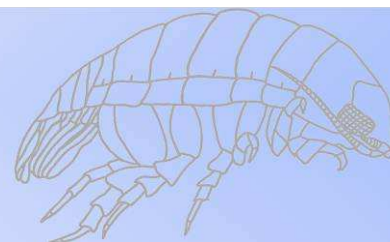


SAM e-Rapport

Seksjon for anvendt miljøforskning – marin
UNIFOB - Universitetsforskning i Bergen



e-Rapport nr. 9-2010

MOM-C undersøkelse ved Halsavika

Per-Otto Johansen
Kristin Hatlen



Rapportens tittel: MOM-C undersøkelse ved Halsavika	Dato: 10.5.2010
	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
--	--------------------------

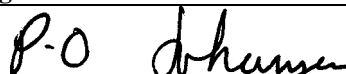

Abstract:

The aim of this investigation was to describe the environmental conditions at a fish farm in Halsavika 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 concentration of phosphorus, copper and zinc were low and the fauna was rich in the transition zone. The organic content and concentration of copper and phosphorus was high and the benthic fauna was influenced by the activity close to the fish farm.

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

ISSN NR.: 1890-5153
SAM e-Rapport nr. 9-2010

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 Undersøkellesområdet.....	5
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder	5
2.2.1 Hydrografi	8
2.2.2 Sediment.....	8
2.2.3 Kjemiske analyser	9
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 Halsavika i Tysvær kommune. 3. – 4. mars i 2010. Undersøkelsen er utført av 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 oppdrettsanlegget. 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 en MOM-C 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

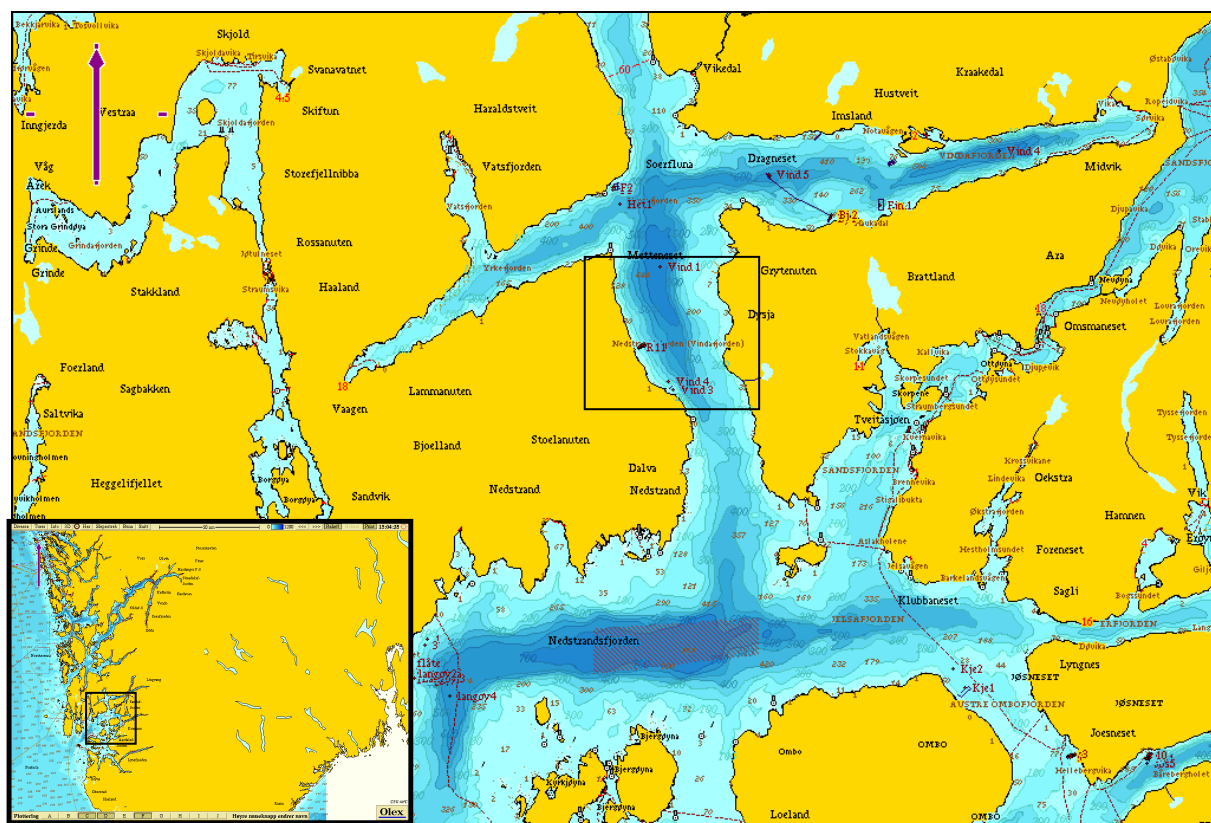
2.1 Undersøkellesområdet

Undersøkellesområdet ligger i Vindafjorden utenfor Halsavika (Figur 2.1 – 2.3). Dette er en dyp fjord med dypeste punkt på 712 m. Sør for anlegget munner Vindafjorden ut i Nedstrandsfjorden over en terskel på omtrent 300 m. Bunnen under oppdrettsanlegget skråner bratt nedover fra 50 til 100 m dyp.

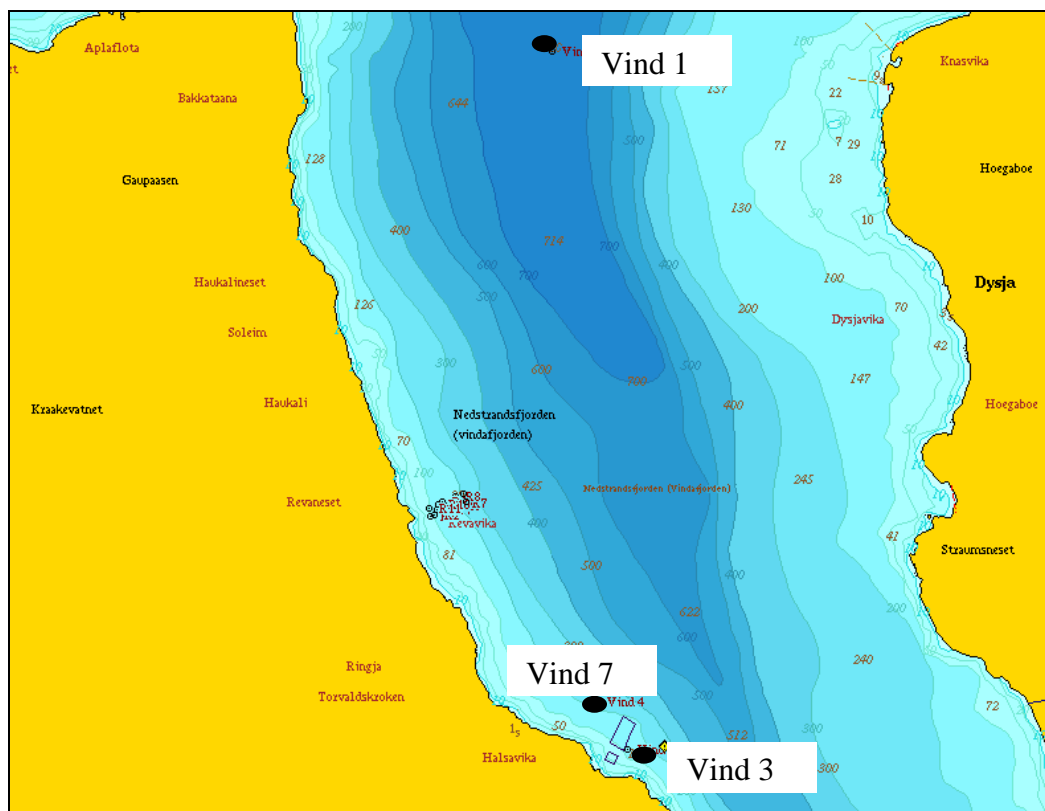
2.2 Innsamling, opparbeiding og metoder

Prøveinnsamlingene ble gjort den 3. – 4. mars i 2010.

