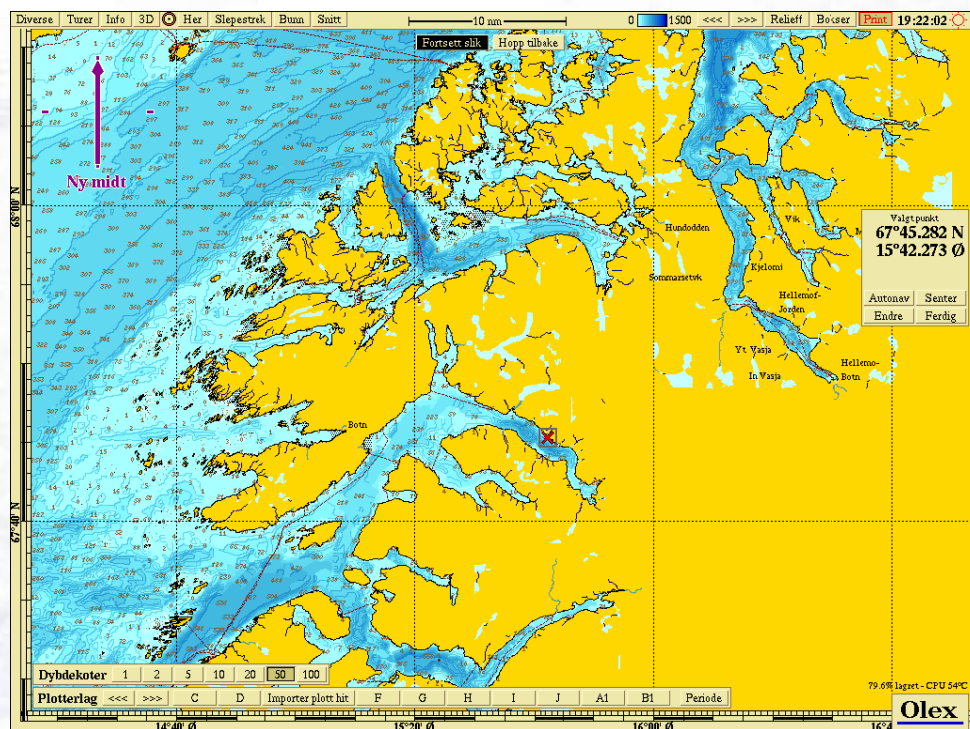


Mainstream Norway AS

C undersøkelse ved lokalitet Ånderbakk i Mørsvikfjorden 2011



Akvaplan-niva AS

Rådgivning og forskning innen miljø og akvakultur

Org.nr: NO 937 375 158 MVA

Framsenteret

9296 Tromsø

Tlf: 77 75 03 00, Fax: 77 75 03 01

www.akvaplan.niva.no

**Rapporttittel / Report title**

Mainstream Norway AS. C undersøkelse ved lokalitet Ånderbakk i Mørsvikfjorden, 2011

Forfatter(e) / Author(s)

Bjørn Erik Bye
Roger Velvin

Akvaplan-niva rapport nr / report no

5496- 01

Dato / Date

22.07.11

Antall sider / No. of pages

14+ vedlegg

Distribusjon / Distribution

Gjennom oppdragsgiver

Oppdragsgiver / Client

Mainstream Norway AS
Nordfold, 8286 Nordfold

Oppdragsg. referanse / Client's reference

Truls Hansen

Sammenheng / Summary

Det er gjennomført en miljøovervåking type C ved den planlagte oppdrettslokaliteten Ånderbakk i Mørsvikfjorden, Nordland.

Hydrografiske registreringer og oksygenmålinger viste at det var sprangsjikt på ca. 50 meters dyp i slutten av mai. Laveste oksygenmetning på 50 % ble målt over bunnen på den dypeste stasjonen (fjernsonen). Nivåene av organisk karbon (TOC) i sedimentene var lave i nær- og overgangssonen (st. 1 og 2) med tilstandsklasse I. Sedimentet i fjernsonen (st. 3) hadde lett forhøyet TOC nivå, tilsvarende tilstandsklasse II. Det ble ikke dokumentert belastningseffekter i bunndyrssamfunnene på noen av de undersøkte stasjonene. De kvantitative bunndyrsanalysene på stasjon 2 og 3 ga beste tilstandsklasse (I). Nivåene av nitrogen og fosfor i sedimentene var generelt lave. Det samme gjaldt nivåene av kobber og sink (tilstandsklasse I).

Prosjektleder / Project manager

Bjørn Erik Bye

Kvalitetskontroll / Quality control

Rune Palerud

© 2011 Akvaplan-niva AS. Rapporten kan kun kopieres i sin helhet. Kopiering av deler av rapporten (tekstutsnitt, figurer, tabeller, konklusjoner, osv.) eller gjengivelse på annen måte, er kun tillatt etter skriftlig samtykke fra Akvaplan-niva AS.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD	2
1 INNLEDNING	3
1.1 Bakgrunn og formål.....	3
1.2 Drift	3
1.3 Tidligere undersøkelser	3
2 MATERIALE OG METODE.....	5
2.1 Faglig program	5
2.2 Stasjonsbeskrivelse.....	6
2.3 Hydrografi	6
2.4 Bløtbunnsundersøkelse.....	6
2.4.1 Sediment	6
2.4.2 Bunndyr	7
3 RESULTATER.....	9
3.1 Hydrografi	9
3.1.1 Hydrografi og oksygen	9
3.2 Sediment	9
3.2.1 TOC og kornfordeling	9
3.2.2 Nitrogen, fosfor, sink og kobber i sedimenter	10
3.3 Bunndyr	10
3.3.1 Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse på stasjon 1	10
3.3.2 Kvantitative bunndyrsanalyser på stasjon 2 og 4	11
4 SAMMENFATTENDE RESULTATER	14
5 REFERANSER.....	15
6 VEDLEGG	16
Vedlegg 1 Bunndyrsstatistikk og artslister.....	16
Vedlegg 2. Analysebeviser	21

Forord

Akvaplan-niva har gjennomført en miljøundersøkelse type C i sjøresipienten for utslipp fra oppdrettslokalitet Ånderbakk. Oppdragsgiver har vært Mainstream Norway AS.

Følgende personer har deltatt:

Bjørn Erik Bye	Akvaplan-niva	Feltarbeid, rapport, prosjektleder
Roger Velvin	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (Varia). Bunndyrsanalyser. Rapport
Rune Palerud	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (krepsdyr). Bunndyrsstatistikk.
Andrej Sikorski	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (børstemark).
Hans-Petter Mannvik	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (pigghuder).
Jesper Hansen	Akvaplan-niva	Identifisering bunndyr (bløtdyr).
Verena Stampfli	Akvaplan-niva	Sortering bunndyr
Oddmund Isaksen	Akvaplan-niva	Instrumenter. Datautlesninger

Sedimentanalyser er gjennomført ved laboratoriet til Unilab Analyse og ALS Skandinavia NUF.

Akvaplan-niva vil takke ansatte på lokaliteten Martnesvika for godt samarbeid med undersøkelsen.

Akkreditert virksomhet: Akvaplan-niva er akkreditert gjennom ISO/IEC 17025. Følgende standarder og prosedyrebeskrivelser er benyttet: NS 9410 (2007), ISO 16665, ISO 5667-19, SFT 97:03 og Akvaplan-nivas interne prosedyrer for prosjektgjennomføring og kvalitetssikring.

Følgende deler av foreliggende rapport er utført etter akkrediterte metoder:

Innsamling av bløtbunnsprøver for sedimentanalyser og kvantitative bunndyrsanalyser, opparbeiding av bunndyrs materialet, samt vurderinger og fortolkninger. De geokjemiske analysene er gjennomført etter akkrediterte metoder ved respektive laboratorium.

