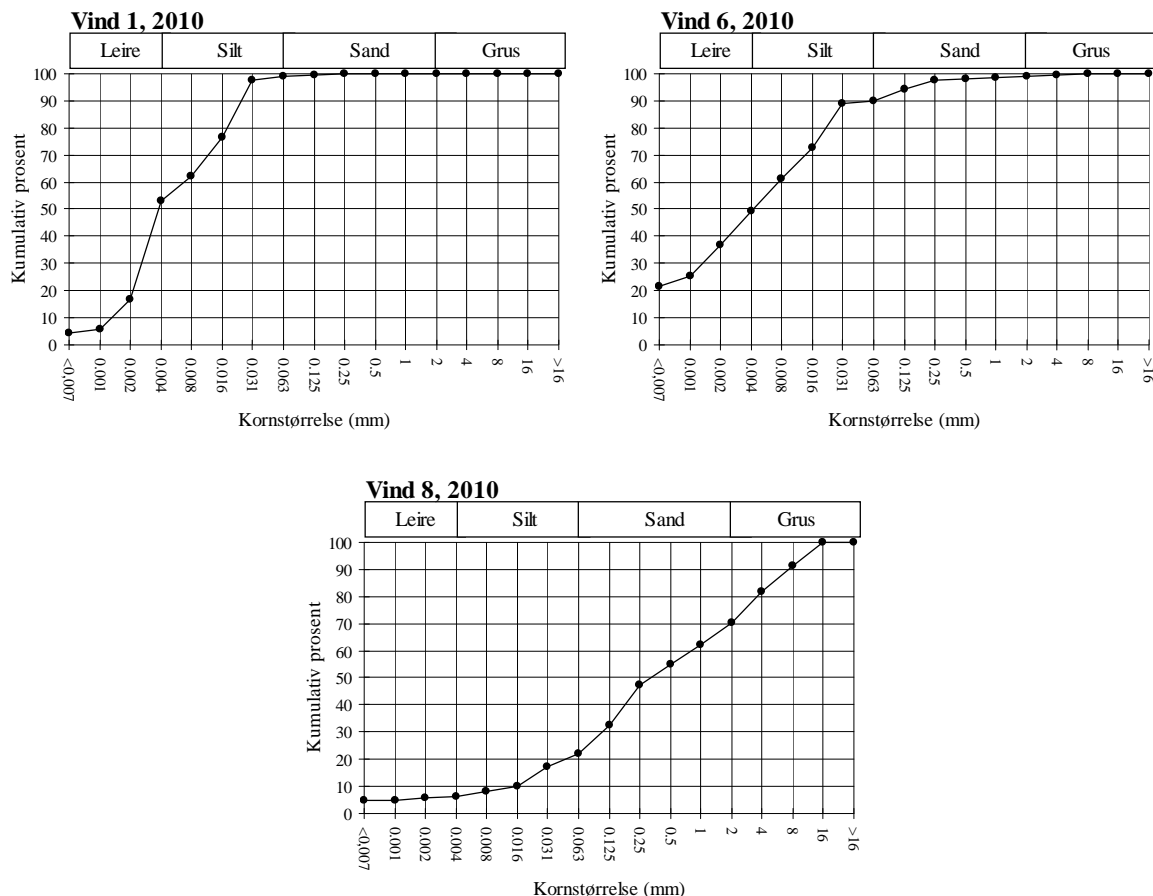
3.2 Sediment

Resultatene fra sediment-undersøkelsene ved Ringja 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 Ringja i mars 2010.

Stasjon	Lokalitet	Dyp (m)	Organisk innhold (% glødetap)	Leire (%)	Silt (%)	Leire+Silt (%)	Sand (%)	Grus (%)
Vind 1	Vindafjorden	712	9.94	53	46	99	1	0
Vind 6	Ringja	330	8.83	49	41	90	9	1
Vind 8	Ringja	135	7.06	6	15	22	49	30

Bunnen på den dypeste stasjonen Vind 1, som ligger på 712 m dyp, var dominert av leire og silt (99 %). Ved Vind 6 som ligger i overgangssonen på 330 m dyp, ble det funnet 90 % leire og silt og 9 % sand. Den høye andelen av leire og silt ved Vind 1 og 6 indikerer lite strøm, noe som er naturlig på dype stasjoner. Vind 8, som ligger på 135 m og nærmest anlegget, hadde en bunntype med mest sand (49 %), men også en del grus (30 %) og leire og silt (22 %). Dette indikerer gode strømforhold på stasjon Vind 8. Det organiske innholdet (glødetapet) var relativt lavt ved samtlige stasjoner.



Figur 3.2. Kornfordeling (mm) langs x-aksen og kumulativ vektprosent langs y-aksen av sedimentprøver fra Ringja i 2010.

3.3 Kjemi

Sediment analyser

De undersøkte kjemiske parametrene er vist i Tabell 3.3. Kobberinnholdet i sedimentet ved Vind 8 var nokså høyt og lå mellom tilstandsklasse III-IV (Moderat-Dårlig). Ellers var både sink og kobberinnholdet lavt og fikk tilstandsklasse I (Bakgrunnsverdier). Fosfornivåene var høyest ved Vind 8 og kan tyde på en viss opphopning fra anlegget.

TOC-innholdet på Vind 1 fikk tilstandsklasse III (mindre god), Vind 6 fikk tilstandsklasse II (god) og Vind 8 fikk tilstandsklasse V (meget dårlig). Metodene for beregning av TOC imidlertid ikke tilpasset fjordsystemer (Aure et al. 1993) og dette må en ta hensyn til når en vurderer klassifiseringen. Det organiske innholdet (glødetapet) lå i størrelsesorden 7-10 % var som forventet på dypt vann i norske fjorder.

Tabell 3.3. Innholdet av de undersøkte kjemiske parametrene i sedimentet ved Ringja i 2010. Tilstandsklasser (T.K.) for sink, kobber og total organisk karbon (TOC) er oppgitt etter KLIF's (Klima- og forurensingsdirektoratet) klassifisering (Bakke et al. 2007).

Stasjon	Dyp m	Kobber mg/kg TS	KLIF's TK	Fosfor g/kg TS	Sink mg/kg TS	KLIF's TK	TOC (g/100g)	Nomalisert TOC	KLIF's TK
Vind 1	712	18	I	0,56	85	I	3,1	31,2	III
Vind 6	330	15	I	0,60	67	I	2,3	24,8	II
Vind 8	135	56	III-IV	5,40	130	I	4,4	58,0	V

Måling av pH og Redokspotensial

Resultatene fra pH og redokspotensialet (E_h) sammen med de andre vurderingene av sedimentet som er felles for en MOM-B undersøkelse er vist i Vedleggstabell 1. Det var ingen gassutvikling i noen av prøvene. Fekalie- og fôr-rester ble heller ikke observert.