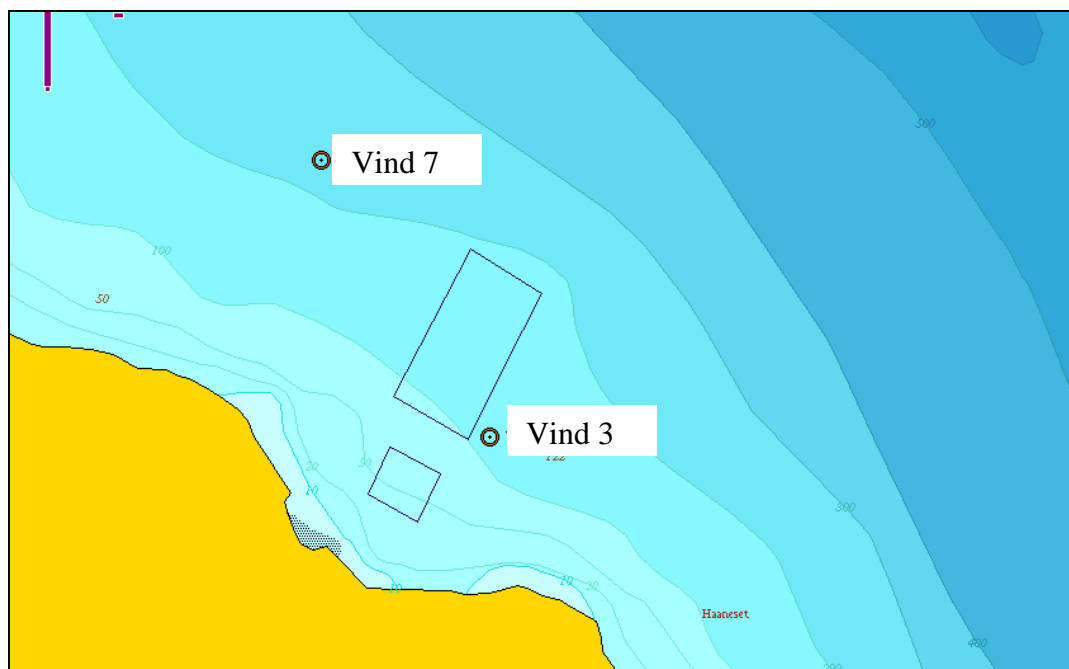
Detaljerte opplysninger om stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Det ble også utført hydrografimålinger fra den dypeste stasjonene i Vindafjorden. Hydrografimålingene ble foretatt ved hjelp av en CTD-sonde (STD/CTD-sonde SD204). Dataene ble hentet ut og illustrert ved hjelp av programvaren Minisoft SD200w.



Figur 2.1. Oversiktskart som viser fjordsystemene rundt Vindafjorden (i firkant). Kartkilde: Olex.



Figur 2.2. Oversikt over de undersøkte stasjonene ved Halsavika, samt referansestasjonen i dypet av fjorden. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex.



Figur 2.3. Detaljsskisse over lokaliteten Halsavika i Vindafjorden. Stasjon Vind 1 ligger på dypere vann utenfor bildet. Eksakt plassering av stasjonene er gitt i Tabell 2.1. Kartkilde: Olex.

Tabell 2.1. Stasjonsopplysninger for grabbprøver og innsamlet i mars 2010. Posisjonering ved hjelp av GPS (WGS-84). Det ble benyttet en 0.1m² 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 3 3/3-2010	Halsavika 59° 23,472'N 05° 53,019'Ø	115	1	5	Kjemi og biologi (duo grab) Biologi
			2	6	
St. Vind 7 3/3-2010	Halsavika 59° 23,6407'N 05° 52,8167'Ø	250	1	21	Kjemi og biologi (duo grab) Biologi
			2	5	
St. Vind 1 4/3-2010	Halsavika 59° 25,912'N 05° 52,505'Ø	712	1	19	Biologi Biologi
			2	19	

2.2.1 Hydrografi

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

2.2.2 Sediment

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

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

Organisk innhold i sedimentet måles som prosent glødetap, og beregnes som differansen mellom tørking og brenning i samsvar med Norsk Standard 4764.

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

2.2.3 Kjemiske analyser

De kjemiske 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 KLIF'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 hulldiameter 5 mm og den andre 1 mm (Hovgaard 1973). Prøvene ansees som kvantitative for dyr som er større enn 1 mm. Prøvene ble fiksert ved tilsetting av 4 % formalin 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.

Klima- og forurensningsdirektoratet (KLIF) 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 forureningsgrad. 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. KLIF's 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

Produksjon og Forforbruket er vist i Tabell 2.4.

Tabell 2.4. Produksjon og fôrforbruk fra de tre foregående år i tonn:

År	2007	2008	2009
Produksjon	1856	1528	2668
Fôrforbruk	2301	1827	3289

3 RESULTATER OG DISKUSJON

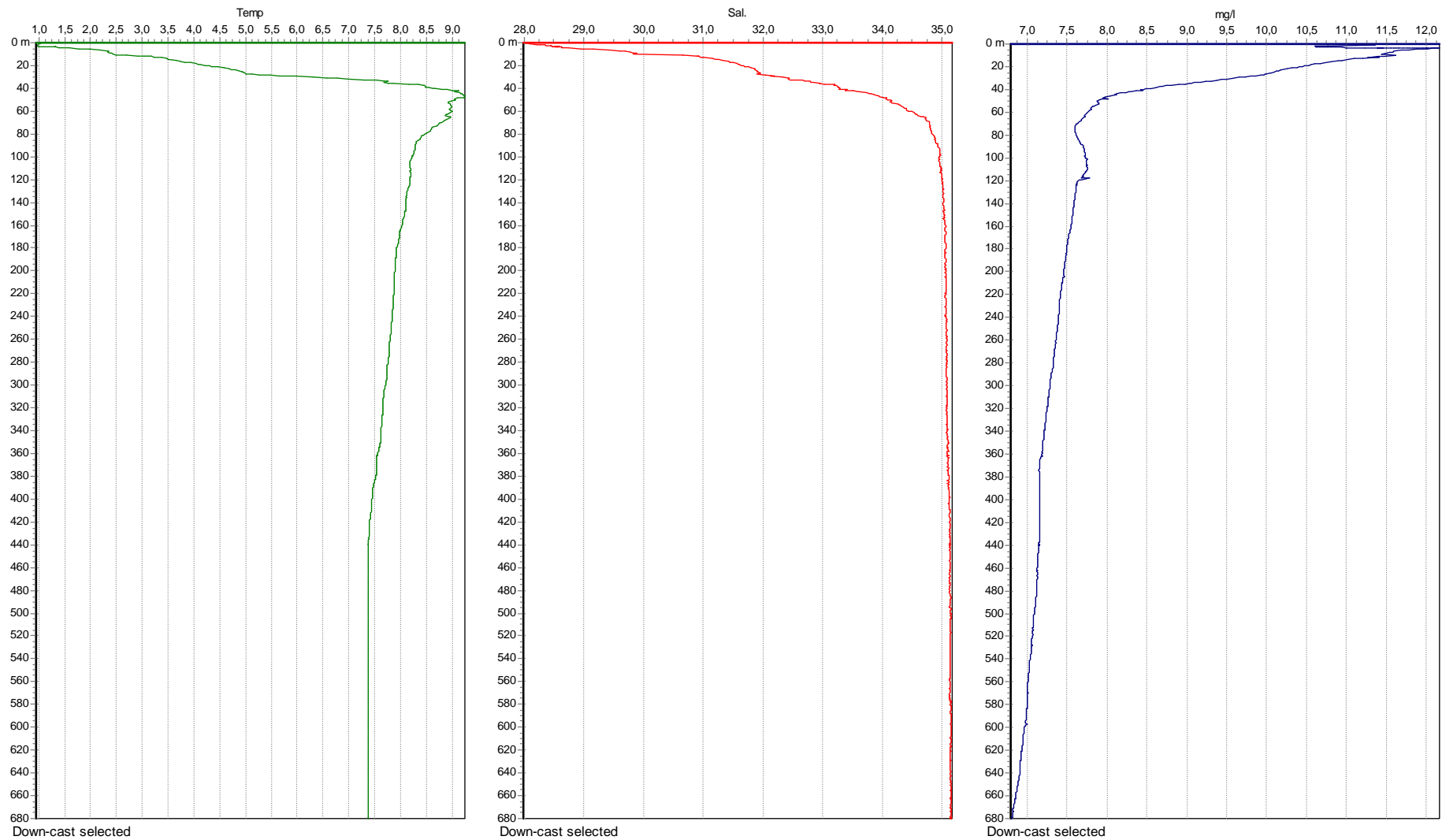
3.1 Hydrografi

Saltholdighet, temperatur og oksygeninnhold ble målt fra overflaten og ned til 650 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 Halsavika 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	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning



Figur 3.1. Temperatur (°C), saltholdighet (psu) og oksygeninnhold (mg/l) målt med CTD-sonde fra overflaten og til 650 meter dyp i Vindafjorden utenfor Halsavika 4. mars 2010.

Temperaturen i overflaten var 1,0° C på Halsavika (Tabell 3.1). Sjøtemperaturen var 7,38°C i 650 m dyp. Saltholdighetsmålingene viser et overflatelag med lavere saltholdighet (28,11 psu) enn nedover i vannsøylen. På 650 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 4,85 ml/l i 650 m dyp. Dette tilsvarende tilstandsklasse I (meget god) for bunnvannet.

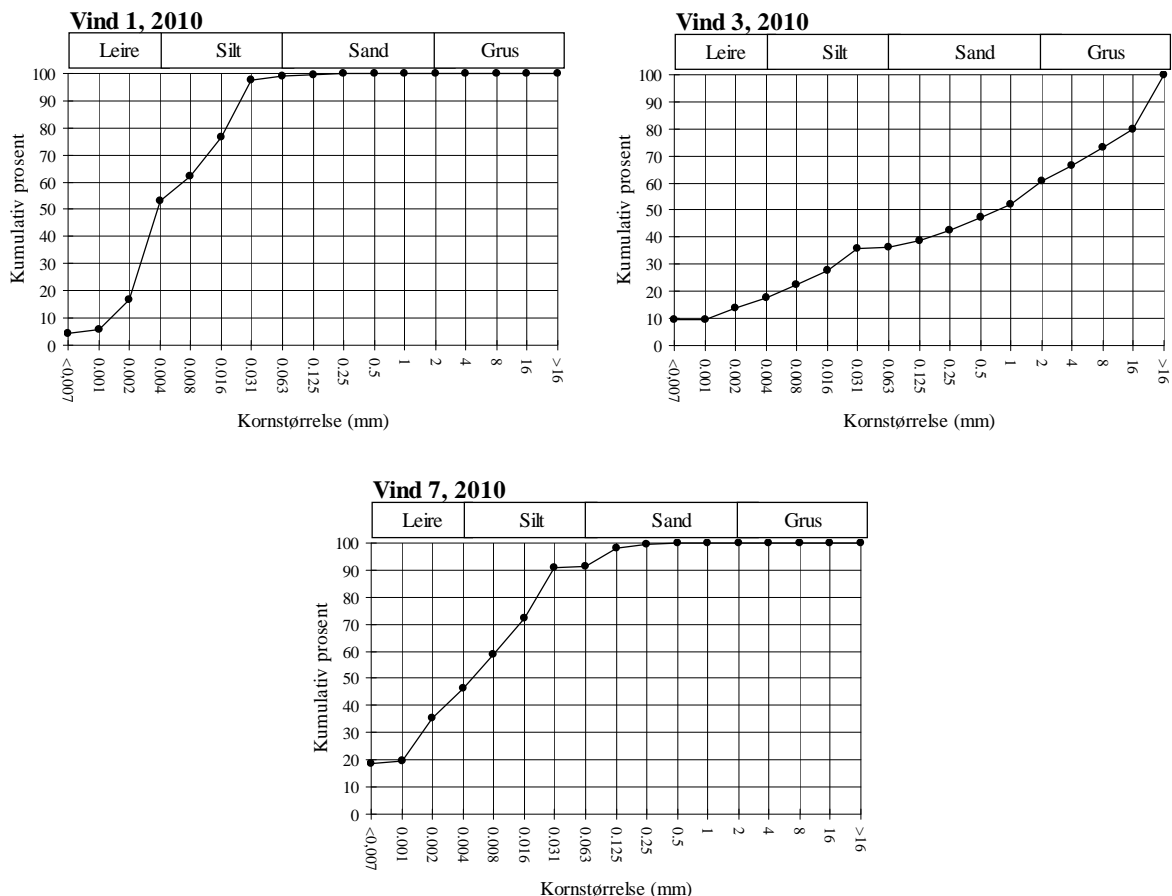
3.2 Sediment

Resultatene fra sediment-undersøkelsene i Halsavika 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 Halsavika i 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 3	Halsavika	115	25.18	18	18	36	25	39
Vind 7	Halsavika	250	10.72	47	45	92	8	0

Ved Vind 1 karakteriseres bunntypen av hovedsakelig leire og silt (99 %), noe som også er tilfelle ved Vind 7 (92 %). Vind 3 har derimot en mer variert bunntype, med innslag av grus (39 %), sand (25 %) og leire og silt (36 %). Dette indikerer bedre strømforhold ved den grunne stasjonen enn de to dypere stasjonene. Likevel er glødetapet er nokså høyt ved Vind 3, som ligger nærmest anlegget, mens de andre to stasjonene har konsentrasjoner man kan forvente i en norsk fjord.



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

3.3 Kjemi

Sediment analyser

De undersøkte kjemiske parametrene er vist i Tabell 3.3. Vind 3 hadde den høyeste konsentrasjonen av kobber, som ga tilstandsklasse IV (dårlig), samt det høyeste fosfornivået. Dette er den grunneste stasjonen, og den nærmeste anlegget, noe som kan tyde på en opphopning av stoffer fra anlegget. Det høyeste innholdet av sink ble også funnet her, men verdiene var fortsatt lave (tilstandsklasse I-II, bakgrunn - god). Ellers havnet alle verdiene i tilstandsklasse I (bakgrunn).