Tromsø, 22.07.11



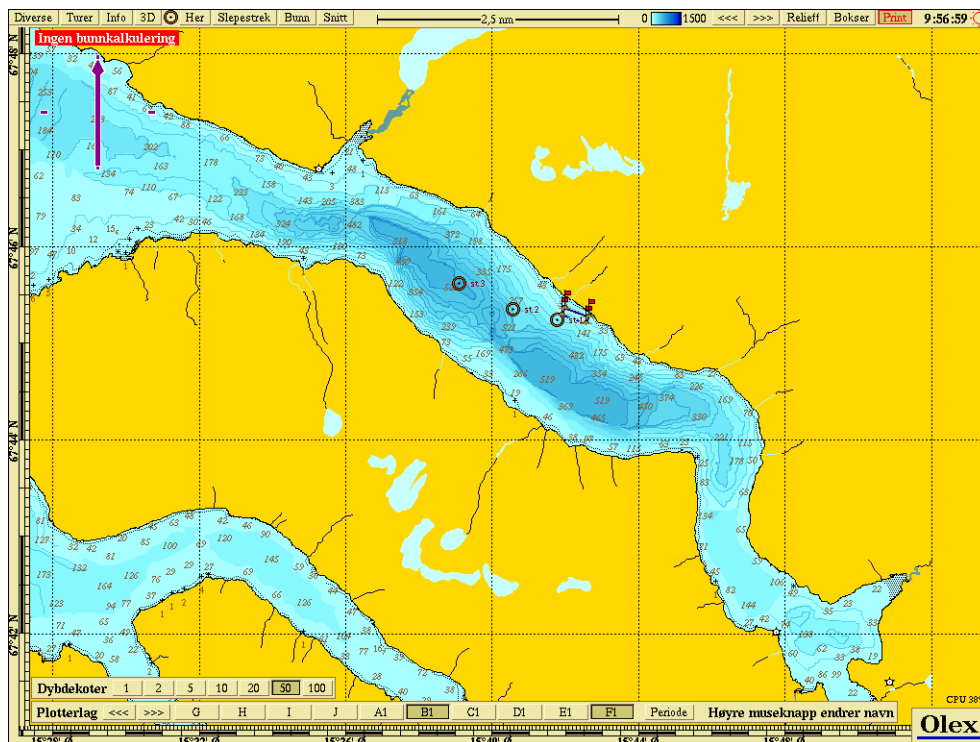
Bjørn Erik Bye

Prosjektleder

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og formål

Bakgrunnen for undersøkelsen er et ønske fra Mainstream Norway AS om å dokumentere miljøtilstanden for lokaliteten Ånderbakk i forbindelse med en søknad om drift på denne. Lokaliteten med stasjonsplasseringer er vist i *Figur 1*.



Figur 1. Oversiktskart over lokaliteten Ånderbakk med stasjoner. Tenkt plassering av anlegget i avmerket firkant.

1.2 Drift

Det er ikke drift på lokaliteten. Mainstream Norway vil søke om drift på denne for å bruke den som alternativ til Martnesvika. Hensikten er å sette ut annenhver generasjon på henholdsvis Martnesvika og Ånderbakk, noe som vil medføre at hver lokalitet vil få en brakkleggingstid på ca. 2 år mellom hvert utsett.

1.3 Tidligere undersøkelser

Akvaplan-niva har utført en rekke miljøundersøkelser og modelleringer i Mørsvikfjorden siden 2005.

En omfattende miljøundersøkelse med blant annet vannkvalitets-, sediment- og bunndyrsprøver og strømmålinger ble utført ved et anlegg i Martnesvika i 2005 (Guneriusen, 2005). Vannkvalitetsresultater herfra viser ca. 55 % oksygenmetning på 175 m dybde like nord for anlegget og ca. 80 % oksygenmetning på 70 m dybde ved selve anlegget, med anlegg i drift. Sediment- og bunndyranalysen viste gode forhold under anlegget, unntatt ved en dyprenne i vest som var preget av organiske belastninger. Strømmålingene ble foretatt på 10 m dyp og 3 m over bunnen.

Akvaplan-niva har i løpet av høsten 2008, 2009 og 2010 innsamlet oksygenmålinger i de dype lag i Mørsvikfjorden i Nordland for Mainstream AS.

Høstmålinger foretatt på to stasjoner ned til ca. 450 m dybde, ganske tett på maksdybden på ca. 530 m, viste oksygenmetning på hhv. ca. 45 og 55 % (Guneriussen, 2010). Gitt at dette tilsvarte oksygenminimum for året, gir dette tilstandsklasse III (Mindre god) og II (God) i henhold til SFTs veiledning for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m.fl., 1997). 8. april 2010 ble målinger foretatt helt ned til 527 m, som antas å være omtrent det dypeste punkt i Mørsvikfjorden. Oksygenmetningen på dypeste punkt var ca. 46 %. På 450 m dybde var oksygennivået kommet opp i 50 %, mens 65 % var nådd først oppe ved omtrent 65 m dybde.

Det har også vært foretatt en del målinger av oksygenivået på grunnere vann. Her viste alle resultatene beste tilstandsklasse I (Meget god), forutsatt at disse tilsvarende oksygenminimum for året. Målingene ble tatt i mars 2008 og oktober 2009, både i midten av fjorden (ca. 210 m) og innerst i fjorden (ca. 125 m) og på ca. 160 m ved Mørsvikbotn (Guneriussen, 2010). Målinger fra oktober 2006 (Guneriussen og Sørflaten, 2007) viste også beste tilstandsklasse innerst i fjorden.

Strømmålinger ble også utført ved planlagt lokalitet på Hamran, noe lenger øst i Mørsvikfjorden høsten 2007 (Guneriussen, 2007). Her ble målt på 5 og 15 m dyp, samt 3 m over bunnen. Samtidig ble en B-undersøkelse foretatt (analyse av sediment og bunnfauna) uten noen funn av organisk belastning.

En vurdering (modellering) av fjorden bæreevne utført i 2010 viste at terskelbassenget, på grunn av svekket naturlig utskifting av dypvannet, har begrenset bæreevne mht. organisk materiale (Leikvin 2010).

2 Materiale og metode

2.1 Faglig program

Valg av undersøkelsesparametere, stasjonsplasseringer og type innsamlingsprogram for bunnprøvetakinger og andre registreringer er gjort i henhold til NS 9410 (2007). En oversikt over det faglige programmet er gitt i Tabell 1.

For gjennomføring og opparbeiding er følgende standarder og kvalitetssikringssystemer benyttet:

- ISO 5667-19. *Guidance on sampling of marine sediments.*
- ISO 16665. *Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft bottom macrofauna.*
- NS 9410-07. *Miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine oppdrettsanlegg.*
- Prosedyreakt. *Kvalitetshåndbok for Akvaplan-niva.*
- SFT (nå Klif) veileder 97:03. *Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Molvær m.fl. 1997).*
- Veileder 01:2009. *Klassifisering av miljøtilstand i vann.* Foreløpig norsk klassifiseringssystem for vann i henhold til vannforskriften. Veileder fra Direktoratgruppen.

Tabell 1. Faglig program på stasjonene ved Ånderbakk, 2011. TOC = Totalt organisk karbon, Tot-N= Nitrogen, Tot-P = Totalt Fosfor, Zn = Sink, Cu = kobber, Korn = Kornfordeling

Stasjon /lokaltet	Type undersøkelse
Stasjon 1 (Nærsonen)	Kvalitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn., Tot-N, Tot-P, Zn, Cu, Sondemålinger.
Stasjon 2 (Overgangssonen)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn., Tot-N, Tot-P, Zn, Cu, Sondemålinger
Stasjon 3 (Dyp.Fjernsonen)	Kvantitativ bunndyrsanalyse. TOC. Korn., Tot-N, Tot-P, Zn, Cu, Sondemålinger.

