



RAPPORT LNR 5046-2005

Remots: Remote sensing techniques

Fjernmålingsmetoder for kartlegging av bunnhabitater – status ved NIVA i 2004



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet:

www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 73 54 63 85 / 86
Telefax (47) 54 63 87

Tittel Remots: Remote sensing techniques Fjernmålingsmetoder for kartlegging av bunnhabitater – status ved NIVA i 2004	Løpenr. (for bestilling) 5046-2005	Dato 8. august 2005
	Prosjektnr. Undernr. 21323, 40104/40185	Sider Pris 31 sider
Forfatter(e) Frode Olsgard Mats Walday Jo Høkedal Jan Magnusson Frithjof Moy Kjell Magnus Norderhaug Thorbjørn Tønnesen Lied (Kongsberg Subsea/Simrad) Kari Ellingsen (Avd. marin biologi & limnologi, Univ. i Oslo)	Fagområde FoU	Distribusjon Fri
	Geografisk område Sør-Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norges Forskningsråd og NIVA	Oppdragsreferanse NFR 146496/120 NIVA 40104/40185
--	---

<p>Sammendrag</p> <p>Målet for dette arbeid er å utvikle nye teknikker for kartlegging av marine bunnhabitater i våre kystområder. Disse kommer i tillegg til tradisjonelle, intensive metoder som registrering av flora og fauna ved dykking og innsamling av sedimentprøver og bunnfauna med grabb. Innføring av EUs rammedirektiv for vann, innføring av marine verneområder, oppstart av nasjonalt program for overvåking av marint biologisk mangfold og storskalaendringer relatert til endringer i klima gjør det nødvendig å kunne kartlegge og overvåke innen større områder på en kostnadseffektiv måte. I utgangspunktet er det ønskelig at nye, ekstensive metoder som fjernmåling (Remote sensing techniques; REMOTS), ved bruk av flyfoto, satellittdata, ekkolodd og ROV, helt eller i stor grad kan erstatte mer tradisjonelle, tidkrevende og intensive undersøkelsesmetoder i kartlegging av marine habitater og undersøkelser av biologisk helsetilstand i ulike marine områder. Erfaringene gjennom dette prosjektet, som i det vesentlige har fokusert på bruk av akustikk og ROV, er at fjernmålinger ikke vil kunne erstatte tradisjonelle undersøkelser, men være en vesentlig tilleggsinformasjon. I den foreliggende rapporten er det gitt en sammenstilling av NIVAs arbeid med utvikling av fjernmålingsteknikker; status med hensyn til resultater, erfaringer og planer for videre arbeid.</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> fjernmåling sjøbunn biologi kartlegging 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Remote sensing seafloor biology mapping
---	---


Frode Olsgard/Mats Walday
Prosjektleder


Kari Nygaard
Forskningsleder
ISBN 82-577-4748-3


Øyvind Sørensen
Forskningsdirektør

Prosjekt 40185

REMOTS: Remote sensing techniques

Fjernmålingsmetoder for kartlegging av bunnhabitater – status ved NIVA i 2004

Bilder forside:

Øverst venstre: NIVAs dual-beam ekkoloddsvinger (38/200 kHz) under akustisk oppmåling, foto: M. Walday.

Nederst venstre: Foto fra det akustiske forsøksfeltet ved Langøyene i indre Oslofjord, foto: M. Walday.

Øverst høyre: NIVAs portable Simrad ES60 ekkolodd, foto: F. Olsgard.

Nederst høyre: Tareskog er en marin biotop som blir kartlagt vha. fjernmålingsteknikker, foto: A. Pedersen.

Forord

Den foreliggende rapport er en sammenstilling av resultater fra to prosjekter ved NIVA som har vært knyttet til utvikling av fjernmålingsteknikker for kartlegging av marine habitater.