TOC-innholdet på Vind 1 og Vind 7 fikk tilstandsklasse III (mindre god), mens Vind 3 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) var som forventet på dyp som stasjonene Vind 1 og Vind 7, mens det var høyt på stasjon Vind 3.

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

Stasjon	Dyp m	Kobber (Cu) mg/kg	KLIF's TK	Fosfor (P) g/kg	Sink (Zn) mg/kg	KLIF's TK	TOC g/100g	Normalisert TOC	TOC KLIF's T.kl.
Vind 1	712	18	I	0,56	85	I	3.1	31,2	III
Vind 3	115	67	IV	5,70	150	I-II	8.7	98,5	V
Vind 7	250	16	I	0,66	74	I	3.0	31,4	III

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 og det ble heller ikke observert fekalier eller fôrrester i noen av prøvene.

Målingene av pH og E_h plasserte sedimentet fra Vind 1, Vind 3 og Vind 7 fikk tilstand 1 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 3	Halsavika	7,8	60	0	1
Vind 7	Halsavika	7,7	-41	1	1

3.4 Bunndyr

Resultatene fra bunndyrsundersøkelsene er gitt i Tabell 3.5 til Tabell 3.7, Figur 3.3, Figur 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 (fôr-rester og fiskeekskremer) 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 3 ligger inntil oppdrettsanlegget på 115 m dyp. Her ble det i mars 2010 funnet 19 arter med til sammen 19975 individer ($0,2 \text{ m}^2$) (Tabell 3.5). I desember 2007 ble det funnet 1575 individer fordelt på 15 arter ($0,2 \text{ m}^2$). Den mest tallrike arten i mars 2010 var børstemarken *Capitella capitata* med 93,7 % (18723 individer) av alle individene i prøvene. I 2007 var også børstemarken *Capitella capitata* den vanligste arten med 65,3 % (1029 individer) av alle individene i prøvene. Denne arten forekommer ofte i store mengder på lokaliteter som har stor tilførsel av organisk materiale. I 2010 ble diversiteten beregnet til 0,44 med jevnhet 0,10, og i 2007 hadde stasjonen diversitet 1,62 med jevnhet 0,41. Dette plasserer stasjonen i MOM bunntilstand 2-3 (god-dårlig) ved undersøkelsen i mars 2010.

Stasjonen Vind 7 ligger i overgangssonen på 250 m dyp. På denne stasjonen ble det funnet 1088 individer fordelt på 82 arter. Diversiteten var 4,12 med jevnhet 0,65. Den vanligste arten var flerbørstemarken *Paramphinome jeffreysii* som utgjorde 34,7 % av alle individene. Denne stasjonen var svært artsrik, noe som også framgår av grafen for de geometriske klassene og indikerer en positiv stimulans fra anlegget. Denne stasjonen fikk beste tilstand etter både KLIF og MOM klassifiseringen.

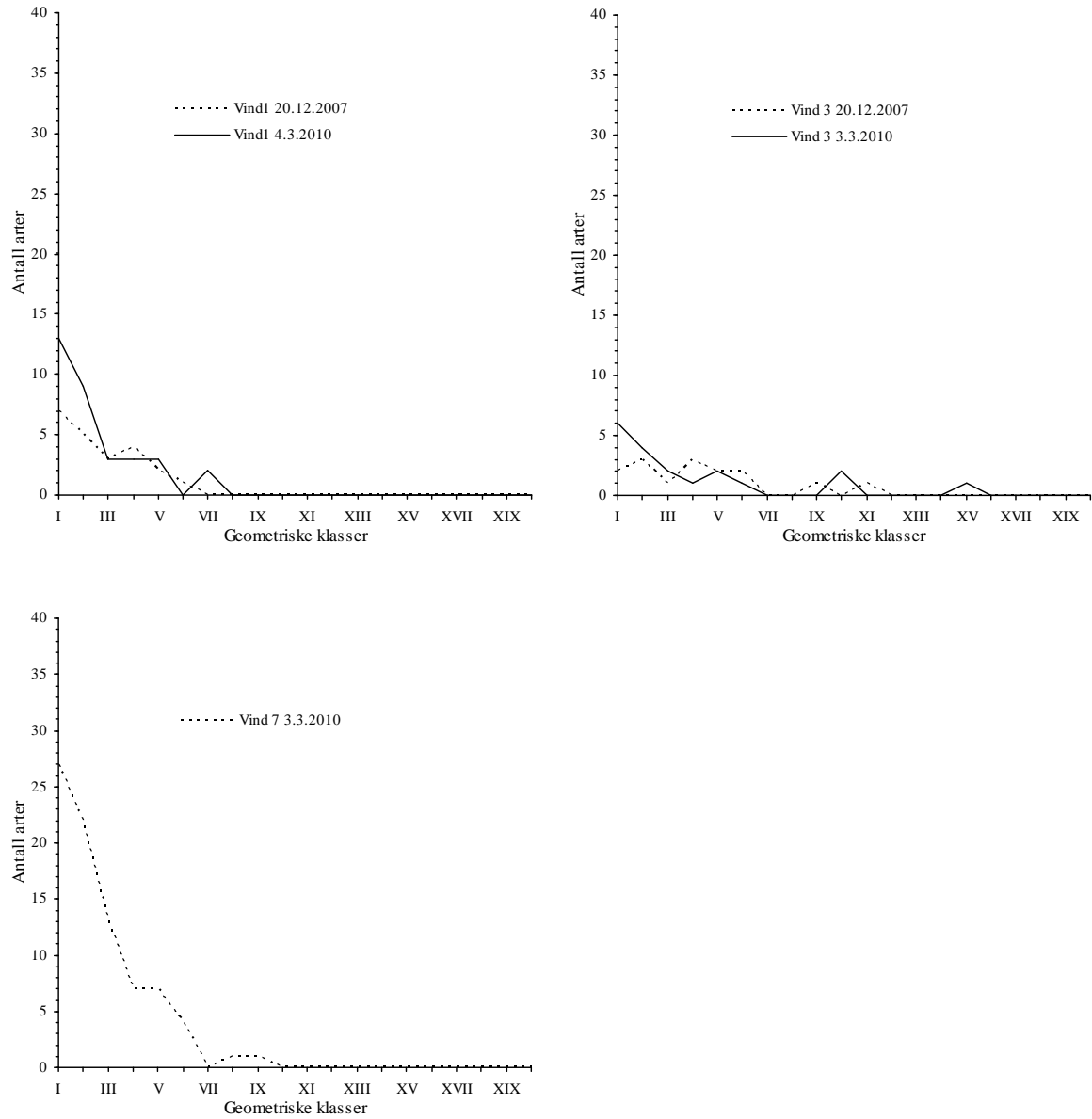
Faunen på stasjonen inntil anlegget var relativt lik i 2007 og 2010 (57,0 % likhet) og denne stasjonen skilte seg fra de øvrige stasjonen med kun 10,9 % likhet. Likheten mellom bunnfaunaen i 2007 og 2010 på Vind 1 var 45,5 %. MDS-figuren gir det samme situasjonsbildet.

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 antall individer hadde økt og diversiteten sunket fra 2007 til 2010. I 2010 fikk denne stasjonen MOM tilstand 2-3 (god-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 Halsavika.