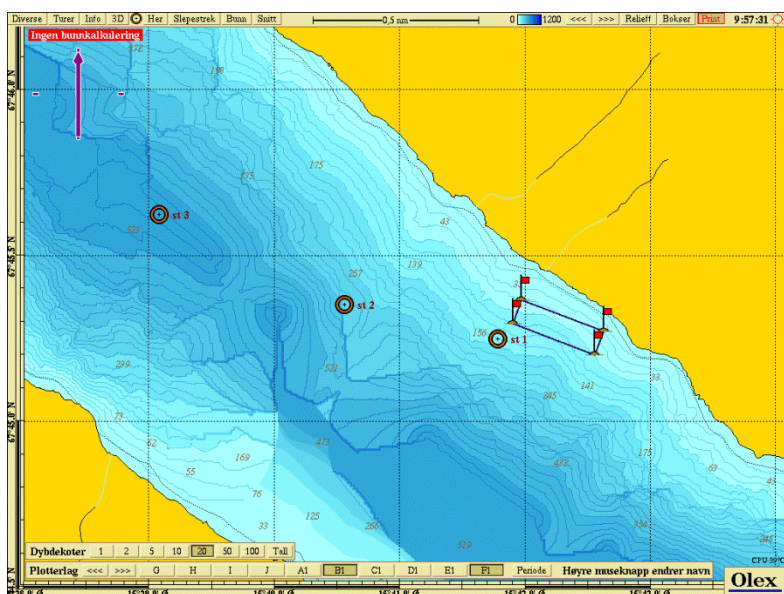
Feltarbeidet ble gjennomført 24.05.11.

2.2 Stasjonsbeskrivelse

Stasjonene er beskrevet i *Tabell 2*, mens plassering er angitt i *Figur 2*.

Tabell 2. Stasjonsdyp og -koordinater, Ånderbakk 2011

Stasjon	St. 1	St. 2	St. 3
Dyp (m)	140	298	527
GPS	N 67° 45,246 E 15° 41,785	N 67° 45,350 E 15° 40,562	N 67° 45,621 E 15° 39,083
Sediment- beskrivelse	Silt. Naturlig farge og lukt.	Blanding av leire og silt. Grålig farge, naturlig lukt.	Blanding av leire og silt. Øverste 2 cm brunaktig, resten grålig. Naturlig lukt.



Figur 2. Detaljert stasjonskart, Ånderbakk 2011. Tenkt plassering av anlegg angitt med ramme.

2.3 Hydrografi

På stasjon 1, 2 og 3 ble det gjort hydrografiske registreringer for vertikalprofiler med hensyn til saltholdighet, temperatur, tetthet og oksygenmetning fra overflate til bunn. Disse ble gjennomført ved hjelp av en Sensordata CTDO 202 sonde.

2.4 Bløtbunnsundersøkelse

2.4.1 Sediment

2.4.1.1 Totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling

Sedimentprøver ble samlet inn med en 0,1 m² van Veen grabb på samtlige stasjoner. Alle prøvene ble innsamlet for analyser på totalt organisk karbon (TOC) og kornfordeling. En kvalitativ beskrivelse (farge/lukt/belastning) ble gjennomført på hver prøve. Prøver for totalt organisk karbon (TOC) ble tatt av de øverste 2 cm av sedimentet, og for

kornfordelingsanalyser fra de øverste 5 cm ved hjelp av rør. Kun prøver med uforstyrret overflate ble godkjent, og prøvematerialet ble frosset for videre bearbeidelse i laboratorium.

Andelen finstoff, dvs. fraksjonen mindre enn 63 µm, ble bestemt gravimetrisk etter våtsikting av prøvene. Resultatene er angitt som andel finstoff på tørrvektsbasis.

Etter tørking ble totalt organisk karbon innhold (TOC) bestemt ved IR deteksjon (LECO IR 212), etter behandling med konsentrert saltsyre (HCl) og katalytisk forbrenning ved 480 °C. For å kunne klassifisere miljøtilstanden basert på innhold av TOC er de målte konsentrasjonene normalisert for andel finstoff (NTOC) ved bruk av ligningen: $NTOC = TOC + 18(1 - F)$, hvor TOC og F står for henholdsvis målt TOC verdi og andel finstoff (%) i prøven (Aure *m. fl.* 1993).

Klassifisering av miljøtilstanden for sedimentene er basert på normalisert TOC, og ble gjennomført i henhold til SFT (nå Klif) veiledning 97:03 (Molvær *m. fl.* 1997).

Tilstandsklassifisering av marine sediment (SFT 97:03)

NTOC, mg/g	< 20 I Meget god	20-27 II god	27-34 III mindre god	34-41 IV Dårlig	> 41 V meget dårlig
------------	---------------------	-----------------	-------------------------	--------------------	------------------------

2.4.1.2 Total Nitrogen (Tot-N), Total Fosfor (Tot-P), sink (Zn) og kobber (Cu)

Sedimentprøver for analyser på Tot-N, Tot-P, Zn og Cu ble også samlet inn med en 0,1 m² van Veen grabb på samtlige stasjoner.

Tot-N ble bestemt ved modifisert Kjeldahl-metode, Tot-P ved spektrofotometri og Zn og Cu ble bestemt ved EPA metoder ved at prøvene ble forasket med etterfølgende trinnvis behandling med salpetersyre/saltsyre.

Klassifisering av miljøtilstanden med hensyn til sink og kobber ble gjennomført i henhold til SFT (nå Klif) veiledning 97:03 (Molvær *m. fl.* 1997). Klassifisering av Tot-N og Tot-P inngår ikke i nevnte veileder.

Zn mg/kg	< 150 Tilstandsklasse I Ubetydelig lite forurenset	150-700 Tilstandsklasse II Moderat forurenset	700-3000 Tilstandsklasse III Markert forurenset	3000-10000 Tilstandsklasse IV Sterkt forurenset	> 10000 Tilstandsklasse V Meget sterkt forurenset
Cu mg/kg	< 35 Tilstandsklasse I Ubetydelig-lite forurenset	35-150 Tilstandsklasse II Moderat forurenset	150-700 Tilstandsklasse III Markert forurenset	700-1500 Tilstandsklasse IV Sterkt forurenset	> 1500 Tilstandsklasse V Meget sterkt forurenset

2.4.2 Bunndyr

2.4.2.1 Om organisk påvirkning av bunndyrssamfunn

Utslipp av organisk materiale (fôrrester/fekalier) fra marine oppdrettsanlegg kan bidra til forringede livsvilkår for mange av de bunnavende organismene. Negative effekter i bunndyrssamfunnet kan best vurderes gjennom kvantitative bunndyrsanalyser. Fordi de fleste bløtbunnartene er lite mobile, vil faunasammensetningen i stor grad gjenspeile de stedsegnete miljøforholdene. Endringer i bunndyrssamfunnene er god indikasjon på uønskede belastninger. Under naturlige forhold består samfunnene av mange arter. Høyt artsmangfold (diversitet) er blant annet betinget av gunstige forhold for faunaen. Likevel kan eksempelvis moderate økninger i organisk belastning stimulere faunaen og eventuelt øke artsmangfoldet noe. Større belastning gir dårligere forhold der opportunistiske arter øker sine individtall, mens ømfintlige slås ut. Dette betyr redusert artsmangfold. Årsaksforhold til endret artsmangfold kan i denne sammenheng i stor grad knyttes til endringer av organisk innhold i sedimentet.