Målingene av pH og E_h plasserte sedimentet fra de to dype stasjonene i tilstand 1, mens den grunneste fikk tilstand 2, i henhold til parametrene i gruppe II i MOM-B standarden (Tabell 3.4).

Tabell 3.4. Målte pH og E_h verdier i sedimentet fra de tre 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	Lokalitet	pH	E_h	pH/ E_h poeng	Tilstand Gruppe II
Vind 1	Vindafjorden	7,6	-40	0	1
Vind 6	Ringja	7,8	99	0	1
Vind 8	Ringja	7,5	-258	2	2

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5-3.7, Figur 3.3-3.4 og i Vedleggstabellene 2-3. Resultatene fra bunndyrsanalysene gir et bilde av miljøforholdene ved lokaliteten i mars 2010. De fleste bløtbunnsarter 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 fiskeekskrementer) 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.

På stasjon Vind 1 som ligger svært dypt (712 m dyp), ble det i mars 2010 funnet 33 arter med tilsammen 304 individer ($0,2 \text{ m}^2$) (Tabell 3.5). I desember 2007 ble det funnet 163 individer fordelt på 22 arter ($0,2 \text{ m}^2$). De to mest tallrike artene i 2010 var børstemarkene *Melythasides laubieri* (28,6 %) og *Terebellides stroemi* (21,4 %). I 2007 var det børstemarkene *Melythasides laubieri* (20,2 %) og *Heteromastus filiformis* (16,0 %) som dominerte. I 2010 ble artsdiversiteten beregnet til 3,51 og jevnhet 0,70, og i 2007 hadde stasjonen diversitet 3,61 med jevnhet 0,81. Dette plasserer stasjonen i KLIF's tilstandsklasse II (god) ved undersøkelsene i 2007 og 2010.

Stasjon Vind 8 ligger inntil oppdrettsanlegget på 135 m dyp. Denne stasjonen er ikke direkte sammenliknbar med Vind 2 som lå på 115 m dyp og ble undersøkt i 2007. På Vind 8 ble det i mars 2010 funnet 4 arter med til sammen 5005 individer ($0,2 \text{ m}^2$) (Tabell 3.5). På Vind 2 ble det i desember 2007 ble det funnet 875 individer fordelt på 5 arter ($0,2 \text{ m}^2$). Den mest tallrike arten i mars 2010 var børstemarken *Capitella capitata* med 99,7 % (4992 individer) av alle individene i prøvene. På Vind 2 i 2007 var også børstemarken *Capitella capitata* den vanligste arten med 807 individer, 95,5 % av alle individene i prøvene. Denne arten forekommer ofte i store mengder på lokaliteter som har stor tilførsel av organisk materiale. At stasjonen bærer preg av påvirkning framgår også grafen for de geometriske klassene. I 2010 ble diversiteten beregnet til 0,03 med jevnhet 0,01. Stasjon Vind 8 fikk MOM bunntilstand 3 (dårlig) ved undersøkelsen i mars 2010.

Stasjonen Vind 6 ligger i overgangssonen på 330 m dyp. På denne stasjonen ble det funnet 647 individer fordelt på 57 arter. Diversiteten var 4,25 med jevnhet 0,73. De vanligste artene var flerbørstemarkene *Amythasides macroglossus*, *Paramphinome jeffreysii* og pølseormen *Onchnesoma steenstrupi* som utgjorde henholdsvis 28,1 %, 14,4 % og 5,6 % av alle individene. På denne stasjonen som ligger relativt dypt, var det gode miljøforhold og kan ha sammenheng med en svak positiv stimulans fra anlegget. Denne stasjonen fikk beste tilstand etter både KLIF og MOM klassifiseringen.

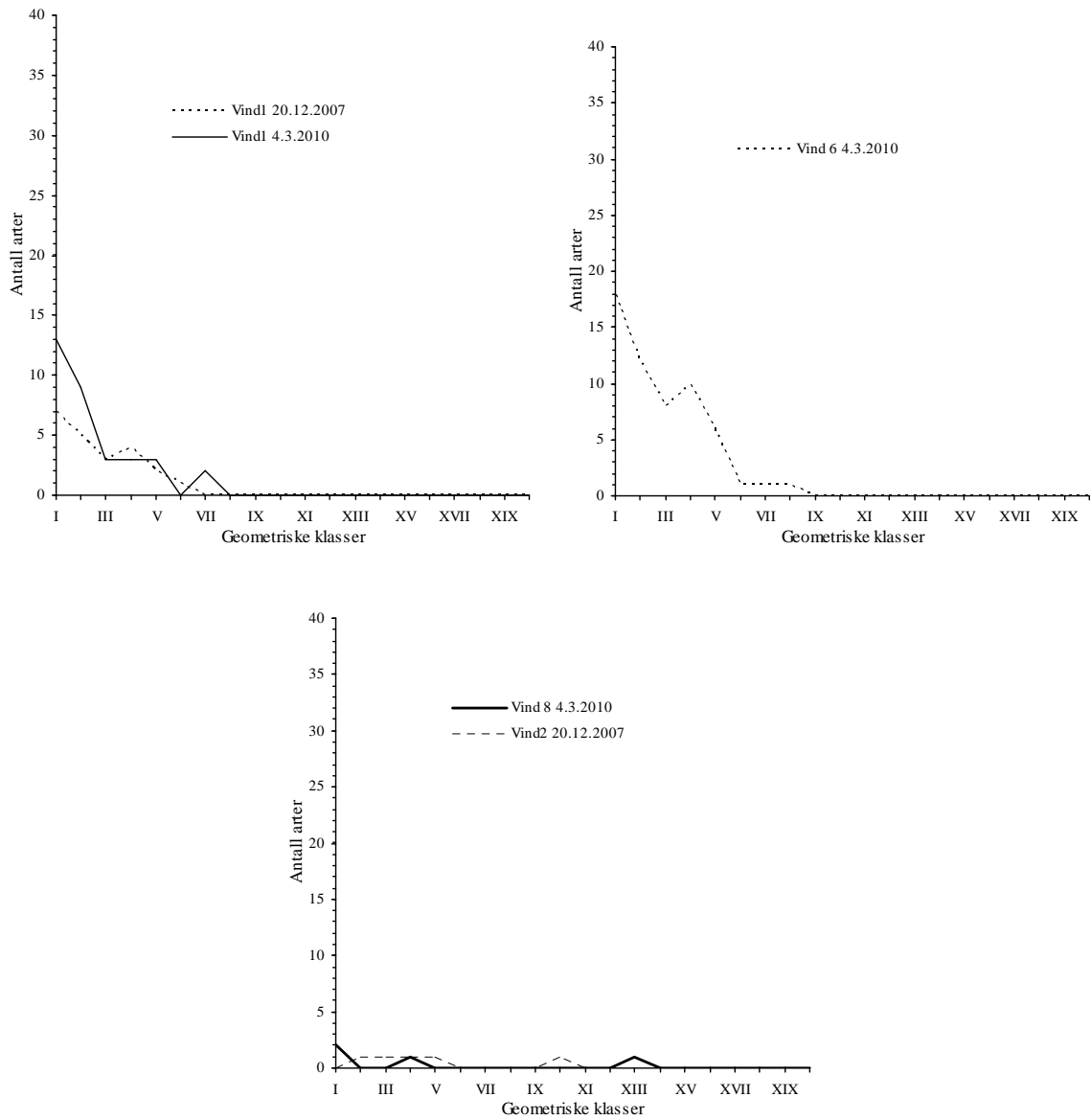
Faunen på stasjonen var relativt lik på de to stasjonene inntil anlegget som ble undersøkt i 2007 (Vind 2) og 2010 (Vind 8) med 70 % likhet og skilte seg fra de øvrige stasjonene med kun 2 % likhet. Likheten mellom bunnfaunaen i 2007 og 2010 på Vind 1 var 45 % og har trolig sammenheng med naturlige endringer i faunasammensetningen. MDS-figuren gir det samme situasjonsbildet.