Stasjon/år	Hugg nr	Mnd/År	Antall individer	Antall arter	Diversitet (H')	Jevnhet (J)	H'-max	KLIF'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	03/2010	304	33	3,51	0,70	5,04	II	
Vind 3	sum	12/2007	1575	15	1,62	0,41	3,91		2
	1		9463	13	0,40	0,11	3,70		
	2		10512	15	0,42	0,11	3,91		
Vind 3	sum	03/2010	19975	19	0,44	0,10	4,25	-	2-3
	1		279	40	4,12	0,77	5,32		
	2		809	68	3,61	0,59	6,09		
Vind 7	sum	03/2010	1088	82	4,12	0,65	6,36	I	1



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

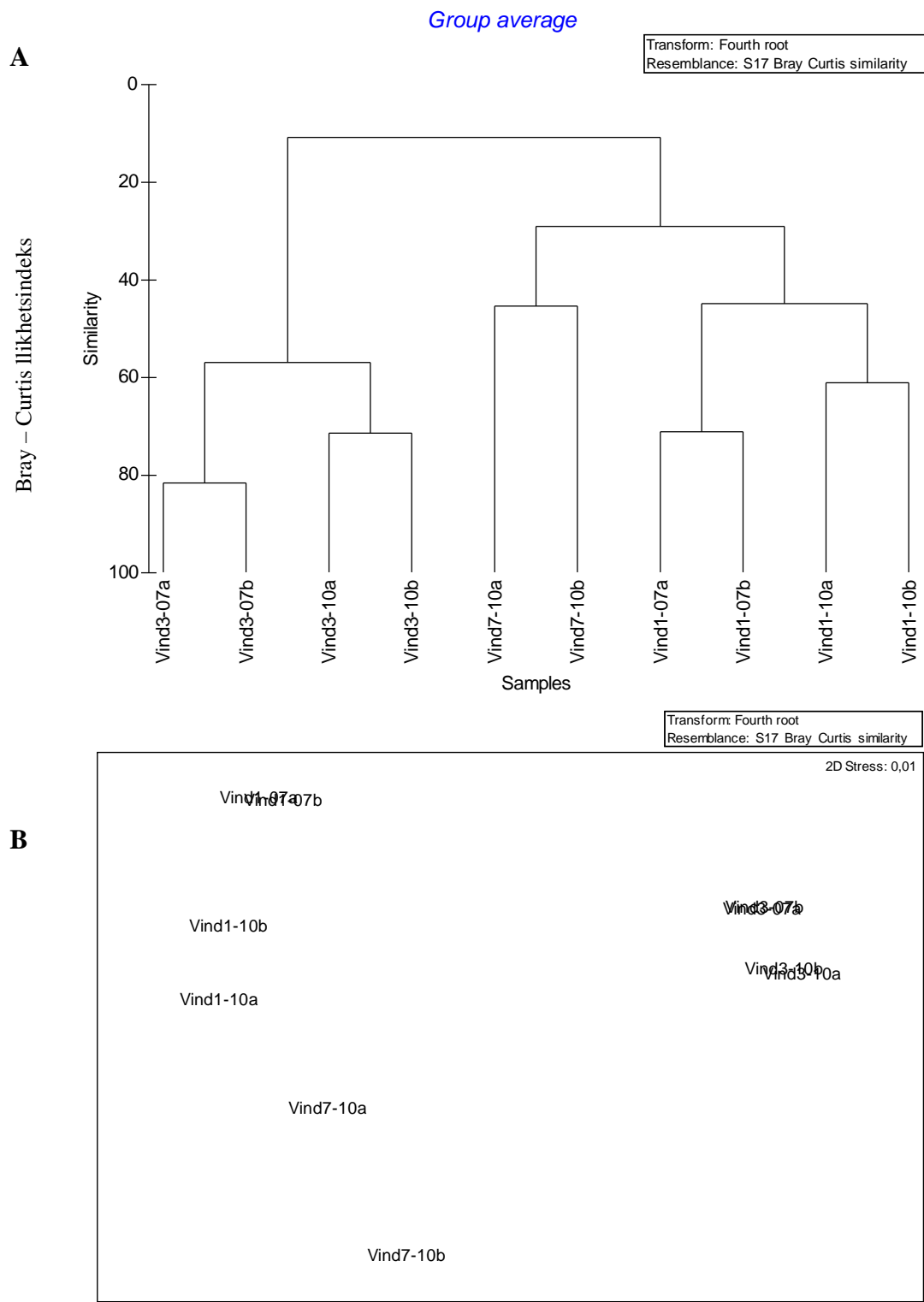
Tabell 3.6. De ti mest tallrike artene. Tabellen oppgir antall individer av hver art, prøveareal og prosent av antall individer for bunnstasjonene i Halsavika i 2010.

Vind 1	4.3.2010	0,2 m ²			Vind 3	3.3.2010	0,2 m ²		
		antall	prosent	kum%			antall	prosent	kum%
Melythasides laubieri		87	28,6	28,6	Capitella capitata	18723	93,7	93,7	
Terebellides stroemi		65	21,4	50,0	Palpiphitime lobifera	568	2,8	96,6	
Ceratocephale loveni		25	8,2	58,2	Prionospio steenstrupii	555	2,8	99,4	
Nucula tumidula		23	7,6	65,8	Dodecaceria concharum	36	0,2	99,5	
Heteromastus filiformis		17	5,6	71,4	Thyasira sarsii	29	0,1	99,7	
Onchnesoma steenstrupi		14	4,6	76,0	Paramphinome jeffreysii	28	0,1	99,8	
Thyasira equalis		12	3,9	79,9	Heteromastus filiformis	11	0,1	99,9	
Amphilepis norvegica		10	3,3	83,2	Aphelochaeta sp.	5	0,0	99,9	
Lumbrineridae indet.		7	2,3	85,5	Mytilus edulis	4	0,0	99,9	
Cerianthidae indet.		6	2,0	87,5	Paraonis sp.	3	0,0	99,9	

Vind 7	3.3.2010	0,2 m ²		
		antall	prosent	kum%
Paramphinome jeffreysii		378	34,7	34,7
Spiophanes wigleyi		137	12,6	47,3
Amythasides macroglossus		57	5,2	52,6
Capitella capitata		47	4,3	56,9
Onchnesoma steenstrupi		47	4,3	61,2
Aphelochaeta sp.		43	4,0	65,2
Heteromastus filiformis		25	2,3	67,5
Diplocirrus glaucus		24	2,2	69,7
Nucula tumidula		24	2,2	71,9
Thyasira equalis		21	1,9	73,8

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

Vind 1	20.12.2007	0,2 m ²			Vind 3	20.12.2007	0,2 m ²		
		Arter	Antall	prosent			Kum%	Arter	Antall
Melythasides laubieri		33	20,2	20,2	Capitella capitata	1029	65,3	65,3	
Heteromastus filiformis		26	16,0	36,2	Palpiphitime lobifera	355	22,5	87,9	
Montacuta ferruginosa		21	12,9	49,1	Heteromastus filiformis	44	2,8	90,7	
Amphilepis norvegica		14	8,6	57,7	Vigtorniella sp.	36	2,3	93,0	
Thyasira equalis		12	7,4	65,0	Hydroides norvegica	31	2,0	94,9	
Brissopsis lyrifera		12	7,4	72,4	Paramphinome jeffreysii	30	1,9	96,8	
Kelliella abyssicola		10	6,1	78,5	Prionospio steenstrupii	13	0,8	97,7	
Cerianthus lloydii		7	4,3	82,8	Paraonis sp.	11	0,7	98,3	
Onchnesoma steenstrupi		5	3,1	85,9	Thyasira sarsii	11	0,7	99,0	
Nucula tumidula		5	3,1	89,0	Aphelochaeta sp.	5	0,3	99,4	



Figur 3.4. A) Cluster og B) MDS-plott med stressfaktor 0.01 på testen. Beregningene er foretatt på fjerderots-transformerte artsdata. Analysene er basert på Bray-Curtis similaritetsindeks.