2.4.2.2 Innsamling og fiksering

Alle bunndyrprøvene ble tatt med en 0,1 m² van Veen grabb. Kun grabbskudd hvor grabben var fullstendig lukket og overflaten uforstyrret ble godkjent. Etter godkjenning ble innholdet vasket i en 1 mm sikt og gjenværende materiale fiksert med 4 % formalin tilsatt fargestoffet bengalrosa og nøytralisert med boraks. På laboratoriet ble dyrene sortert ut fra gjenværende sedimentmateriale.

2.4.2.3 Kvalitative (semikvantitative) bunndyrsanalyser

Det ble tatt en prøve på stasjon 1 (nærsonen) til utslippet. Sortert materiale ble opparbeidet semikvantitativt, som vil si at ett replikat fra stasjonen identifiseres ned til art, familie eller annet taksonomisk nivå. Artsrikdom og forekomsten av forurensningstolerante arter vurderes og gir et mål for biologiske effekter av en påvirkning. Analysen er i mange tilfeller tilstrekkelig for å kunne dokumentere utbredelsen av en påvirkning (Rutt & Pickering 1993), men er utilstrekkelig til å inngå i statistiske analyser og klassifisering av miljøtilstand iht. Veileder 01:2009 (Vannforskriften). Da må det gjennomføres kvantitativ bunndyrsanalyse (se under).

2.4.2.4 Kvantitative bunndyrsanalyser

På stasjon 2 og 3 i henholdsvis overgangssonen og fjernsonen ble det innsamlet 2 prøver (replikater) iht. retningslinjene i NS 9410 (2007) på hver av stasjonene. Sortert materiale ble opparbeidet kvantitativt. Bunndyrene ble identifisert til fortrinnsvis artsnivå eller annet hensiktsmessig taksonomisk nivå og kvantifisert av spesialister (taksonomer). De kvantitative artslistene inngikk i statistiske analyser. Se Vedlegg 1 for beskrivelse av analysemetoder. For å klassifisere miljøtilstanden er Direktoratets gruppens veileder 01:2009 (Vannforskriften) benyttet. Følgende statistiske metoder ble benyttet for å beskrive samfunnenes struktur og for å vurdere likheten mellom ulike samfunn:

- Shannon-Wiener diversitetsindeks (H')
- Pielou's jevnhetsindeks (J)
- Hurlberts diversitetskurver inkl. ES₁₀₀ (forventet antall arter pr. 100 individer)
- Antall arter plottet mot antall individer i geometriske artsklasser
- Clusteranalyser

Miljøklassifisering for artsmangfold bløtbunnsfauna – virkning av organisk belastning (Veileder 01:2009)

H'	I Svært god >3.8	II God 3.0-3.8	III Moderat 1.9-3.0	IV Dårlig 0.9-1.9	V Svært dårlig < 0.9
ES ₁₀₀	I Svært god >25	II God 17-25	III Moderat 10-17	IV Dårlig 5-10	V Svært dårlig < 5

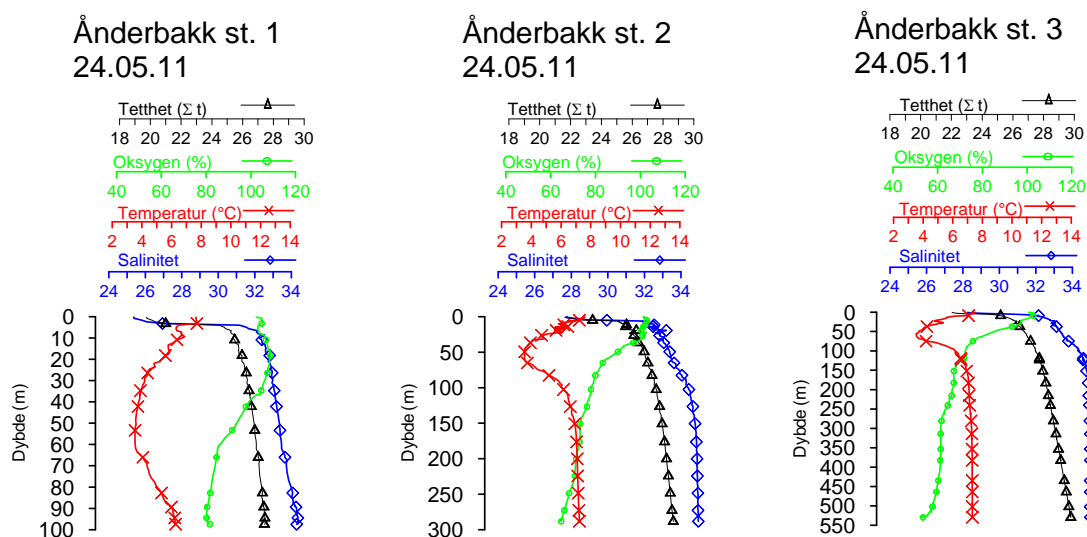
3 Resultater

3.1 Hydrografi

3.1.1 Hydrografi og oksygen

Hydrografiske vertikalprofiler inkludert oksygenmetning er presentert i Figur 3.

Det ble registrert et sprangsjikt på ca. 50 meters dyp på alle tre stasjonene. Temperaturen i overflaten var 7-8 °C og sank til 3 °C i sprangsjiktet. Herfra økte den gradvis til ca. 6 °C ved bunnen. Over sprangsjiktet var vannmassen ferskvannspåvirket (salinitet 27-32). Under sprangsjiktet lå saliniteten naturlig på 33-34. Oksygenmetningen i overflatelaget var 100 %. Under sprangsjiktet sank den til vel 80 % ved bunnen på stasjon 1. På de to dypeste stasjonene (stasjon 2 og 3) var oksygenmetningen ved bunnen henholdsvis 65 % og 50 %.



Figur 3. Vertikalprofiler. Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på stasjon 1, 2 og 3, Ånderbakk 24.05.2011.

3.2 Sediment

3.2.1 TOC og kornfordeling

Nivåer av organisk karbon (TOC) og kornfordeling i sedimentene er presentert i Tabell 3.

TOC nivåene var lave i nærsone og overgangssone (tilstandsklasse I). I dypområdet i fjernsonen var TOC nivået lett forhøyet (tilstandsklasse II).

Finstoffandelen var høyest i fjern- og overgangssonen (ca. 55–66 %), og lavere i nærsonen (31 %).

Tabell 3. Sedimentanalyser. TOC og kornfordeling. Ånderbakk, 24.05.2011.

St.	Sedimentbeskrivelse	TOC, mg/g	N-TOC*	Tilstandsklasse	Pelitt= % <0,063 mm
1	Silt. Naturlig farge og lukt	4,1	16	I Meget god	31,4
2	Grå leire/silt. Naturlig lukt	10,4	16	I Meget god	66,3
3	0-2 cm brun leire/silt (grå under). Naturlig lukt.	15,0	23	II God	54,5

* Miljøklassifisering (SFT - Molvær m.fl. 1997) basert på TOC forutsetter at konsentrasjonen av TOC i sedimentet standardiseres for teoretisk 100 % finstoff (pelitt < 0.063 mm) iht. til formelen: Normalisert TOC = målt TOC + 18 x (1-F), hvor F er andel av finstoff (Aure m.fl. 1993).

3.2.2 Nitrogen, fosfor, sink og kobber i sedimenter

Nivåene av nitrogen, fosfor, sink og kobber er presentert i Tabell 4.