Prosjektdelen knyttet til bruk av akkustik har vært et samarbeid mellom NIVA, Simrad Kongsberg i Horten ved Torbjørn Tønnesen Lied og Frank Reier Knudsen samt Universitetet i Oslo, avd. for marinbiologi og limnologi, ved Kari Ellingsen.

En del av feltarbeidet er gjennomført fra UiOs forskningsfartøy ”Trygve Braarud”. Kaptein Sindre Holm med mannskap takkes for velvillig og kyndig assistanse under arbeidet.

Ved NIVA har følgende personer vært involvert i arbeidet: Frode Olsgard, Mats Walday, Frithjof Moy, Tom Chr. Mortensen, Jan Magnusson, Morten Willbergh, Kjell Magnus Norderhaug og Jo Høkedal.

Rapporten er kvalitetssikret av Hartvig Christie, NIVA.

Oslo, 8. august 2005

Frode Olsgard / Mats Walday

Innhold

Sammendrag	6
1. Innledning	7
2. Metodikk	9
3. Resultater	12
3.1 Akustikk	12
3.1.1 Forsøksfeltet ved Langøyene, indre Oslofjord	12
3.1.2 Forsøksfeltet ved Kaholmen, indre Oslofjord	13
3.1.3 Forsøksfeltet ved Drøbakerskelen, indre Oslofjord	18
3.2 ROV-registreringer på hardbunn	20
3.2.1 Resultater	20
3.3 Satellittmålinger generelt	23
3.4 Flyfotografering	23
4. Erfaringer og videre planer	26
4.1 Bruk av akustikk for substratkartlegging og kartlegging av bunnorganismer	26
4.2 Bruk av ROV i kartlegging av bunntyper og bunnorganismer	27
4.3 Satellitt og flyfoto	28
5. Referanser	29

Sammendrag

I utgangspunktet er det ønskelig at ekstensive metoder som fjernmålinger (Remote sensing techniques; REMOTS), som bruk av flyfoto, satellittmålinger, ekkolodd og fjernstyrte miniubåter (ROV), helt eller i stor grad skal kunne erstatte mer tradisjonelle, tidkrevende og intensive undersøkelsesmetoder i kartlegging av marine habitater og undersøkelser av biologisk helsetilstand i marine områder. Erfaringene gjennom dette prosjektet, som i det vesentlige har fokusert på bruk av akustikk og ROV, er at fjernmålinger ikke vil kunne erstatte tradisjonelle undersøkelser, men bidra med viktig tilleggsinformasjon. Fordelen med fjernmålinger er at informasjon om biologiske og fysiske habitater kan samles inn fra mye større områder enn det som kan dekkes med tradisjonelle metoder, som er basert på stikkprøver fra små arealer (en dykkertrasé, en grabb, en sedimentkjerne). Informasjonen fra fjernmålingsmetoder vil derfor i stor grad kunne brukes til å angi hvor representative prøvene innsamlet med tradisjonelle metoder er for et område. Dette er vesentlig tilleggsinformasjon som øker verdien av tradisjonelle data som innsamles.

Når teknisk avansert utstyr tas i bruk for å samle inn data for fysiske og biologiske habitater tar det tid å finne fram til utstyr som er egnet for denne typen undersøkelser og å få utstyret til å fungere på en måte som tilfredstiller behovet for detaljering. Det har derfor vært nødvendig med en del forarbeid og utprøving av utstyr i våre REMOTS-prosjekter. Fordi utstyret for akustisk kartlegging og ROV-bildeopptak skal kunne anvendes i alle typer kystområder og kunne medbringes også i mindre båter har det vært viktig at utstyr som anvendes har en "bærbar" størrelse. Gjennom prosjektet har vi tilegnet oss mye av den kunnskap og erfaring som er nødvendig for å få feltdelen i en undersøkelse til å fungere og gjøre oss i stand til å samle inn habitatsdata med ekkolodd og ROV. Det er imidlertid nødvendig med videre utprøving, videre optimalisering, videre innsamling av fjernmålingsdata og ikke minst flere sammenliknende analyser av data fra fjernmåling med data innsamlet med tradisjonelle metoder. Som et supplement til dagens metoder er fjernmålingsmetoder som akustikk og ROV meget velegnet. Når det gjelder fly- og satellittfoto har begge metodene potensiale i marin bunnkartlegging. Bruk av satellittfoto vil kreve videreutvikling på teknologisiden før den er velegnet for kartlegging og overvåking av havbunnen.