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Denne rapporten omhandler en undersøkelse av miljøforholdene i sjøen ved en oppdretts-lokalitet i Vindafjorden ved Halsavika 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 i Halsavika 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	9,9	1	III	I	I	I	II	-
Vind 3	115	25,2	1	V	-	IV	I-II	-	2-3
Vind 7	250	10,7	1	III	-	I	I	I	1

Hydrografimålingene viste at det var gode oksygenforhold i dypet av Vindafjorden. Det organiske innholdet var høyt inntil oppdrettsanlegget, men lavt i overgangssonen og på referansestasjonen. Sedimentet ved referansestasjonen og i overgangssonen var finkornet. 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. Kobber og fosforinnholdet 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 3) hadde antall individer økt og diversiteten sunket fra 2007 til 2010. I 2010 fikk denne stasjonen MOM tilstand 2-3 (god-dårlig) I overgangssonen var faunaen artsrik og stasjonen (Vind 7) 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.
- Heggøy E, Johansen P-O. 2008. MOM-C undersøkelse fra lokalitet Halsavika i Vindafjorden, Tysvær kommune i 2007 SAM e-Rapport 7-2008. 31s.
- 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*.

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.

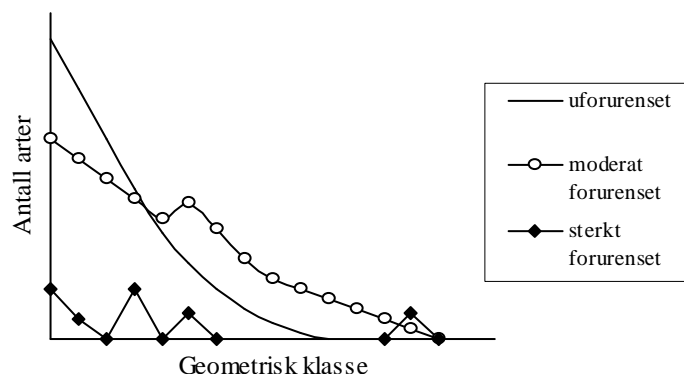
Geometriske klasser

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. Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) 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.

Klima og forurensningsdirektoratet (KLIF) har gitt retningslinjer for klassifisering av miljøkvalitet (Rygg & Thélín 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 KLIF'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:

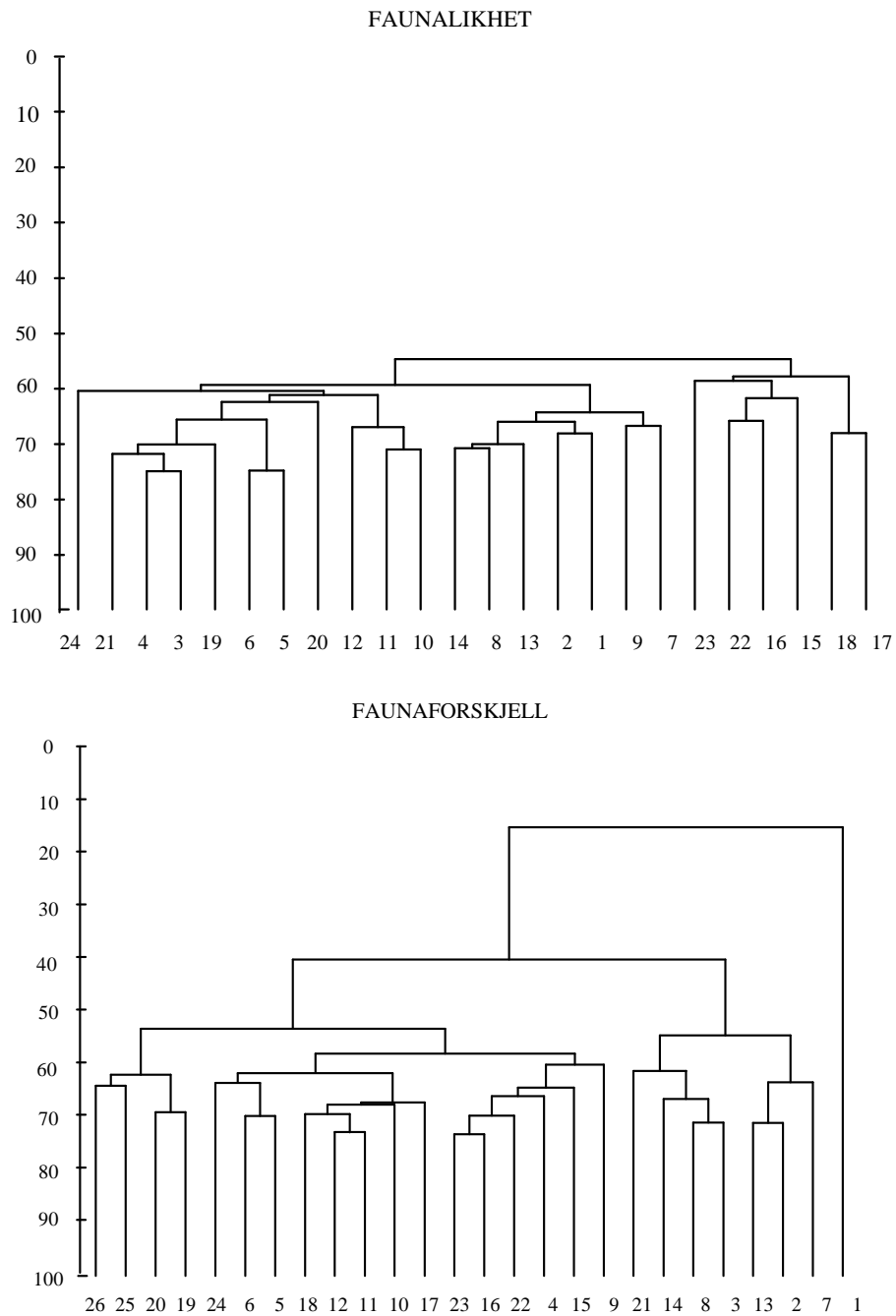
$$d_{jk} = 100 \left\{ \frac{\sum_{i=1}^p |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^p (y_{ij} + y_{ik})} \right\} \text{ og avstand (d).}$$

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.