Nivåene av total nitrogen var lave på alle stasjonene. Høyest nivå ble funnet på stasjon 3 (fjernsonen) med 2820 mg/kg. På stasjonene 2 og 1 (overgangssone/nærsonen) var de noe lavere (1100-1910 mg/kg).

Nivåene av total fosfor var også lave på alle stasjonene (723-885 mg/kg).

Konsentrasjonene av metallene kobber og sink var generelt lave på alle stasjonene (tilstandsklasse I).

Tabell 4. Sedimentanalyser, nitrogen (Tot-N), fosfor (Tot-P), sink (Zn) og kobber (Cu). Ånderbakk, 24.05.2011.

St.	Tot-N mg/kg	Tot-P mg/kg	Zn mg/kgTS	Tilst.klassif. Zn	Cu mg/kgTS	Tilst.klassif. Cu
1	1100	723	72,0	I Ubetydelig – Lite forurenset	14,6	I Ubetydelig – Lite forurenset
2	1910	729	84,9	I Ubetydelig – Lite forurenset	21,5	I Ubetydelig – Lite forurenset
3	2820	885	104,0	I Ubetydelig – Lite forurenset	23,9	I Ubetydelig – Lite forurenset

3.3 Bunndyr

3.3.1 Kvalitativ (semikvantitativ) bunndyrsanalyse på stasjon 1

Resultatene fra den semikvantitative bunndyrsanalysen er presentert i Tabell 5

Bunndyrsamfunnet hadde naturlig artsrikdom og -sammensetning. Alle vanlige bunndyrsgrupper var representert. Det ble ikke registrert uvanlige forekomster av forurensningstolerante arter eller andre indikasjoner på belastningseffekter i bunndyrsamfunnet.

Tabell 5 Artslister og forekomst ved lokalitet Ånderbakk, 24.05.2011. Miljøtilstand iht. Norsk standard klassifisering basert på antall arter (NS 9410). X=Tilstede, XX=Få, XXX=Hyppig, XXXX=Svært hyppig.

Gruppe	Taxa	Forekomst st 1
Polychaeta	<i>Capitella capitata</i>	XX
	Capitellidae indet	XX
	<i>Paramphinome jeffreysii</i>	XXX
	Eunicidae indet	XX
	<i>Paraonis</i> sp.	XX
	<i>Lumbrineris</i> sp.	XX
	<i>Jasmineira</i> sp.	X
	Dorvilleidae indet	X
	Maldanidae indet	XXX
	Polychaeta indet	XXX
Crustacea	Amphipoda indet	X
Mollusca	Bivalvia indet	XXX
	<i>Thyasira</i> sp.	X
	Caudofoveata indet	XXX
Echinodermata	Ophiuroidea indet	XX
	Echinoidea indet	X
Varia	<i>Golfingia</i> sp.	XX
	Bryozoa indet	X
	Ascidiacea indet	X
	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	XXX
	<i>Onchnesoma squamatum</i>	XX
Ant. arter/miljøtilst.	Flere arter er registrert i ulike taksa	28 / miljøtilstand 1

3.3.2 Kvantitative bunndyranalyser på stasjon 2 og 4

3.3.2.1 Artsmangfold

Resultatene fra de kvantitative bunndyranalysene er presentert i Tabell 6.

Artsmangfoldet var høyt både i overgangssonen (stasjon 2) og fjernsonen (stasjon 3) med diversitetsindekser tilsvarende tilstandsklasse I.

J (Pielous jevnhetsindeks) er et mål på hvor likt individene er fordelt mellom artene, og vil variere mellom 0 og 1. En stasjon med lav verdi har en "skjev" individfordeling mellom artene, og indikerer at bunndyrssamfunnet er forstyrret. Bunndyrssamfunnene på begge stasjonene hadde høye jevnhetsindekser (0,79-0,80), som viser naturlig individfordeling mellom artene.

Tabell 6. Antall arter og individer (pr. 0,2 m²), diversitetsindekser tilstandsklassifisering og jevnhet i bløtbunnsamfunnene ved Ånderbakk, 24.05.2011. H' = Shannon-Wieners diversitetsindeks. ES₁₀₀ = Forventet artstall i en tilfeldig stikkprøve på 100 individer fra stasjonen. J = Pielous jevnhetsindeks. Tilstandsklassifisering iht Veileder 01:2009 (Vannforskriften).

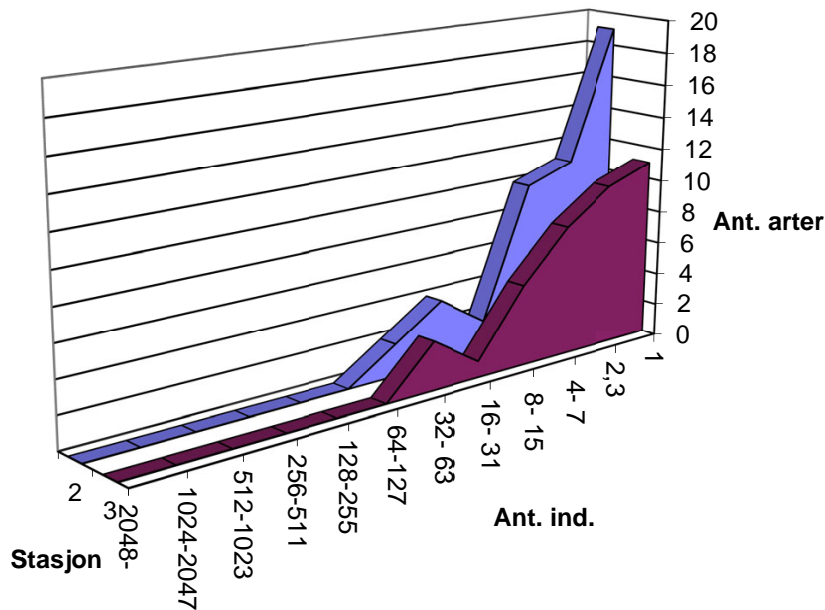
St.	Individtall	Ant arter	H'	ES ₁₀₀	J
2	282	48	4,4 - I Svært god	31 - I Svært god	0,79
3	283	38	4,2 - I Svært god	26 - I Svært god	0,80

3.3.2.2 Geometriske klasser

Figur 4 viser antall arter plottet mot antall individer, der antallet individer er delt inn i geometriske klasser.

Det vises til Vedlegg 1 for en forklaring av begrepet geometriske klasser og beskrivelse av metoden. Hovedtesen for analysen er at et upåvirket samfunn består av mange arter med lavt individtall, slik at kurven starter høyt på y-aksen, mens et forstyrret samfunn har færre arter og noen få av dem svært tallrike, slik at kurven flater ut og strekker seg mot høyere klasser.

Begge kurvene starter relativt lavt på y-aksen, men strekker seg lite ut mot høyere klasser. Bunndyrssamfunnene har moderat antall arter uten at noen av dem er unaturlig tallrike. Kurvene viser i hovedtrekk uforstyrrede bunndyrssamfunn.