NIVA vil fortsette forskningssamarbeidet med Simrad Kongsberg og Universitetet i Oslo innen bruk av akustikk for habitatskartlegging. NIVA har også begynt anvendelse av nedsenkbart ("drop down") kamera for horisontale sedimentoverflatebilder og SPI ("sediment profiling image") kamera for fotografering av vertikale sedimentflater. Til sammen vil man med disse metodene kunne gjøre en relativt rask kartlegging av bunntyper over tildels store marine områder. Samtidig er det viktig å merke seg at rådata inhentet med fjernmålingsutstyr tar relativt lang tid å opparbeide og tolke, og at denne typen undersøkelser er kostnadskrevende. Gevinsten er at vi får representative data for større områder enn vi tidligere kunne oppnå. Data som innhentes med fjernmålingsmetoder vil etter hvert integreres i databaser og gi grunnlag for utarbeiding av GIS-kart og for modellering og prediksjon av bunnhabitater for marine områder.

1. Innledning

Det er behov for å utvikle og anvende nye teknikker for å kartlegge marine habitater i våre kystområder. Innføring av EUs rammedirektiv for vann, innføring av marine verneområder, oppstart av nasjonalt program for overvåking av marint biologisk mangfold, storskalaendringer relatert til endringer i klima og mer intensiv bruk av kystområdene i næringsvirksomhet er forhold som gjør det nødvendig å kunne kartlegge og overvåke innen større områder. Dette er ikke mulig bare ved bruk av tradisjonelle metoder, men må suppleres ved bruk av nyere teknikker hvor man kan dekke større arealer. Nye teknikker i denne sammenheng er f.eks. akustiske teknikker som ekkolodd (single beam, dual beam, split beam og multi beam ekkolodd), side-scan sonar, fjernstyrt undervannsfarkost (remotely operated vehicle, ROV), nedsenkbar kamera ("drop down camera"), sedimentprofileringskamera (SPI; "sediment profiling camera"), bruk av flyfoto og satellitt og GIS-modelleringsteknikker. Anvendelse av slike teknikker kommer i tillegg til de mer tradisjonelle, intensive metodene som innsamling av bunnsedimenter og bunnfauna med corer og grabb på bløtbunn og registrering av bunns substrat og flora og fauna på hardbunn ved dykking. Bare gjennom en kombinasjon av tradisjonelle teknikker og nyere teknikker er det mulig å fremskaffe informasjon til forskning og forvaltning på skalaer fra noen titalls meter til flere titalls kilometer.

Et hovedproblem med de tradisjonelle metodene er at de er svært kostnadskrevede i forhold til hvor stort areal som kan undersøkes og at de bare gir stikkprøver av habitatene som undersøkes. Dette gir ikke god nok dekning i forhold til et økende behov for kartlegging og overvåking for å oppnå en mer helhetlig kystsoneforvaltning. I forhold til den detaljerte informasjonen vi idag har tilgjengelig for habitater på land utgjør den tilsvarende informasjonen for de marine kystområdene bare en liten brøkdel, selv om våre kyst- og sokkelområder er meget viktige og utgjør et større areal enn våre landområder. Norge er i en særstilling i forhold til de fleste land fordi vi har en meget lang kystlinje med en høy diversitet av habitattyper. Fordi store deler av vår kyst er relativt uforstyrret og har et mangfoldig dyre- og planteliv og derved har en høy verneverdi, er det viktig at det er fokus på kartlegging og overvåking av bunnhabitater i Norge.