Dataprogrammer

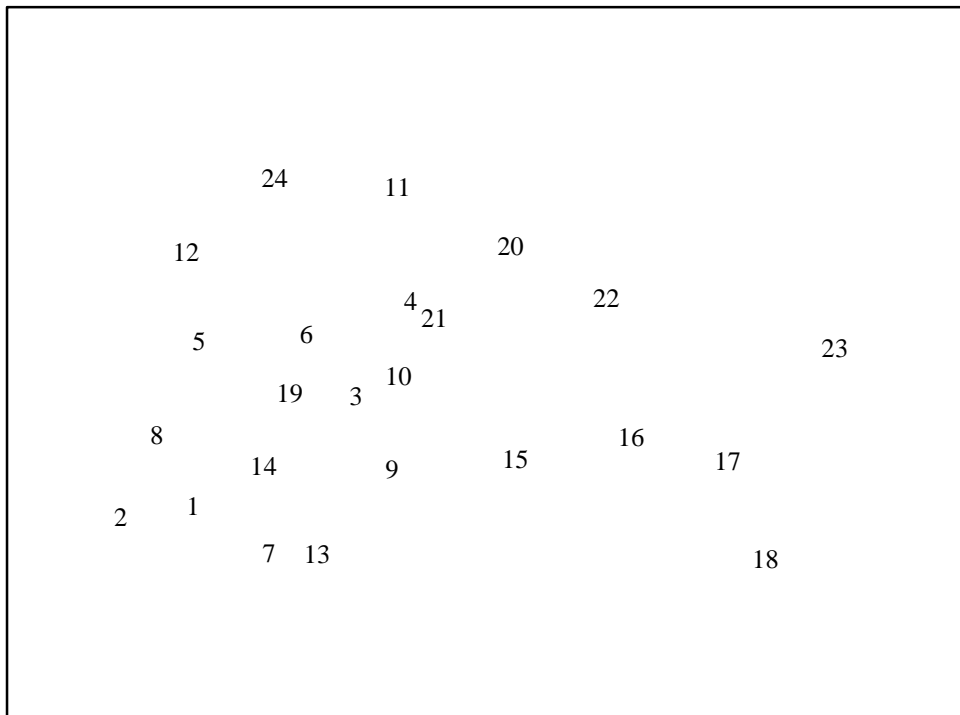
Samtlige data-analyser og beregninger er utført på PC ved hjelp av dataprogrammer eller makroer. Rådata er lagt i regnearket Microsoft Excel. Diversitet (H'), jevnhet (J), H' -max og inndelingen i geometriske klasser er beregnet ved hjelp av en Excel makro kalt "DIVERSI". Dataprogram og makro er laget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

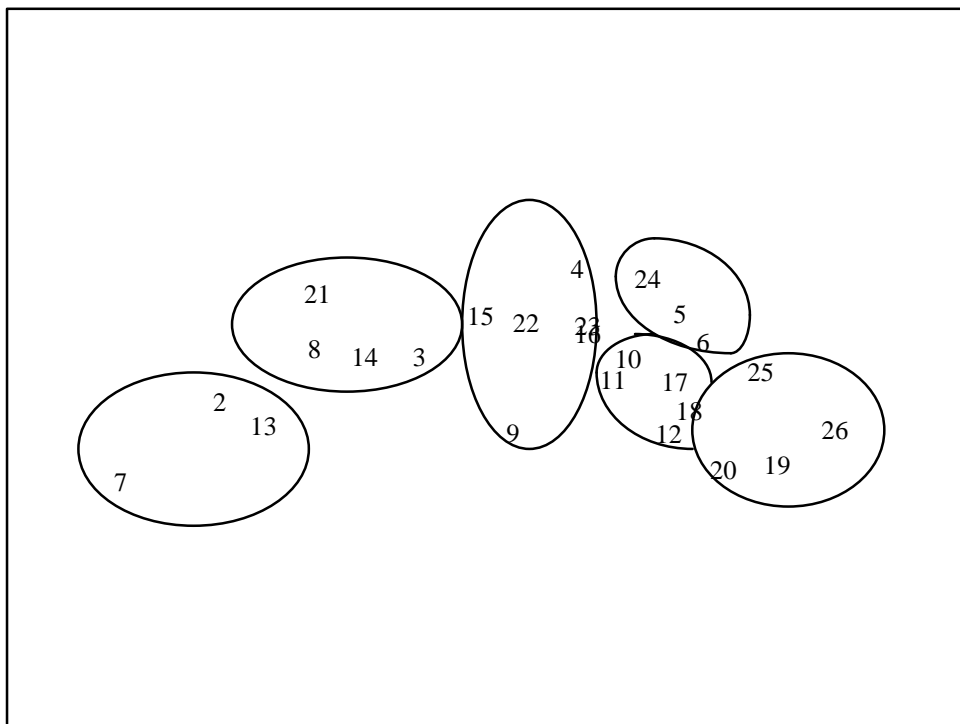


Figur v2. Dendrogram som viser henholdsvis stor og liten faunalikhet (Bray-Curtis similaritet) mellom prøver.

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.

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

SKJEMAET FOR PRØVETAKINGSPUNKT, B.2

Firma: MH

Dato:

Lokalitet: Ringja og Halsavika

Konsesjonsnr:

Prøvetakssted (nr)	1	2	3	7									
Dyp (m)	712		115	250									
Antall forsøk	1		2	2									
Bobling (i prøve)	N		N	N									
Primær-sediment	Grus			30 %	10 %								
	Skjellsand			20 %	30 %								
	Sand			30 %	20 %								
	Mudder												
	Silt	10		20 %									
	Leire	90			40 %								
Fjellbunn													
Steinbunn													
Pigghuder, antall													
Krepsdyr, antall													
Skjell, antall													
Børstemark, antall													
Andre dyr, antall													
Malacoceros fuliginosa													
Beggiatoa	N		N	N									
Fôr	N		N	N									
Fekalier	N		N	N									
Kommentarer	Leire med lyst brunt sediment på topp		En del skjellrester fra anlegget	Leire									

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): Marine Harvest Norway as

Prosjekt nr.: 803736

Prøvetakingssted (område): Halsavika, 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: -

Artene er identifisert av: Per Johannessen.

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

Halsavika	Vind1	Vind1	Vind 3	Vind 3	Vind 7	Vind 7
	4.3.2010	4.3.2010	3.3.2010	3.3.2010	3.3.2010	3.3.2010
Arter	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
* PORIFERA indet.					+	
* HYDROZOA	+					
* Hydrozoa indet.			+	+	+	+
* ANTHOZOA						
Anthozoa indet.						
Cerianthidae indet.	3	3				
Cerianthus lloydii						
Paraedwardsia cf. arenaria						1
* NEMERTINI indet.	2		1		15	5
* NEMATODA indet.	1	1	3200	2048	13	20
POLYCHAETA						
Paramphinome jeffreysii			4	24	44/4	292/38
Aphrodita aculeata						
Polynoidae indet.	1					
Pholoe baltica						
Pholoe pallida	1					
Neoleanira tetragona		2			1	
Eteone longa				1		
* Tomopteris sp.						1
Gyptis rosea		2				
Kefersteinia cirrata				1	1/1	
Nereimyra punctata			1	1		
Syllidae indet.			1			
Exogone sp.				1		16
Ceratocephale loveni	11	13/1			10/1	1
Aglaophamus malmgreni					1/1	
Nephtys incisa						1
Nephtys longosetosa		0/2				
Glycera lapidum						1
Paradiopatra fiordica	2				2	1
Paradiopatra quadricuspis	1	1/1				
Eunice pennata						1
Lumbrineridae indet.	4	3			1	18
Protodorvillea kefersteini						
Palpiphitime lobifera			54	514		
Phylo norvegica	0/1					
Laonice cirrata						3
Malacoceros fuliginosa			1			
Prionospio steenstrupii			507	48		
Prionospio cirrifera			1	1		2
Prionospio dubia						
Spiophanes kroeyeri						1
Spiophanes wigleyi						137
Vigtorniella sp.						
Spiochaetopterus bergensis		1				1
Spiochaetopterus typicus						
Aricidea sp.						2
Levinsenia gracilis	1				5	
Paraonis sp.				3	5	2
Aphelochaeta sp.				5	4	39
Chaetozone sp.				3		14/1
Dodecaceria concharum			2	34		
Macrochaeta polyonyx					1	