Konklusjoner

På referansestasjonen som ligger svært dypt, var det kun små endringer fra 2007 til 2010 og denne stasjonen fikk samme tilstandsklasse ved begge undersøkelsene (KLIF tilstand II – god). Inntil anlegget var bunnfaunaen tydelig påvirket av anlegget og i mars 2010 fikk denne stasjonen MOM bunntilstand 3 (dårlig) I overgangssonen var det en artsrik fauna som fikk beste miljøtilstand.

Tabell 3.5. Antall individer, arter, diversitet (H'), jevnhet (J) og beregnet maksimal diversitet (H'_{max}) for hver enkelt prøve (grabbhugnummer) og totalt for hver stasjon ved Ringja i 2010.

Stasjon	Hugg nr.	Mnd/År	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	SFT's T.kl.	MOM T. kl.
Vind1	sum	12/2007	163	22	3,61	0,81	4,46	II	-
	1		190	26	3,21	0,68	4,70		
	2		114	20	3,55	0,82	4,32		
Vind1	sum	3/2010	304	33	3,51	0,70	5,04	II	-
	1		378	47	4,06	0,73	5,55		
	2		269	45	4,25	0,77	5,49		
Vind 6	sum	3/2010	647	57	4,25	0,73	5,83	I	1
Vind2	sum	12/2007	845	5	0,33	0,14	2,32	-	3
Vind 8	sum	3/2010	5005	4	0,03	0,01	2,00	-	3



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 ved Ringja i 2010. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

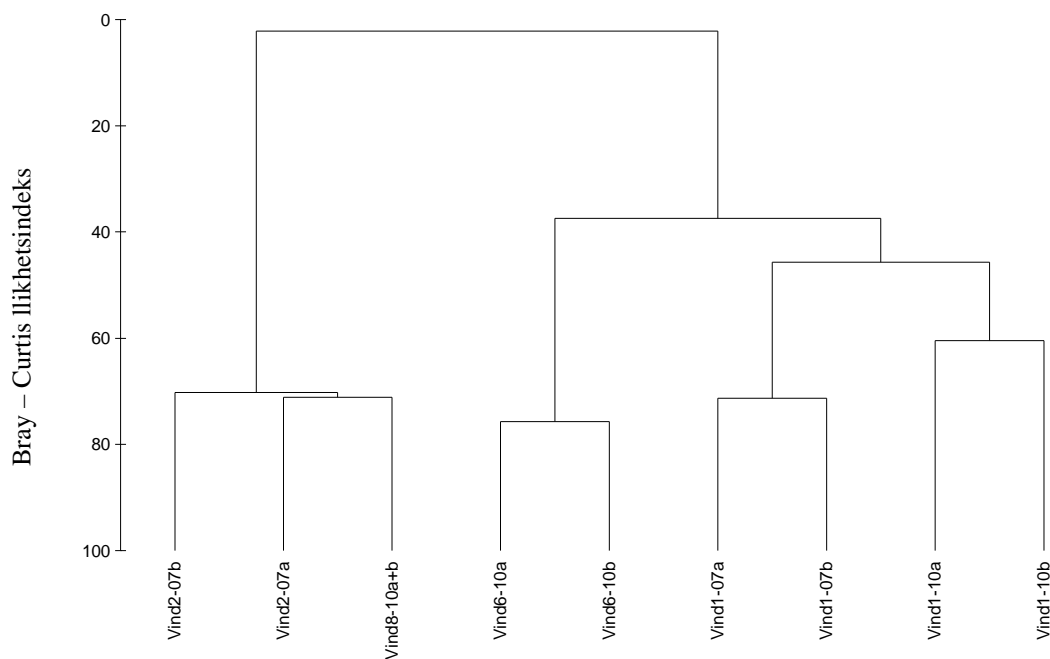
Vind1 - 2010	0,2 m ²			Vind 6 -2010	0,2 m ²		
	Antall	%	Kum %		Antall	%	Kum %
Melythasides laubieri	87	28,6	28,6	Amythasides macroglossus	182	28,1	28,1
Terebellides stroemi	65	21,4	50,0	Paramphinome jeffreysii	93	14,4	42,5
Ceratocephale loveni	25	8,2	58,2	Onchnesoma steenstrupi	36	5,6	48,1
Nucula tumidula	23	7,6	65,8	Heteromastus filiformis	26	4,0	52,1
Heteromastus filiformis	17	5,6	71,4	Nephasoma cf. minutum	25	3,9	56,0
Onchnesoma steenstrupi	14	4,6	76,0	Thyasira sarsii	23	3,6	59,5
Thyasira equalis	12	3,9	79,9	Nucula tumidula	20	3,1	62,6
Amphilepis norvegica	10	3,3	83,2	Ceratocephale loveni	18	2,8	65,4
Lumbrineridae indet.	7	2,3	85,5	Amphilepis norvegica	16	2,5	67,9
Cerianthidae indet.	6	2,0	87,5	Lumbrineridae indet.	14	2,2	70,0