Offshore og innover mot kysten har olje- og gassaktiviteter over flere ti-år ført til at det er gjort mye undersøkelser med seismikk og side-scan sonar for kartlegging av bunntopografi, overflatesedimenter og dypere sedimentasjonslag. I forbindelse med offshoreaktivitetene er det de seneste årene også startet opp en kartlegging av dypvannskorallrev. Innover i skjærgården, hvor vi finner den høyeste habitatheterogeniteten og den høyeste organisme biodiversiteten er det gjort svært begrensede kartlegginger av større enkeltområder.

Våre kystområder utsettes for et økende press og det er konflikter mellom rekreasjon og industriell aktivitet som fiske, akvakultur, høsting av tang, tare, sand og skjellsandforekomster i tillegg til negative effekter av forurensning. Det er derfor et sterkt økende behov for å forvalte marine habitater og ressurser på en god og kostnadseffektiv måte. Det forutsetter en god grunnlagskartlegging, som pr. i dag ikke finnes.

Ved seksjon for Marin Biologisk Mangfold og Eutrofiering på NIVA har det i de senere år vært arbeidet med å utvikle utstyr og metodikk som skal være egnet for kartlegging og overvåking av marine bunnområder. Arbeidet har vært fordelt på to REMOTS-prosjekter. Det første var et 2-årig NFR-finansiert prosjekt (21323) med støttefinansiering fra interne midler på NIVA (40104), totalt NOK 630.000. Det siste har vært et rent internfinansiert NIVA-prosjekt (40185 - REMOTS2), totalt NOK 300.000. Denne typen prosjekter krever innkjøp av relativt dyrt utstyr og det krever oftest teknisk personell for installasjon og drift av utstyret. Videre er det kostbart å drive feltarbeid og samle inn rådata og å opparbeide disse data.

Prosjektene hovedmål har vært å vurdere anvendelse av ekkolodd og ROV i undersøkelser av sublittorale marine bunnhabitater, særlig for kartlegging av bunnhabitater og nøkkelorganismer på grunnere vann (<100m dyp). Dette er gjort ved å sammenlikne data innhentet ved bruk av ekkolodd og ROV med data innhentet med tradisjonelle metoder. Det er gjort en vurdering av begrensningen i oppløsning for de nye metodene. Videre er det vurdert hvordan informasjon fra denne typen fjernmålinger kan brukes som supplement til mer detaljerte metoder, eller om metodene i noen tilfeller kan anvendes istedenfor tradisjonelle registreringsmetoder som f. eks. SCUBA-dykking og sedimentkartlegging med kjerneprøvetaker eller grabb. I tillegg er det gjort en enkel vurdering av egnetheten av fly- og satellittfoto i kartlegging og overvåking av bunnhabitater.

2. Metodikk

I 2004 ble det gjort oppfølgende undersøkelser med bruk av ekkolodd og ROV. Det er videre gjort innledende vurderinger av egnetheten av satellitt- og flyfoto ved studier av littorale- og grunne sublittorale bunnområder. Dette er gjort ved litteraturgjennomgang og enkle studier av fly-og satellittfoto.

Bruk av ROV og ekkolodd i vitenskaplige undersøkelser av marine bunnhabitater har en relativt kort historikk og internasjonalt har aktiviteten i stor grad vært knyttet til utvikling og utprøving av utstyr og metoder. Utstyr benyttet i våre REMOTS-prosjekter er:

- En Simrad GPT (General Purpose Transceiver) med ES 60 software og et Simrad 38/200 kHz dual beam ekkolodd (transducer) med et Olex dybdeprofilerings- og kartplottingsystem (NIVA).
- En QTC View™ (Quester Tangent Corporation) transceiver med QTC View software og et Navisound 50 kHz single beam ekkolodd (UiO).
- En Seabotix LBV 150S ROV (NIVA).
- En innleid Video-Ray Pro ROV.