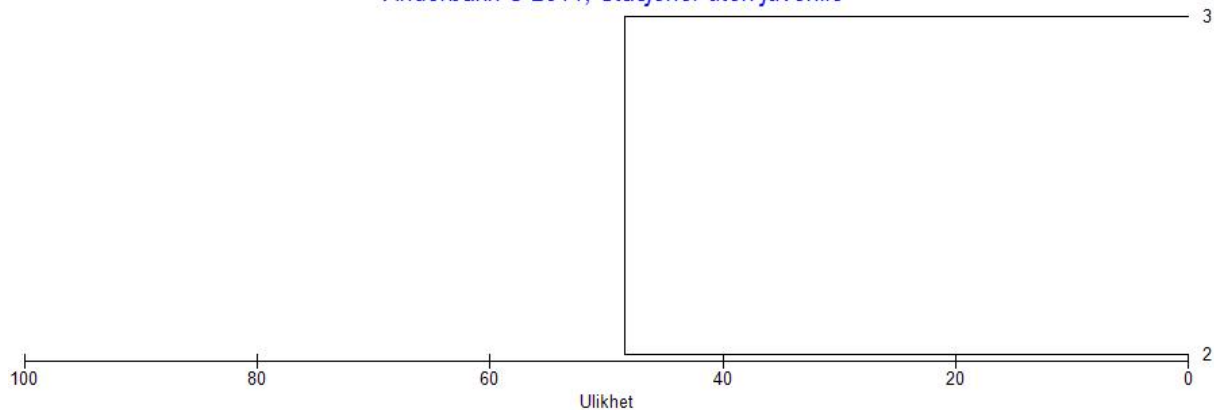
Figur 4. Bløtbunnsfauna vist som antall arter mot antall individer pr. art i geometriske klasser for bunndyrstasjonene ved Ånderbakk, 24.05.2011 (pr. 0,2 m²).

3.3.2.3 Clusteranalyser

For å undersøke likheten i faunasammensetning mellom stasjonene ble den multivariate teknikken clusteranalyse benyttet (se metodebeskrivelse i Vedlegg 1). Resultatene fra denne er presentert i dendrogram i Figur 5.

I dendrogrammet er graden av ulikhet mellom stasjonene uttrykt langs den horisontale akse. To stasjoner med identisk arts- og individfordeling vil få verdien 0 (0 % ulikhet), mens to stasjoner uten like arter, vil få verdien 1 (100 % ulikhet). Metoden gjør det dermed mulig å identifisere grupper av stasjoner med like arts- og individforhold. I tillegg gjør den det lettere å synliggjøre eventuelle avvik som for eksempel kan knyttes til antropogene påvirkninger av bunndyrssamfunnet.

Arts- og individfordelingene på de to undersøkte stasjonene var nokså ulike med 48 % ulikhet (52 % likhet).



Figur 5. Stasjonsvis clusterplott for bløtbunnsfaunaen ved Ånderbakk, 24.05.2011.

3.3.2.4 Artssammensetning

Hovedtrekkene i artssammensetningen er vist i form av en ”topp ti” artsliste fra hver stasjon i Tabell 7. I Rygg (1995) er det listet opp de vanligste indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Listen inneholder både opportunistiske (forurensningstolerante) arter og ømfintlige arter. De førstnevnte blomstrer opp ved økning av belastninger, mens de sistnevnte fort forsvinner. Således kan ”topp ti” listen gi god informasjon om eventuelle effekter på bunndyrssamfunnet som følge av økt organisk tilførsel.

Ingen av stasjonene hadde spesielt dominerende arter. Børstemarken *Heteromastus filiformis* topper lista på begge stasjonene. Denne regnes som opportunistisk og utpreget tolerant (Rygg 1995). Samtidig er *Onchnesoma steenstrupi* (Sipunculida) tallrik, og ligger som nummer to på begge listene. Denne regnes som ømfintlig og vanlig ved høyt artsmangfold (Rygg 1995).

Artssammensetning og individtall for de 10 mest forekommende artene tyder ikke på belastningseffekter i noen av de undersøkte bunndyrssamfunnene.

Tabell 7. Antall individer og kumulert prosent for de 10 dominerende artene på stasjonene ved Blokken, 23.03.2011.

Stasjon 2	Ant.	Kum.	Stasjon 3	Ant.	Kum.
<i>Heteromastus filiformis</i>	58	20 %	<i>Heteromastus filiformis</i>	46	16 %
<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	36	33 %	<i>Onchnesoma steenstrupi</i>	44	31 %
<i>Paramphinome jeffreysii</i>	20	40 %	<i>Kelliella abyssicola</i>	34	43 %
<i>Kelliella abyssicola</i>	18	46 %	<i>Lumbrineris aniara</i>	26	52 %
<i>Amythasides macroglossus</i>	17	52 %	<i>Terebellides stroemi</i>	14	57 %
<i>Thyasira equalis</i>	16	57 %	<i>Tropidomyia abbreviata</i>	12	62 %
<i>Thyasira obsoleta</i>	13	62 %	<i>Thyasira equalis</i>	11	65 %
Caudofoveata indet.	8	65 %	Siboglinidae indet.	9	69 %
<i>Abra nitida</i>	7	67 %	<i>Ceratocephale loveni</i>	8	71 %
<i>Galathowenia fragilis</i>	6	69 %	<i>Paradiopatra fiordica</i>	7	74 %

4 Sammenfattende resultater

Resultatene fra miljøundersøkelsen ved Ånderbakk 2011 kan sammenholdes som følger:

- Hydrografiske registreringer og oksygenmålinger viste at det var sprangsjikt på ca. 50 meters dyp i slutten av mai. Under sprangsjiktet minket oksygenmetningen gradvis ned mot bunnen. Laveste oksygenmetning på 50 % ble målt over bunnen på den dypeste stasjonen (st. 3 - 527 meters dyp). Oksygenmetningen samsvarer godt med resultater fra tidligere målinger i 2008, 2009 og 2010, sammenfattet i Leikvin (2010) hvor høstmålinger viste sannsynlig oksygenminimum på 45-55 % metning.
- Nivåene av organisk karbon (TOC) i sedimentene var lave i nær- og overgangssonen (st. 1 og 2) med tilstandsklasse I. Sedimentet i fjernsonen (st. 3) hadde lett forhøyet TOC nivå, tilsvarende tilstandsklasse II.
- Det ble ikke dokumentert belastningseffekter i bunndyrssamfunnene på noen av de undersøkte stasjonene. De kvantitative bunndyrsanalysene på stasjon 2 og 3 ga beste tilstandsklasse (I).
- Nivåene av nitrogen og fosfor i sedimentene er generelt lave. Det samme gjelder nivåene av kobber og sink (tilstandsklasse I).

5 Referanser

- Aure, J., Dahl, E., Green, N., Magnusson, J., Moy, F., Pedersen, A., Rygg, B og Walday, M., 1993. Langtidsovervåking av trofiutviklingen i kystvannet langs Sør-Norge. Årsrapport 1990 og samlerapport 1990-91. Statlig program for forurensningsovervåking. *Rapport 510/93*.
- Direktoratsgruppen. 2009. Klassifisering av miljøtilstand i vann. Veileder 01:2009. 180 s.
- Guneriussen, A. 2005. Miljøundersøkelse i Hamarøy og Steigen kommune 2005. Akvaplan-niva rapport 3460. 129 s.
- Guneriussen, A & A. Sørflaten, 2007. Modellering utslipp-inntak ved settefiskanlegg i Mørsvika. Akvaplan-niva rapport nr. 3717-1. 38 s.
- Guneriussen, A. 2007. B-undersøkelse, Hamran. Akvaplan-niva rapport nr.4070. 13 s.
- Guneriussen, A. 2010. Mørsvikfjord- oksygenmålinger 2008/2009. Notat til Smolten AS 2010. 7 sider.
- Leikvin, Ø. 2010. Vurdering av bæreevne til Mørsvikfjorden i Nordland 2010. Akvaplan-niva rapport 4884.01. 20 s.
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.
- NS 9410. 2007. Norsk standard for miljøovervåking av bunnpåvirkning fra marine akvakulturanlegg.
- ISO 5667-19, 2004. Guidance on sampling of marine sediments.
- ISO 16665, 2005. Water quality – Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.
- Rutt, G.P. & T.D. Pickering, 1993 The impact of livestock farming on welsh streams: The development and testing of a rapid biological method for use in the assessment and control of organic pollution from farms. *Env. Poll.* 81. 217-228.
- Rygg, B. 1995. Indikatorarter for miljøtilstand på marin bløtbunn. Klassifisering av 73 arter/taksa. En ny indeks for miljøtilstand, basert på innslag av tolerante og ømfintlige arter på lokaliteten. *NIVA-rapport 3347-95*, 68 s. ISBN-82-577-2877-2.