Vind 8 -2010	0,2 m ²		
	Antall	%	Kum %
Capitella capitata	4992	99,7	99,7
Prionospio steenstrupii	11	0,2	100,0
Paramphinome jeffreysii	1	0,0	100,0
Mytilus edulis	1	0,0	100,0

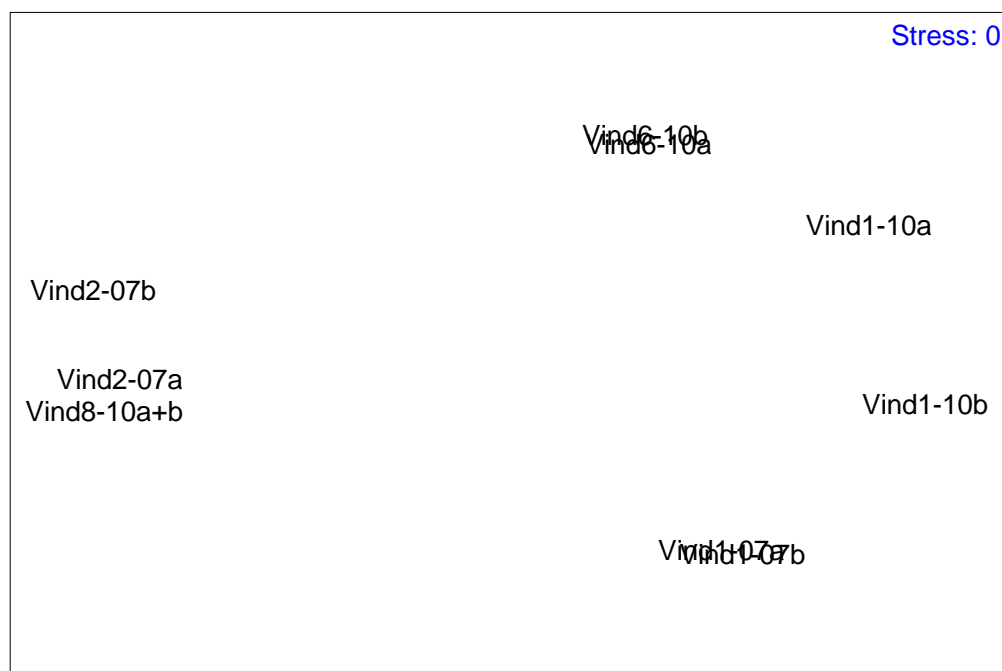
Tabell 3.7. De ti mest tallrike artene ved Ringja i 2007. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene.

Vind 1-2007	0,2 m ²			Vind 2- 2007	0,2 m ²		
	Arter	Antall	%		Kum %	Arter	Antall
Melythasides laubieri	33	20,2	20,2	Capitella capitata	807	95,5	95,5
Heteromastus filiformis	26	16,0	36,2	Paramphinome jeffreysii	23	2,7	98,2
Montacuta ferruginosa	21	12,9	49,1	Palpiphitime lobifera	8	0,9	99,2
Amphilepis norvegica	14	8,6	57,7	Prionospio steenstrupii	5	0,6	99,8
Thyasira equalis	12	7,4	65,0	Chaetozone sp.	2	0,2	100,0
Brissopsis lyrifera	12	7,4	72,4				
Kelliella abyssicola	10	6,1	78,5				
Cerianthus lloydii	7	4,3	82,8				
Onchnesoma steenstrupi	5	3,1	85,9				
Nucula tumidula	5	3,1	89,0				

A



B



Figur 3.4. A) Cluster og B) MDS-plott. De multivariate beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte og standardiserte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritets-indeks.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved en oppdretts-lokalitet i Vindafjorden ved Ringja i Tysvær kommune. Formålet med undersøkelsen var å beskrive miljøtilstanden i området basert på vann-, sediment-, kjemi- og bunndyrsundersøkelser utført 3.-4. mars 2010. En kortfattet oppsummering av resultatene er vist i Tabell 4.1.

Tabell 4.1. Oppsummering av resultatene fra undersøkelsen ved Ringja i mars 2010. Miljøtilstanden er klassifisert etter KLIF's tilstandsklasser og MOM-miljøtilstand.

Stasjon	Dyp (m)	Organisk innhold	pH/Eh tilstand	Normal. TOC	Oksygen T.kl.	Kobber T.kl.	Sink T.kl.	KLIF's tilstandsklasse	MOM Bunn-tilstand
Vind 1	712	9.94	1	III	I	I	I	II	-
Vind 6	330	8.83	1	II	-	I	I	I	1
Vind 8	135	7.06	2	V	-	III-IV	I		3

Hydrografimålingene viste at det var gode oksygenforhold i dypet av Vindafjorden. Sedimentet ved referansestasjonen og i overgangssonen var finkornet. Det organiske innholdet var som forventet på de to dypeste stasjonene. Inntil anlegget var sedimentet mer grovkornet noe som indikerer relativt gode strømforhold. Innholdet av kobber, sink og fosfor var lavt i overgangssonen og i dypet. Konsentrasjonene av kobber og fosfor var forhøyet inntil oppdrettsanlegget.

Referansestasjonen (Vind 1) som ligger svært dypt, hadde kun små endringer i bunnfaunaen fra 2007 til 2010 og denne stasjonen fikk samme tilstandsklasse ved begge undersøkelsene (KLIF tilstand II – god). Inntil anlegget var bunnfaunaen tydelig påvirket av anlegget. På denne stasjonen (Vind 8) ble det funnet få arter og *Capitella capitata* dominerte med 99,7 % av alle individene. Denne stasjonen fikk MOM tilstand 3 (dårlig) i mars 2010.

I overgangssonen var faunaen artsrik og stasjonen (Vind 6) fikk beste miljøtilstand.

5 TAKK

På toktet deltok Amir Ebrahim Yazdanpanah Amin og Tor Ensrud. Sedimentanalysene ble utført av Helge Grønning. Bunnprøvene ble sortert av N. Korableva, J. Hestetun og A. Amin, T.M. Ensrud og R. Tveiten. Bunndyrene ble identifisert av Per Johannessen.

6 LITTERATUR

- Aure J, Dahl E, Green N, Magnusson J, Moy F, Pedersen A, Rygg B, Walday M. 1993. Langtidsovervåking av trfiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1991 og samlerapport 1990-91. *Niva-Rapport*. 100 s.
- Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for miljøkvalitet i fjorden og kystfarvann. Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. TA 2229/2007.
- 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.
- 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*.
- Heggøy E, Johansen P-O 2008. MOM-C undersøkelse fra lokaliteten Ringja i Vindafjorden, Tysvær kommune i 2007. SAM e-Rapport nr. 9-2008. 32 s.