Simrad- og Olexutstyret er kjøpt inn via NFR-prosjektet REMOTS, mens Seabotix ROVen er en NIVA investering.

Feltarbeid med bruk av ekkolodd på hardbunn (tang og tareområder) er utført på flere stasjoner på Sør- og Sørvestlandet. Stasjonene inngår i Kystovervåkingsprogrammet til Statens Forurensingstilsyn og gjennomføres av NIVA. Her finnes sammenliknbare data for de siste ti år innsamlet ved tradisjonell dykking. I desember 2004 ble det også gjennomført akustiske registreringer på terskelen i Drøbaksundet. Det primære formålet var å lage et topografisk kart over terskelområdet for å undersøke hvor nøyaktige topografidata systemet kan levere, samt å lære kjenne og håndtere Olex-systemet som inngår i dette utstyret.

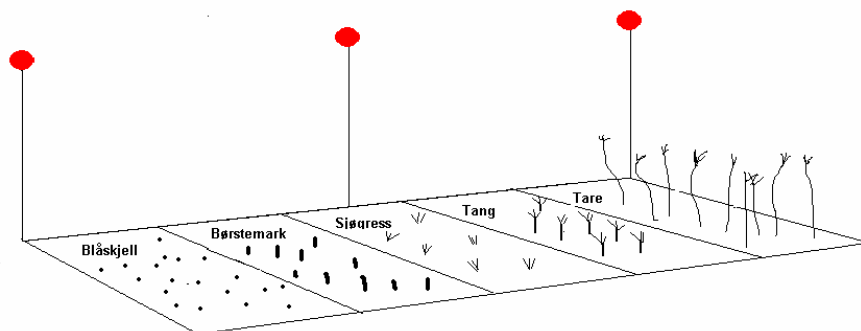
Også på bløtbunn er det gjort akustiske registreringer. Bunnområdet vest for Kaholmen ved Drøbak ble i mars 2003 undersøkt akustisk med UiOs QTC-system (50 kHz) og vårt Simrad-dual scan system (38 kHz og 200 kHz). Det var en del interferens mellom de to systemene når de ble kjørt samtidig fra samme fartøy, trolig fordi de to frekvensene som benyttes (38 kHz og 50 kHz) ligger for tett opp mot hverandre. En sammenlikning mellom habitatsinndelingen oppnådd med de to systemene er blitt gjort, selv om vi måtte benytte uavhengige kjøring for datainnsamling pga. interferens i parallellkjøringen.

Det ble også samlet inn bunnsedimentprøver i ulike deler av undersøkelsesområdet med sedimentkjerneprøvetaker for å verifisere habitatskartene fra den akustiske kartleggingen. Sedimentkjernene ble tatt med en multicorer som tar rør som har en diameter på 10 cm. I 2004 gjentok vi kartleggingen med Simrad-systemet og det ble tatt ytterligere kjerneprøver av bunnsedimentene i området. Det ble også tatt en rekke kjerneprøver fra fire stasjoner for å undersøke bunnfauna og vurdere om det var forskjellig bunnfauna i bunnområder med ulik akustisk klassifisering, dvs. om det var noe samsvar mellom:

- Bunnhabitaten kartlagt med akustikk.
- Bunnhabitaten karakterisert ved å se på sedimenttype (vurdert med parametre som sedimentets kornstørrelsessammensetning og organisk innhold).
- Bunnhabitaten karakterisert ved sammensetning av bunnfauna.