6 Vedlegg

Vedlegg 1 Bunndyrstatistikk og artslister

Diversitetsmål

Diversitet er et begrep som uttrykker mangfoldet i dyre- og plantesamfunnet på en lokalitet. Det finnes en rekke ulike mål for diversitet. Noen tar mest hensyn til artsrikheten (mål for artsrikheten), andre legger mer vekt på inividfordelingen mellom artene (mål for jevnhet og dominans). Ulike mål uttrykker derved forskjellige sider ved dyresamfunnet. Diversitetsmål er "klassiske" i forurensningsundersøkelser fordi miljøforstyrrelser typisk påvirker samfunnets sammensetning. Svakheter ved diversitetsmålene er at de ikke alltid fanger opp endringer i samfunnsstrukturen. Dersom en art blir erstattet med like mange individer av en ny art, vil ikke det gjøre noe utslag på diversitetsindeksene.

Shannon-Wieners indeks (Shannon & Weaver 1949)

er gitt ved formelen:

$$H' = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

der n_i = antall individer av art i i prøven

N = totalt antall individer

s = antall arter

Indeksen tar hensyn både til antall arter og mengdefordelingen mellom artene, men det synes som indekseen er mest følsom for inividfordelingen. En lav verdi indikerer et artsfattig samfunn og/eller et samfunn som er dominert av en eller få arter. En høy verdi indikerer et artsrikt samfunn.

Pielous mål for jevnhet (Pielou 1966)

har følgende formel, der symbolene er som i Shannon-Wieners indeks

$$J = \frac{H'}{\log_2 s}$$

Hurlberts diversitetskurver

Grafisk kan diversiteten uttrykkes i form av antall arter som funksjon av antall individer. Med utgangspunkt i totalt antall arter og individer i en prøve søker man å beregne hvor mange arter man ville vente å finne i delprøver med færre individer. Diversitetsmålet blir derved uavhengig av prøvestørrelsen og gjør at lokaliteter med ulik inividtetthet kan sammenlignes direkte. Hurlbert (1971) har gitt en metode for å beregne slike diversitetskurver basert på sannsynlighetsberegning.

ES_n er forventet antall arter i en delprøve på n tilfeldig valgte individer fra en prøve som inneholder totalt N individer og s arter og har følgende formel:

$$ES_n = \sum_{i=1}^s \left[1 - \frac{\binom{N-N_i}{n}}{\binom{N}{n}} \right]$$

der N = totalt antall individ i prøven

N_i = antall individ av art i

n = antall individ i en gitt delprøve (av de N)

s = totalt antall arter i prøven

Plott av antall arter i forhold til antall individer

Artene deles inn i grupper/klasser etter hvor mange individer som er registrert i en prøve. Det vanlige er å sette klasse I = 1 individ pr. art, klasse II = 2-3 individer, klasse III = 4-7 individer, klasse IV = 8-15 individer, osv.,

slik at de nedre klassegrensene danner en følge av ledd på formen 2^x , $x=0,1,2,\dots$. En slik følge kalles en geometrisk følge, derfor kalles klassene for geometriske klasser. Hvis antall arter innenfor hver klasse plottes mot klasseverdien på en lineær skala, vil det fremkomme en kurve som uttrykker individfordelingen mellom artene i samfunnet. Det har vist seg at i prøver fra upåvirkede samfunn vil det være mange arter med lavt individantall og få arter med høyt individantall, slik at vi får en entoppet, assymetrisk kurve med lang "hale" mot høye klasseverdier. Denne kurven vil være godt tilpasset en log-normal fordelingskurve.

Ved moderat forurensing forsvinner en del av de individfattige artene, mens noen som blir begunstiget, øker i antall. Slik flater kurven ut, og strekker seg mot høyere klasser eller den får ekstra topper. Under slike forhold mister kurven enhver likhet med den statistiske log-normalfordelingen. Derfor kan avvik fra log-normalfordelingen tolkes som et resultat av en påvirkning/forurensing. Det har vist seg at denne metoden tidlig gir utslag ved miljøforstyrrelse. Ved sterk forurensning blir det bare noen få, men ofte svært tallrike arter tilbake. Log-normalfordelingskurven vil da ofte gjenoppstå, men med en lavere topp og spredt over flere klasser enn for uforstyrrede samfunn.

Faunaens fordelingsmønster

Variasjoner i faunaens fordelingsmønster over området beskrives ved å sammenligne tettheten av artene på hver stasjon. Til dette brukes multivariate klassifikasjons- og ordinasjons-analyser (Cluster og MDS).

Analysene i denne undersøkelsen ble utført ved hjelp av programpakken PRIMER v5. Inngangsdata er individantall pr. art, pr. prøve. Prøvene kan være replikater eller stasjoner. Det tas ikke hensyn til hvilke arter som opptrer. Forut for klassifikasjons- og ordinasjonsanalysene ble artslistene dobbelt kvadratrotransformert. Dette ble gjort for å redusere avviket mellom høye og lave tetthetsverdier og dermed redusere eventuelle effekter av tallmessig dominans hos noen få arter i datasettet.

Clusteranalyse

Analysen undersøker faunalikheten mellom prøver. For å sammenligne to prøver ble Bray-Curtis ulikhetsindeks benyttet (Bray & Curtis 1957):

$$d_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n |X_{ki} - X_{kj}|}{\sum_{k=1}^n (X_{ki} + X_{kj})}$$

der n = antall arter sammenlignet

X_{ki} = antall individ av art k i prøve nr. i

X_{kj} = antall individ av art k i prøve nr. j

Indeksen avtar med økende likhet. Vi får verdien 1 hvis prøvene er helt ulike, dvs. ikke har noen felles arter. Identiske arts- og individtall vil gi verdien 0. Prøver blir gruppert sammen etter graden av likhet ved å bruke "group-average linkage". Forholdsvise like prøver danner en gruppe (cluster). Resultatet presenteres i et tredigram (dendrogram).

Referanser:

Bray, R.T. & J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27:325-349.

Hurlbert, S.N. 1971. The non-concept of the species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology* 52:577-586.

Pielou, E. C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. *Journal of Theoretical Biology* 10, 370-383.

Shannon, C.E. & W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. *Univ Illinois Press*, Urbana 117 s.