7 VEDLEGG

<i>Generell Vedleggsdel - Analyse av bunndyrsdata</i>	25
<i>Vedleggstabell 1. MOM-B parametre</i>	32
<i>Vedleggstabell 2. Artsliste</i>	34
<i>Vedleggstabell 3. Geometriske klasser</i>	38
<i>Vedleggstabell 4. Analysebevis</i>	39

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.

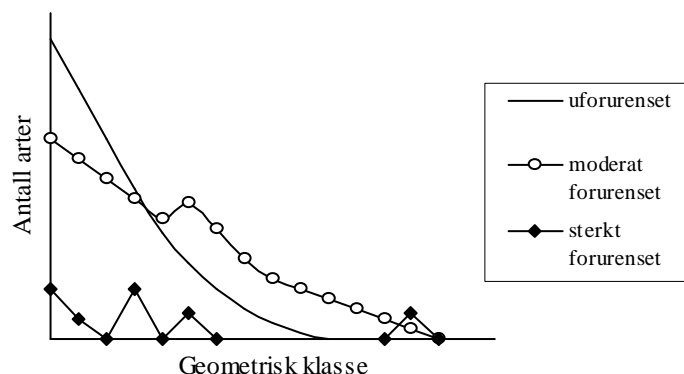
Geometriske klasser

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 brakkevann og saltvann, mellom grunt og dypt vann, eller mellom grovt og fint sediment.

For at tallmessig dominerende arter ikke skal få avgjørende betydning for resultatet av de multivariate analysene, og for at arter som forekommer med få individer skal bli tillagt vekt, blir artsdata 4. rot transformert før de multivariate beregningene blir utført. 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:

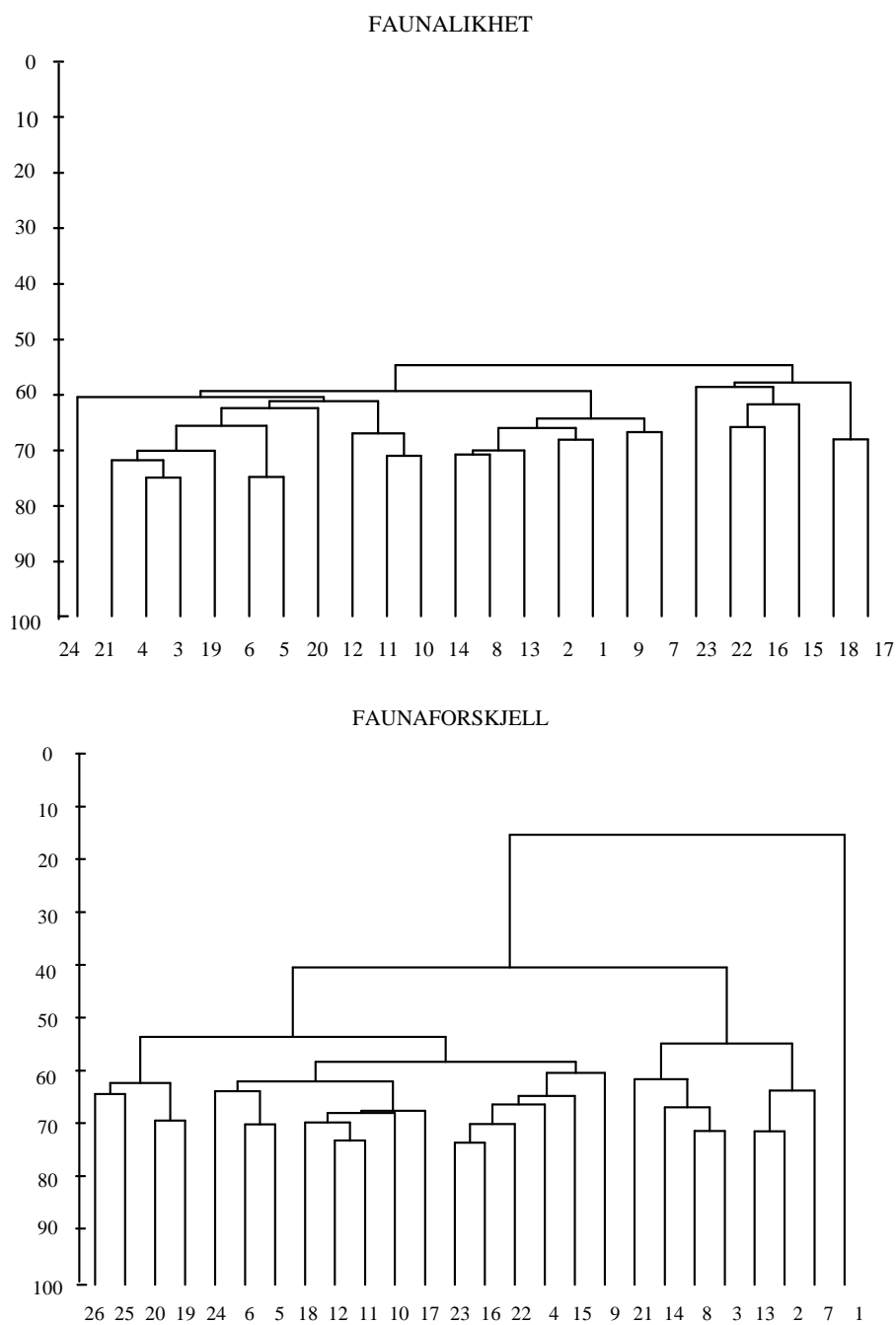
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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.