Ekkoloddregistreringer av bunnhabitater baserer seg på tolkning av utsendte ekkosignaler som returneres fra bunnen. Det er vanskelig å fastslå nøyaktig hvilke strukturer i og på bunnen som gir de

ulike retursignalene til ekkoloddet. For å undersøke dette nærmere etablerte vi også et forsøksfelt på bløtbunn hvor vi satt ut blåskjell og kunstige ”organismer” på ca. 10 m dyp ved Langøyene i indre Oslofjord. Dette gir informasjon om størrelse og type ”organismer” på bunnen som er mulig å detektere med et ekkolodd. ”Organismer” benyttet var blåskjell, ”rørbyggende børstemark” (biter av Gardena hageslange), ”sjøgress” (innpakningsbånd), ”tang” (oppflosset flytetau, 30 cm lange) og ”tare” (oppflosset flytetau, 110 cm lange), se **Figur 1**. Foto fra feltene med ”børstemark” og ”sjøgress” er vist i **Figur 2**.



Figur 1. Forsøksfelt for akustiske målinger ved Langøyene i indre Oslofjord. Hele feltet er 25 x 2 m og ligger på bløtbunn på ca. 10 m dyp. Det ble gjort ekkoloddregistreringer før utplassering av ”organismer” (kontroll) og etter utplassering av ”organismer” i henholdsvis lav og høy tetthet. Illustrasjon: T. Chr. Mortensen.



Figur 2. Partier fra forsøksfeltet på 10 m dyp. Til venstre ”rør av børstemark” (biter av Gardena hageslange), til høyre ”sjøgress” (innpakningsbånd festet til en spiker og stukket ned i bunnen). Foto: M. Walday.

ROV på hardbunn er benyttet for å se om ROV kan supplere/erstatte bruk av dykkere for registrering og kartlegging av flora og fauna på hardbunn. Det ble derfor gjennomført sammenligninger av resultater fra biologiske registreringer gjennomført av dykkere med resultater fra opptak med ROV.

Under ordinære dykkeregistreringer (transektanalyser) blir bunnlevende dyr og alger registrert langs et snitt fra maksimum 30 m dyp og opp til overflaten. Mengden av organismer ble anslått etter følgende gradering:

- 1 = enkeltfunn
- 2 = spredt forekomst
- 3 = vanlig
- 4 = dominerende

Faktorer som substrattype og -helning, grad av nedslamming, horisontalsikt osv., blir også notert. Denne metoden inngår i norsk standard for undersøkelser på hardbunn (NS 9424) og er vanlig brukt i overvåkingssammenheng. Metoden brukes bl.a. i kystovervåkingsprogrammet. Transektanalysene gir et godt bilde av de biologiske forholdene, men sammenlignet med kvantitativ registrering har de visse begrensninger med hensyn til statistisk behandling.

Video-opptakene av hardbunnssamfunn ble gjort med en liten fjernstyrt undervannsfarkost (ROV) av type Video-Ray Pro, utstyrt med et 570 linjers 0,3 lux videokamera. Dette er en ROV i den såkalte mikroklassen. Opptakene ble lagret digitalt på en Sony GV-D1000E PAL. ROVen ble manøvrert gjennom den samme trasé som dykkeren tidligere hadde svømt. Med jevne mellomrom stoppet vi farkosten og gikk nærmere ned mot bunnen slik at også mindre organismer ble synlige i bildet. De etterfølgende registreringer av alger og dyr fra ROV-opptakene ble gjort via en Sony monitor, men ellers med samme metodikk som under dykkeregistreringene.

Både registreringer ved dykking og fra ROV-opptak er gjort av marinbiologer med spesialkompetanse innen feltregistrering av alger og dyr på hardbunn.

Foruten en direkte sammenlikning mellom registreringsskjemaene fra dykkeundersøkelsene og fra ROV-avlesningen ble det benyttet multivariate analyser for å sammenligne artssammensetning og fordeling av organismer registrert ved dykke- og ROV-registreringene. Gjennomsnittlig forekomst av organismer i hvert av dybdeintervallene 1-5, 6-10, 11-15, 16-20, 21-25 og 26-30 m ble brukt i analysen.