Artliste

Ånderbakk C-und. 2011

Rekke	Klasse	Orden	Art/Taxa	01	02	Sum
<i>Stasjonsnr.: 2</i>						
FORAMINIFERA						
NEMERTINI			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMATODA			Nemertini indet.	1	1	2
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.		1	1
ANNELIDA	Polychaeta	Orbiniida	Golfingia sp.	1	1	2
			Onchnesoma steenstrupi	17	19	36
			Phascolion strombus	1		1
		Spionida	Prionospio cirrifera	2	1	3
			Prionospio dubia	3	1	4
		Capitellida	Heteromastus filliformis	36	22	58
			Rhodine loveni		1	1
			Lumbriclymene minor		1	1
			Microclymene acirrata	1		1
			Euclymeninae indet.	1	3	4
Opheliida	Ophelina sp.	1		1		
Phyllodocida	Glycera capitata	2	2	4		
Amphinomida	Paramphionome jeffreysii	12	8	20		
Eunicida	Paradiopatra fiordica		1	1		
	Paradiopatra quadricuspis	4	1	5		
	Augeneria tentaculata	1	1	2		
	Lumbrineris sp.	2	2	4		
Oweniida	Galathowenia fragilis	6		6		
Flabelligerida	Diplocirrus glaucus	1		1		
	Pherusa falcata	1		1		
Terebellida	Amythasides macroglossus	9	8	17		
	Terebellides stroemi		2	2		
Sabellida	Euchone sp.	3		3		
	Jasmineira candela	1	1	2		
CRUSTACEA						
	Ostracoda					
			Ostracoda indet.	1		1
	Copepoda					
		Calanoida	Calanoida indet.	1		1
			Copepoda indet.	4	7	11
	Malacostraca					
		Tanaidacea				

<i>Rekke</i>	<i>Klasse</i>	<i>Orden</i>	<i>Art/Taxa</i>	<i>01</i>	<i>02</i>	<i>Sum</i>
			Tanaidacea indet.	5	1	6
		Amphipoda	Eriopisa elongata	4	1	5
			Oedicerotidae indet.	1		1
		Decapoda	Decapoda indet. juv.	1		1
MOLLUSCA						
		Caudofoveata	Caudofoveata indet.	4	4	8
		Prosobranchia	Heterogastropoda			
			Melanella polita		1	1
		Opisthobranchia	Cephalaspidea			
			Philine sp.	1		1
		Bivalvia	Nuculoida			
			Nucula tumidula	2		2
			Yoldiella nana		1	1
			Arcoida			
			Bathyarca pectunculoides	3		3
			Veneroida			
			Mendicula pygmaea	1		1
			Thyasira croulinensis	2		2
			Thyasira equalis	11	5	16
			Thyasira obsoleta	8	5	13
			Abra nitida	4	3	7
			Kelliella abyssicola	15	3	18
		Scaphopoda	Gadilida			
			Entalina tetragona	1	2	3
ECHINODERMATA						
		Ophiuroidea	Ophiurida			
			Ophiura sarsii	1		1
			Ophiuroidea indet. juv.	3	1	4
		Holothuroidea	Apodida			
			Labidoplax buskii		1	1
			Myriotrochus vitreus		1	1
			Maks:	36	22	58
			Antall:	45	35	54
			Sum:			298

Stasjonsnr.: 3

FORAMINIFERA

NEMERTINI			Foraminifera indet.	-1	-1	-2
NEMATODA			Nemertini indet.	5		5
SIPUNCULIDA			Nematoda indet.		2	2
ANNELIDA			Onchnesoma steenstrupi	24	20	44
		Polychaeta	Orbiniida			
			Phylo norvegica		1	1
			Levinsenia gracilis	1	2	3
			Aricidea suecica	4	2	6
		Spionida				

Vedlegg 2. Analysebeviser

10-603.a_110126 Analyserapport 'Splitt i to'
Erstatter: Nytt dokument

Redigert av: LTO
Godkjent: _____



Framsenteret,
9296 TROMSØ
Foretaksnr.: NO 950 614 110 MVA
Tel: 77 75 03 50 e-post: post@unilab.no



ANALYSERAPPORT

Sedimentprøver

Kunde: Akvaplan-Niva
Kunde referanse: 5496 Ånderbakk
Kontaktperson: Bjørn Erik Bye
Adresse: Framsenteret
Postnr./sted:
Tel: 308
Fax: **Dato:** 14.06.2011

Rapport nr.: **UA 1046**
Analyseparameter(e): Korn (Splitt-i-to), TOC, metaller/næringssalter
Kontaktperson: Lisa Torske

Analyseansvarlig: *Lisa Torske* (sign.)

Underskriftsberettiget: *Jørgen H. Wasbotten* (sign.)

Prøve id. Unilab	Kundens id.	Matrix	Prøvens beskaffenhet ved mottak	Mottatt Unilab	Analyseperiode
1046/1	pr. 5496 st.1	Sediment	Frossen	270511	01.06-09.06.2011
1046/2	pr. 5496 st.2	Sediment	Frossen	270511	01.06-09.06.2011
1046/3	pr. 5496 st.3	Sediment	Frossen	270511	01.06-09.06.2011

Analysene gjelder bare for de prøver som er testet. De oppgitte analyseresultat omfatter ikke feil som måtte følge av prøvetagningen, inhomogenitet eller andre forhold som kan ha påvirket prøven før den ble mottatt av laboratoriet. Rapporten får kun kopieres i sin helhet og uten noen form for endringer. En eventuell klage skal leveres laboratoriet senest en måned etter mottak av analyseresultat.

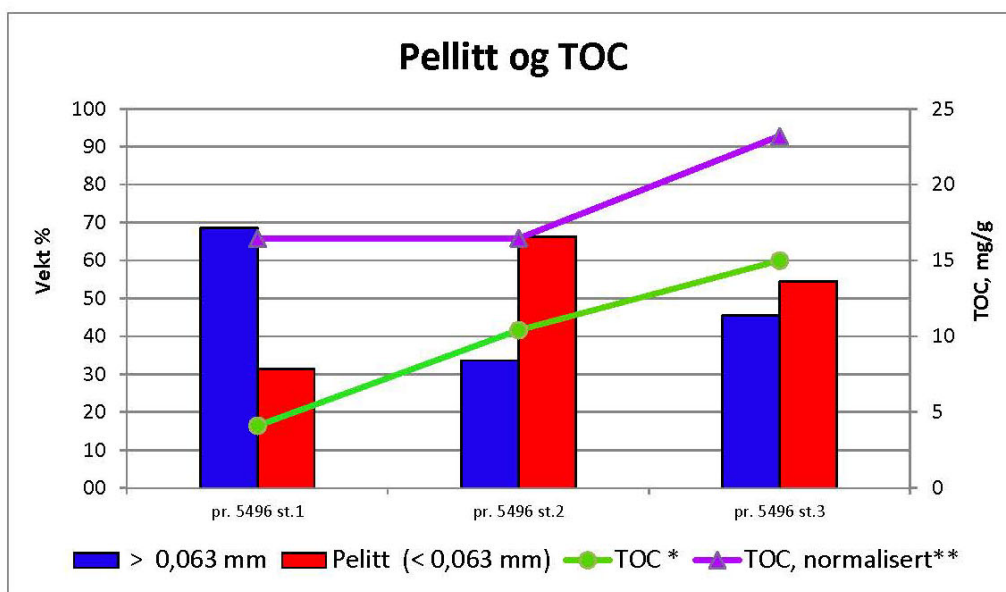
Resultater

Kundens id.:		pr. 5496 st.1	pr. 5496 st.2	pr. 5496 st.3
Parameter	Enhet	1046/1	1046/2	1046/3
> 0,063 mm	vekt %	68,6	33,7	45,5
Pelitt (< 0,063 mm)	vekt %	31,4	66,3	54,5
TOC *	% TS	0,41	1,04	1,5
TS (TOC) *	%	63,6	53,5	46,1
TOC i mg/g**	mg/g TS	4,1	10,4	15
TOC, normalisert**	mg/g TS	16	16	23
Cu *	mg/kg TS	14,6	21,5	23,9
Zn *	mg/kg TS	72,0	84,9	104
P-total *	mg/kg TS	723	729	885
N-total*	mg/kg TS	1100	1910	2820

* Analysen er utført av ALS Scandinavia NUF

** Beregninger utført av Unilab Analyse AS

TOC, normalisert = målt TOC mg/g + 18*(1-F), der F=andel finstoff (pellitt) gitt ved %pellitt/100.



Side 2 av 2