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Halsavika	Vind1	Vind1	Vind 3	Vind 3	Vind 7	Vind 7
	4.3.2010	4.3.2010	3.3.2010	3.3.2010	3.3.2010	3.3.2010
Arter	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
Brada villosa	1				1	1/1
Diplocirrus glaucus					6/5	12/1
Pherusa falcata						2/1
Ophelina acuminata						0/1
Ophelina norvegica					1/1	
Ophelina sp.						
Lipobranchus jeffreysii						2/1
Scalibregma inflatum						1/3
Capitellidae indet.		1				
Capitella capitata			8224/643	8128/1728	40/5	2
Heteromastus filiformis	7	10	4	7	13	12
Notomastus latericeus						1/1
Praxillella affinis						0/2
Rhodine loveni						
Myriochele oculata					2	3
Pectinaria auricoma						1
Pectinaria belgica					1	
Ampharetidae indet.	1					2
Sabellides octocirrata						1
Amythasides macroglossus					13	42/2
Eclysippe vanelli						4
Amage auricula	1					4/2
Melythasides laubieri	58	29				
Melinna elisabethae						2
Terebellidae indet.					1	
Pista sp.						4
Streblosoma intestinale						1
Polycirrus norvegicus						6/1
Trichobranchus roseus						1
Terebellides stroemi	53	10/2			2/1	13/4
Sabellidae indet.						1
Euchone sp.						
Hydroides norvegica						1
OLIGOCHAETA indet.					2	
Sipunculus norvegicus					1	
Onchnesoma steenstrupi	7/1	5/1			38/3	6
Nephasoma cf. minutum	3				3	2
CRUSTACEA						
* Calanus finmarchicus	1	2	28	13		13
* Calanus hyperboreus	2		1			1
* Chiridius armatus	1	1				
* Euchaeta norvegica	1	2				
* Metridia lucens						
* Metridia longa	2	3				
* Heterorhabdus norvegicus						1
* Macrocypris minna						
* Nebalia sp.			35	58		
* Mysidacea indet.					12	
* Diastylis cornuta						1
* Tanaidacea indet.						8
* Munna sp.						
* Eurycope sp.					1	1
* Amphipoda indet.	1					12

Seksjon for Anvendt Miljøforskning

Halsavika	Vind1	Vind1	Vind 3	Vind 3	Vind 7	Vind 7
	4.3.2010	4.3.2010	3.3.2010	3.3.2010	3.3.2010	3.3.2010
Arter	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg	1. hugg	2. hugg
* Caprellidae indet.						
* Corophium sp.			1			
Eriopisa elongata	1				6/7	
* Meganyctiphanes norvegica						
Calocaris macandreae					0/1	
* PYCNOGONIDA indet.					1	
MOLLUSCA						
Caudofoveata indet.	1				5	3
Euspira pulchella						
Haliella stenostoma					0/1	0/1
Cylichnina umbilicata					1	
Nucula tumidula	7/4	7/5			15	9
Yoldiella lucida						
Yoldiella nana						2
Yoldiella philippiana						1
Mytilus edulis			0/4			
Batharca pectunculooides						2
Thyasira obsoleta		2				6
Thyasira sarsii			16	13	1	2/2
Thyasira equalis	4	8			3	18
Adontorhina similis	1	1				1
Axinulus eumyarius		1				
Mendicula ferruginea	1	1			1/1	7/2
Montacuta ferruginosa						
Astarte sulcata						1
Parvicardium minimum	1					
Abra longicallus						
Abra nitida						13/2
Kelliella abyssicola	2/1	0/2			0/1	1
Cuspidaria obesa						0/1
Cuspidaria rostrata						1/1
Dentalium entalis						
Dentalium occidentale					1	1/2
Entalina tetragona					2	4/1
* Bryozoa skorpeformet						
* Bryozoa grenet				+		
ECHINODERMATA						
Amphilepis norvegica	0/10				5/4	1/1
Ophiura sp.					0/2	
Brissopsis lyrifera						
Echinocardium flavescens						0/1
Synaptidae indet.						1
ENTEROPNEUSTA indet.			1			1
* CHAETOGNATHA indet.	1	1				
Asciacea indet.					1	1
* PISCES egg.			1	2		3
* VARIA	+	+	+	+	+	+

Vedleggstabell 3. Geometriske klasser

Tabellen angir antall arter i de ulike geometriske klassene ved Halsavika.

Geometrisk klasse	Vind1	Vind1	Vind 3	Vind 3	Vind 7
	20.12.2007	4.3.2010	20.12.2007	3.3.2010	3.3.2010
I	7	13	2	6	27
II	5	9	3	4	22
III	3	3	1	2	13
IV	4	3	3	1	7
V	2	3	2	2	7
VI	1	0	2	1	4
VII	0	2	0	0	0
VIII	0	0	0	0	1
IX	0	0	1	0	1
X	0	0	0	2	0
XI	0	0	1	0	0
XII	0	0	0	0	0
XIII	0	0	0	0	0
XIV	0	0	0	0	0
XV	0	0	0	1	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! Vind 4 i analysebeviset tilsvarer Vind 7 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.:	439-2010-04200436	Prøvetakingsdato:	03.03.2010		
Prøvetype:	Sedimenter	Prøvetaker:	Oppdragsgiver		
Prøvemerkning:	Vind 3, P, Zn, Cu	Analysedato:	20.04.2010		
Analyse:	Resultat:	Enhet:	MU	Metode:	LOQ:
Total tørrstoff	41	%	15%	NS 4764	0.02
Fosfor (P)	5700	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	1
Kobber (Cu)	67	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05
Sink (Zn)	150	mg/kg TS	20%	NS EN ISO 11885	0.05

Teanforklaring:

* : (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 1 av 3

AR-10-MM-005921-01



EUNOMO-00012047



Prøvenr.: 439-2010-04200437	Prøvetakingsdato: 03.03.2010
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerking: Vind 3, TOC	Analysedato: 20.04.2010
Analyse:	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
* Diverse analyse, Fast	
Vedlegg	Se vedlegg N/A

Prøvenr.: 439-2010-04200438	Prøvetakingsdato: 03.03.2010
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerking: Vind 4, P, Zn, Cu	Analysedato: 20.04.2010
Analyse:	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
Total tørrstoff	31 % 15% NS 4764 0.02
Fosfor (P)	660 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 1
Kobber (Cu)	16 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 0.05
Sink (Zn)	74 mg/kg TS 20% NS EN ISO 11885 0.05

Prøvenr.: 439-2010-04200439	Prøvetakingsdato: 03.03.2010
Prøvetype: Sedimenter	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerking: Vind 4, 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

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 oppfyller 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, Gewerbehof „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

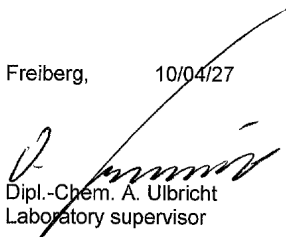
of dry matter

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, Gewerbehof „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