Dataprogrammer

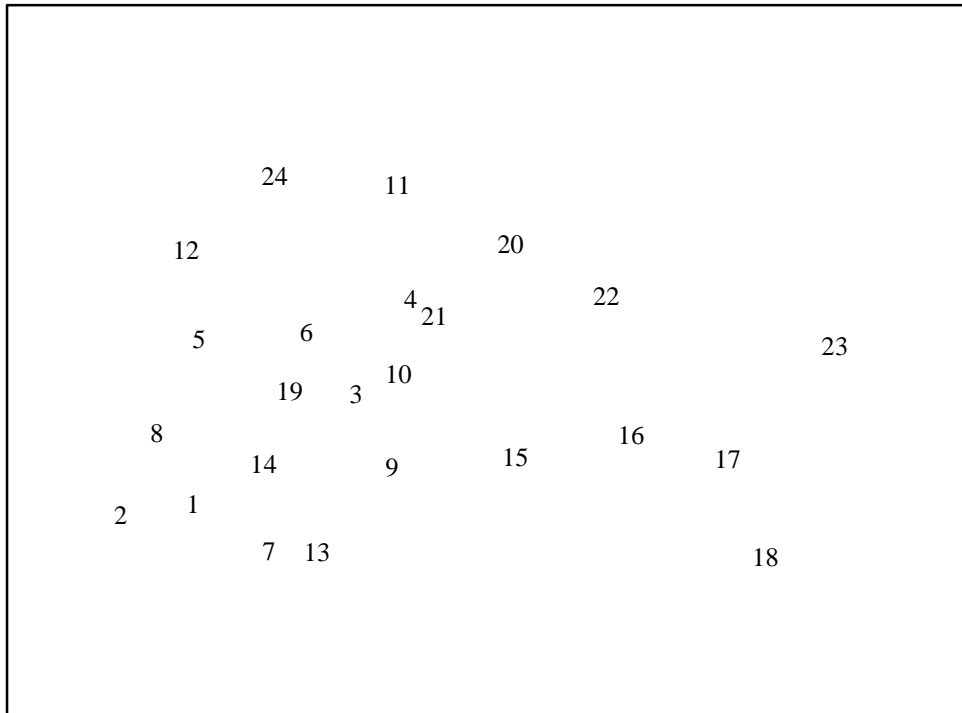
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

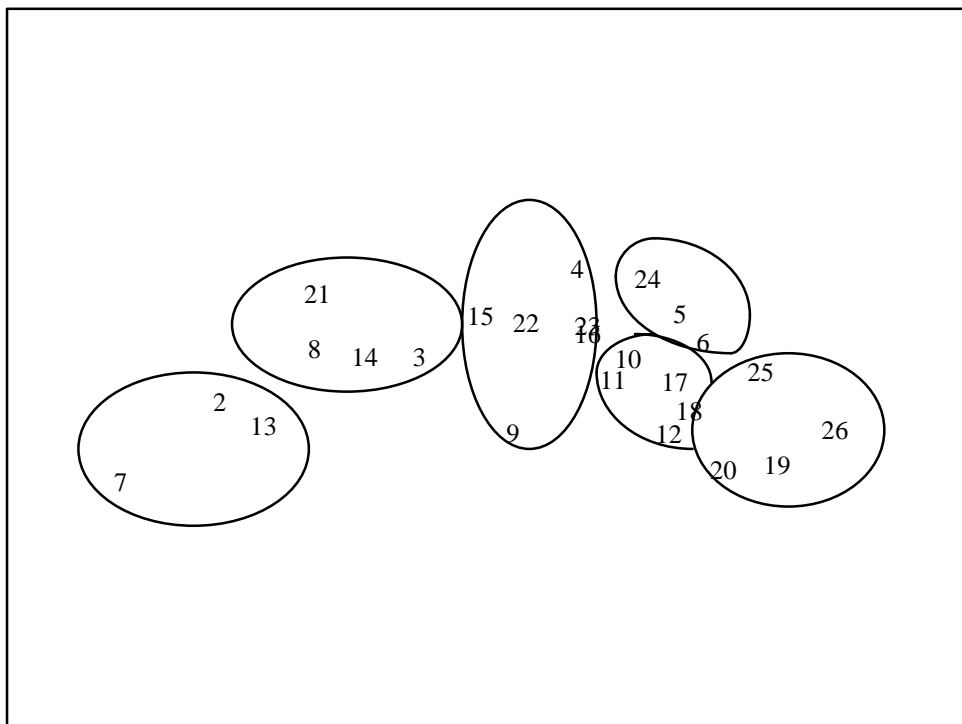


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.

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.

Vedleggstabell 1. MOM-B parametre

PRØVESKJEMAET, B.1

Firma: Marine Harvest

Dato: 3/3 - 4/3.2010

Lokalitet: Ringja

Konsesjonsnr:

Gr.	Parameter	Poeng	Prøve nr								Indeks		
			1				8	6					
I	Dyr	Ja = 0 Nei = 1	0				0	0					0,0
	Tilstand (Gruppe I)		4										
II	pH	verdi	7,6				7,5	7,8					
	E _h (mv)	verdi	-40				-258	99					
		+ ref. verdi	177				-41	316					
	pH/E _h	fra figur	0				2	0					0,7
	Tilstand, prøve		1				2	1					
Tilstand, gruppe II		1	Buffer temp: 7,3		Sjøvannstemp: 2,2		Sedimenttemp: 5,0						
			pH sjø: 8,2		E _h sjø: 174		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					0	0					
		Myk = 2	1										
		Løs = 4											
	Grabbvolum	v < 1/4 = 0											
		1/4 ≤ v < 3/4 = 1					1						
		v ≥ 3/4 = 2	2					2					
	Tykkelse på slamlag	0 - 2 cm = 0	0				0	0					
2 - 8 cm = 1													
t ≥ 8 cm = 2													
SUM		3				3	2						
Korrigert sum (*0,22)		0,66				0,66	0,44					0,6	
Tilstand prøve		1				1	1						
Tilstand gruppe III		1											
Middelværdi gruppe II og III		0,33				1,33	0,22					0,6	
Tilstand gruppe II og III		1											
pH/E _h Korr. sum Indeks Middelværdi	Tilstand		Tilstand				Lokalitetstilstand						
			Gruppe I	Gruppe II og III									
			A	1, 2, 3, 4			1, 2, 3, 4						
			4	1, 2, 3			1, 2, 3						
			4	4			4						
< 1,1	1												
1,1 - < 2,1	2												
2,1 - < 3,1	3												
≥ 3,1	4												
LOKALITETSTILSTAND													

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: Marine Harvest

Dato: 3/3-4/3 2010

Lokalitet: Ringja

Konsesjonsnr:

Prøvetakssted (nr)	1	8	6								
Dyp (m)	712	135	330								
Antall forsøk	1	1	2								
Bobling (i prøve)	N	N	N								
Primær-sediment	Grus										
	Skjellsand										
	Sand		100 %								
	Mudder										
	Silt	10									
	Leire	90		100 %							
Fjellbunn											
Steinbunn											
Pigghuder, antall											
Krepsdyr, antall											
Skjell, antall											
Børstemark, antall											
Andre dyr, antall											
<i>Malacoceros fuliginosa</i>											
Beggiatoa	Nei	Nei	Nei								
Fôr	Nei	Nei	Nei								
Fekalier	Nei	Nei	Nei								
Kommentarer	Leire med lyst brunt sediment på topp		Leire								

Vedleggstabell 2. Artsliste



UNI RESEARCH AS
SEKSJON FOR ANVENDT
MILJØFORSKNING (SAM)
Høyteknologisenteret i Bergen, 5006 Bergen
Telefon: 55 58 44 05 Telefaks: 55 58 45 25