Optisk satellittfjernmåling for registrering av marine bunnhabitater er til nå bare gjort i liten grad. Årsakene til dette ligger dels i måletekniske utfordringer, men er også i betydelig grad knyttet til utilstrekkelig kunnskap om de habitater som skal registreres, dvs. hva som egentlig måles på. Rent måleteknisk har satellittbårne optiske sensorer bare i få tilfeller vært utformet for fjernmåling i havområder. Et problem med måling i havområder er en lav oppløsning av signalstyrken da hav er mørkere enn land. De spektrale bånd som er benyttet er oftest valgt ut fra behov for terrestrisk kartlegging. De få sensorene som har vært tilpasset marine anvendelser har generelt hatt en oppløsning som har vært for lav for å få en god kartlegging av sjøbunnen. På tross av tekniske begrensninger har man med sensorene SPOT og IKONOS samlet inn en del data som kan anvendes i marin habitatskartlegging.

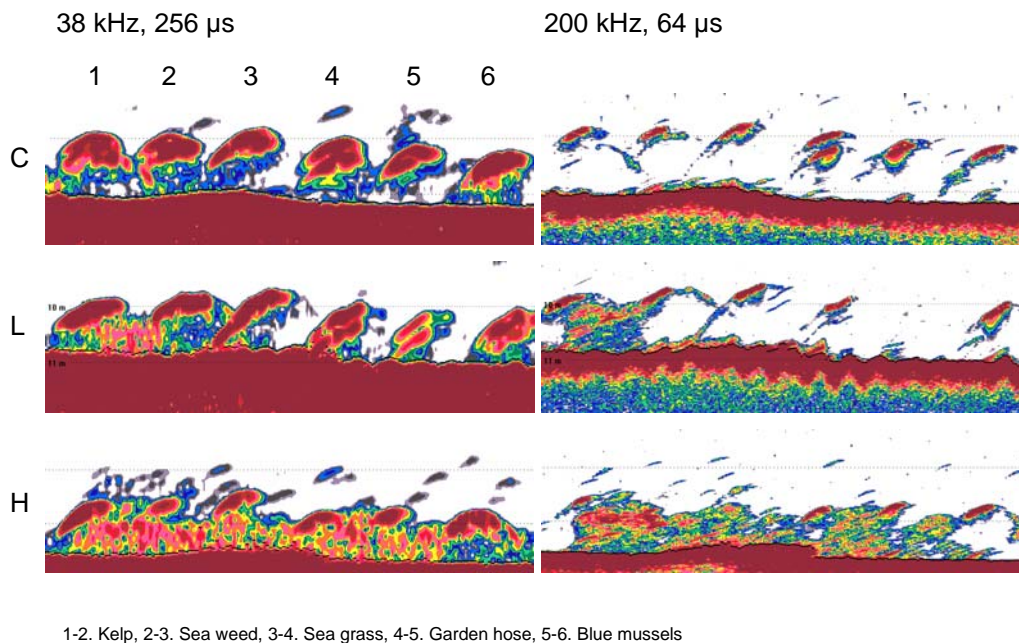
Flyfoto for anvendelse i marin habitatskartlegging har vært brukt i flere ti-år. For å vurdere bruk av flyfoto til marin kartlegging har vi gjort en enkel visuell vurdering av flyfoto. Disse er anvendt for å se i hvilken grad ulike bunntyper kan skilles fra hverandre og om det er mulig å se vegetasjon på grunt vann og hvilket vanddyb flyfoto ser ut til å kunne anvendes for tolkning av bunntyper. Vurderingene er basert seg på ortofotografier (målestokkriktig bilde som er georeferert) fra et område rundt Vega i Nordland. Fotograferingen ble foretatt i mai-juli 2002 av Fylkesmannen i Nordland. Fotoene er i skala 1:18 000 og har en oppløsning på 20 cm. I tillegg har georefererte sjøkart vært tilgjengelige, men disse har ikke hatt digitale dybde-data. Data om siktedyp har ikke vært tilgjengelig. Ortofotoene er sammenlignet med georefererte punktdata fra feltverifisering i et pilotprosjekt for marin naturtypekartlegging i utvalgte kommuner i Nordland i 2004 (upubliserte data). De georefererte dataene omfatter punktregistreringer av dyp fra ulike bunntyper, ulike bunntyper og dekningsgrad av tareskog og er utført med senkekamera. I tillegg er ortofotoene sammenlignet med stedfestet informasjon fra prosjektet "Gjenreisning av tareskog på Helgelandskysten" (Christie og Bekkby, 2001). Disse dataene omfatter 31 stasjoner på 2 m dyp på nordsiden av Vega. Alle georefererte data er lagt inn i dataprogrammet ArcView 8.3 for behandling og tolkning.