BENTHOS ARTSLISTE

Oppdragsgiver (navn og adresse): Marine Harvest Norway as
Prosjekt nr.: 803736
Prøvetakssted (område): Ringja, Tysvær kommune
Dato for prøvetaking: 3.-4. mars 2010
Ansvarlig for prøvetaking (firma): UNI RESEARCH AS - SAM-Marin
Avvik/forhold med mulig påvirkning på resultatet: - 1./2. hugg sammenslått på Vind 8
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:.....*P.O. Johannessen*.....
Signaturberettiget

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Marine Harvest	Vind1	Vind1	Vind 6	Vind 6	Vind 8
	4.3.2010	4.3.2010	4.3.2010	4.3.2010	3.3.2010
Type beskrivelse	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1+2. hugg
* PORIFERA indet.			+	+	
* Hydrozoa indet.	+		+	+	
* ANTHOZOA					
Anthozoa indet.				+	
Cerianthidae indet.	3	3			
Cerianthus lloydii					
Paraedwardsia cf. arenaria					
* NEMERTINI indet.	2		8	8	
* NEMATODA indet.	1	1	1	20	13696
POLYCHAETA					
Paramphinome jeffreysii			60/14	13/6	1
Aphrodita aculeata					
Polynoidae indet.	1				
Pholoe baltica					
Pholoe pallida	1		1		
Neoleanira tetragona		2			
Eteone longa					
* Tomopteris sp.					
Gyptis rosea		2	1		
Kefersteinia cirrata			1	2/1	
Nereimyra punctata					
Syllidae indet.					
Exogone sp.				1	
Ceratocephale loveni	11	13/1	3/3	11/1	
Aglaophamus malmgreni					
Nephtys incisa			1		
Nephtys longosetosa		0/2	0/1	1	
Glycera lapidum			1	0/2	
Paradiopatra fiordica	2				
Paradiopatra quadricuspis	1	1/1	1		
Eunice pennata					
Lumbrineridae indet.	4	3	5	9	
Protodorvillea kefersteini					
Palpiphitime lobifera					
Phylo norvegica	0/1				
Laonice cirrata					
Malacoceros fuliginosa					
Prionospio steenstrupii					11
Prionospio cirrifera					
Prionospio dubia			4/2	0/1	
Spiophanes kroeyeri			1		
Spiophanes wigleyi					
Vigtorniella sp.					
Spiochaetopterus bergensis		1			
Spiochaetopterus typicus				1	
Aricidea sp.					
Levinsenia gracilis	1		1	0/2	
Paraonis sp.				1	
Aphelochaeta sp.			6	8	
Chaetozone sp.			1	2	
Dodecaceria concharum					
Macrochaeta polyonyx					
Brada villosa	1			1	
Diplocirrus glaucus			2/1	5	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Ringja-Marine Harvest	Vind1	Vind1	Vind 6	Vind 6	Vind 8
	4.3.2010	4.3.2010	4.3.2010	4.3.2010	3.3.2010
Type beskrivelse	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1+2. hugg
Pherusa falcata					
Ophelina acuminata					
Ophelina norvegica					
Ophelina sp.				2/3	
Lipobranchus jeffreysii					
Scalibregma inflatum					
Capitellidae indet.		1			
Capitella capitata			2		4608/384
Heteromastus filiformis	7	10	14/1	10/1	
Notomastus latericeus					
Praxillella affinis			0/2		
Rhodine loveni			3/1	1	
Myriochele oculata			6	3	
Pectinaria auricoma					
Pectinaria belgica					
Ampharetidae indet.	1				
Sabellides octocirrata				1	
Amythasides macroglossus			102	80	
Eclysippe vanelli				1	
Amage auricula	1		2/1	0/3	
Melythasides laubieri	58	29			
Melinna elisabethae				1	
Terebellidae indet.					
Pista sp.					
Streblosoma intestinale			1	1	
Polycirrus norvegicus					
Trichobranchus roseus					
Terebellides stroemi	53	10/2	6/2	2/2	
Sabellidae indet.			1		
Euchone sp.				1	
Hydroides norvegica					
OLIGOCHAETA indet.				1	
Sipunculus norvegicus					
Onchnesoma steenstrupi	7/1	5/1	19	16/1	
Nephasoma cf. minutum	3		6	19	
CRUSTACEA					
* Calanus finmarchicus	1	2	7	1	
* Calanus hyperboreus	2		2	1	
* Chiridius armatus	1	1	2		
* Euchaeta norvegica	1	2			
* Metridia lucens			2		
* Metridia longa	2	3			
* Heterorhabdus norvegicus				1	
* Macrocypris minna				1	
* Nebalia sp.					
* Mysidacea indet.			1		
* Diastylis cornuta					
* Tanaidacea indet.			2		
* Munna sp.			1		
* Eurycope sp.					
* Amphipoda indet.	1				
* Caprellidae indet.					
* Corophium sp.					
Eriopisa elongata	1		3/1	3/1	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Ringja-Marine Harvest	Vind1	Vind1	Vind 6	Vind 6	Vind 8
	4.3.2010	4.3.2010	4.3.2010	4.3.2010	3.3.2010
Type beskrivelse	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1+2. hugg
* Meganyctiphanes norvegica			1		
Calocaris macandreae					
* PYCNOGONIDA indet.					
MOLLUSCA					
Caudofoveata indet.	1		4	3	
Euspira pulchella					
Haliella stenostoma			2/1		
Cylichnina umbilicata			4/1	1	
Nucula tumidula	7/4	7/5	9/5	5/1	
Yoldiella lucida			2	1	
Yoldiella nana			0/1		
Yoldiella philippiana			3/2	2/2	
Mytilus edulis					1
Batharca pectunculoides					
Thyasira obsoleta		2	1	1/1	
Thyasira sarsii			11/4	4/4	
Thyasira equalis	4	8	9	3/1	
Adontorhina similis	1	1	1	1	
Axinulus eumyrius		1			
Mendicula ferruginea	1	1	1	1/1	
Montacuta ferruginosa					
Astarte sulcata					
Parvicardium minimum	1				
Abra longicallus					
Abra nitida			4/4	5	
Kelliella abyssicola	2/1	0/2	7/2	2/3	
Cuspidaria obesa					
Cuspidaria rostrata					
Dentalium entalis			1		
Dentalium occidentale					
Entalina tetragona			2/1	2	
* Bryozoa skorpeformet			+		
* Bryozoa grenet					
ECHINODERMATA					
Amphilepis norvegica	0/10		7/5	2/2	
Ophiura sp.					
Brissopsis lyrifera					
Echinocardium flavescens			1		
Synaptidae indet.					
ENTEROPNEUSTA indet.					
* CHAETOGNATHA indet.	1	1		1	
Asciacea indet.					
* PISCES egg.			2		
* VARIA	+	+	+	+	

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene

Geom. Kl.	Vind1 20.12.2007	Vind1 4.3.2010	Vind 6 4.3.2010	Vind 8 4.3.2010	Vind2 20.12.2007
I	7	13	18	2	0
II	5	9	12	0	1
III	3	3	8	0	1
IV	4	3	10	1	1
V	2	3	6	0	1
VI	1	0	1	0	0
VII	0	2	1	0	0
VIII	0	0	1	0	0
IX	0	0	0	0	0
X	0	0	0	0	1
XI	0	0	0	0	0
XII	0	0	0	0	0
XIII	0	0	0	1	0
XIV	0	0	0	0	0
XV	0	0	0	0	0
XVI	0	0	0	0	0
XVII	0	0	0	0	0
XVIII	0	0	0	0	0
XIX	0	0	0	0	0
XX	0	0	0	0	0

Vedleggstabell 4. Analysebevis

NB! Stasjon Vind 5 i analysebeviset tilsvarer Vind 8 i resten av rapporten.



Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd. Moss
F. reg. 965 141 618 MVA
Møllebakken 50
NO-1506 Moss

Tlf: +47 69 00 52 00
Fax: +47 69 27 23 40

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

AR-10-MM-005921-01



EUNOMO-00012047

Prøvemottak: 20.04.2010
Temperatur:
Analyseperiode: 20.04.2010-29.04.2010
Referanse: 803736 ref: 7/10.
Sedimentprøver 19/4-10

ANALYSERAPPORT

Prøvenr.:	439-2010-04200434	Prøvetakingsdato:	04.03.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Vind 1, P, Zn, Cu	Analysedato:	20.04.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	25	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	560	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	18	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	85	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Prøvenr.:	439-2010-04200435	Prøvetakingsdato:	04.03.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Vind 1, TOC	Analysedato:	20.04.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* Diverse analyse, Fast					
Vedlegg	Se vedlegg			N/A	

Prøvenr.:	439-2010-04200440	Prøvetakingsdato:	04.03.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Vind 5, P, Zn, Cu	Analysedato:	20.04.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	57	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	5400	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	56	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	130	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Prøvenr.:	439-2010-04200441	Prøvetakingsdato:	04.03.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Vind 5, TOC	Analysedato:	20.04.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* Diverse analyse, Fast					
Vedlegg	Se vedlegg			N/A	

Tegnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Måleusikkerhet

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 3

AR-10-MM-005921-01



EUNOMO-00012047



Prøvenr.:	439-2010-04200442	Prøvetakingsdato:	04.03.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Vind 6, P, Zn, Cu	Analysedato:	20.04.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	40	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	600	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	15	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	67	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Prøvenr.:	439-2010-04200443	Prøvetakingsdato:	04.03.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerking:	Vind 6, TOC	Analysedato:	20.04.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
* Diverse analyse, Fast					
Vedlegg	Se vedlegg			N/A	

Moss 29. april 2010

Hanne-Monica Reinback

Hanne-Monica Reinback

ASM/Kjemiingeniør

Tegnforklaring:

* : (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< : Mindre enn, > : Større enn, LOQ : Kvantifiseringsgrense, MPN : Most Probable Number, cfu : Colony Forming Units, MU : Målesikkerhet

Opplysninger om målesikkerhet 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 3 av 3

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

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 oppfylder kravene i NS-EN ISO 17025.
Analyseresultatene gjelder for analyser av de anførte prøver i den stand de ble mottatt.
Rapporten skal ikke giengis uten skriftlig godkjenning fra prøvingslaboratoriet.

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



EUROFINS Umwelt Ost GmbH Niederlassung Freiberg
OT Tuttendorf, Gewerbepark „Schwarze Kiefern“ D-09633 Halsbrücke

Customer:

EUROFINS Norks Miljøanalyse AS
Postboks 3055

1506 MOSS

NORWAY

Test Report No.: 11002863

(page 1 of 2)

Project: 439-2010-04200435 to -04200443

Order: Analysis of 5 samples

Order from: 10/04/21

Test period: 10/04/21 to 10/04/27

Sampling: Samples taken by client

Test methods: Determination

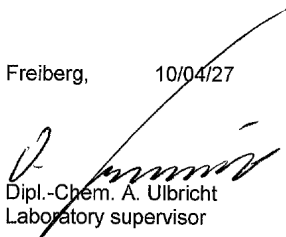
of dry matter

DIN 38 414 - S 2 : 1985-11

of TOC

DIN ISO 13137

Freiberg, 10/04/27


Dipl.-Chem. A. Ulbricht
Laboratory supervisor

Test results exclusively refer to test objects mentioned in this report. If an associate of our laboratory did not take samples, all responsibility for the correctness of sampling is declined. This test report may be distributed completely and unchanged only. Extracts and changes require according approval by EUROFINS Umwelt Ost GmbH Niederlassung Freiberg. Test reports without signature are not valid! Analysis passed on to accredited laboratories are labeled with 'F', passed on to accredited laboratories of firm group are labeled with 'FF'. Non-accredited testing methods are labeled with 'N'.

Nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 durch die
DACH Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium.

Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Prüfverfahren.



Niederlassung Freiberg
OT Tuttendorf, Gewerbepark „Schwarze Kiefern“
D-09633 Halsbrücke

Tel. +49 3731 2076 500
Fax +49 3731 2076 555
Info_freiberg@eurofins.de

EUROFINS Umwelt Ost GmbH
Löbstedter Straße 78
D-07749 Jena

Tel. +49 3641 4649-0
Fax +49 3641 4649-19
Info_jena@eurofins.de, www.aua-jena.de

Amtsgericht Jena
HRB 202586
Ust.-ID.Nr.: DE 151 28 1987

Geschäftsführer:
Dr. Ulrich Erler
Dr. Benno Schneider

Bankverbindung:

NORD LBD
BLZ 250 500 00
Kto 150 334 779
IBAN DE91250500000150334779
BIC/SWIFT NOLA DE 2HXXX

table analytical results

sample	439-2010-04200435 Sediment	439-2010-04200437 Sediment	439-2010-04200439 Sediment	439-2010-04200441 Sediment	439-2010-04200443 Sediment
Lab ID	110014212	110014213	110014214	110014215	110014216
dry matter in % (m/m)	16,5	37,4	40,9	41,0	50,4
TOC in % (m/m) (dry basis)	3,1	8,7	3,0	4,4	2,3