3. Resultater

3.1 Akustikk

3.1.1 Forsøksfeltet ved Langøyene, indre Oslofjord

Ved de akustiske registreringene langs forsøksfeltet ved Langøyene ble best oppløsning oppnådd med 200 kHz frekvens og pulslengde på 64 μ s, se ekkogram **Figur 3**.



Figur 3. Ekkogram fra forsøksfeltet på 10 m dyp i Oslofjorden. Bunnlinjen sees som en tykk, mørkerød linje. Y-aksen er ca. 35 m og x-aksen ca. 2 m. Tydelige sterke ekko i vannmassene er markeringsbøyer ca. 1 m over bunnen (vist som 1-6, oppe venstre). Disse markeringene er lagt inn mellom hvert felt med ulik "organismetype". Ekkogrammene viser kontroll (C), lav tetthet av organismer (L) og høy tetthet av organismer (H).

Basert på ekkogrammene ble det gjort beregning av samlet ekkostyrke (volum tilbakespredning = ekkointegral) mellom bøyene, se **Figur 1**. "Tare", "tang" og "sjøgress" viser økende ekkointegral både ved lav og høy tetthet, mens "børstemark" og blåskjell må ha høy tetthet før de detekteres tydelig i form av høyere ekkointegral. Generelt har disse forsøkene gitt oss informasjon om i hvor stor grad utstyret er i stand til å skille vanlige "organismetyper" i felt og gir et godt grunnlag for tolkning av reelle data ved feltregistreringer med ekkoloddet.

Tabell 1. Ekkointegral (S_v , dB/m³) for de ulike "organismene" fra opptak med 200 kHz transducer. Kontroll er ekkointegral før "organismene" ble utplassert i banen.

Objekt	"Tare"	"Tang"	"Sjøgress"	"Børstemark"	Blåskjell
Kontroll	-78	-82	-75	-77	-72
Lav tetthet	-52	-62	-62	-74	-72
Høy tetthet	-42	-47	-51	-48	-52

Simrad ekkoloddet med 38/200kHz transducer ble også benyttet på flere av stasjonene på hardbunn under Kystovervåkingstoktet i 2003. Disse data er fortsatt under bearbeiding og tolkning gjøres i samarbeid mellom NIVA og Simrad Kongsberg.

Simrad-systemet har, i forhold til QTC-systemet, en fordel i at det kan gjøres registreringer og tolkninger både for det vertikale og horisontale plan. Simrad single- og dualbeam ekkolodd har inntil nylig vesentlig blitt benyttet for registreringer av organismer i vannmassene (f.eks. zooplankton og fisk), i mindre grad for registreringer bunntyper og organismer på bunnen. Kartlegging av bunntyper på det horisontale plan er nå en prioritert oppgave hos Simrad Kongsberg. Innen prosjektet har de arbeidet med å utvikle ny programvare for denne typen klassifisering. En betaversjon har akkurat blitt klar og er anvendt på data fra bløtbunn i dette prosjektet, se **Figur 7** under.

3.1.2 Forsøksfeltet ved Kaholmen, indre Oslofjord

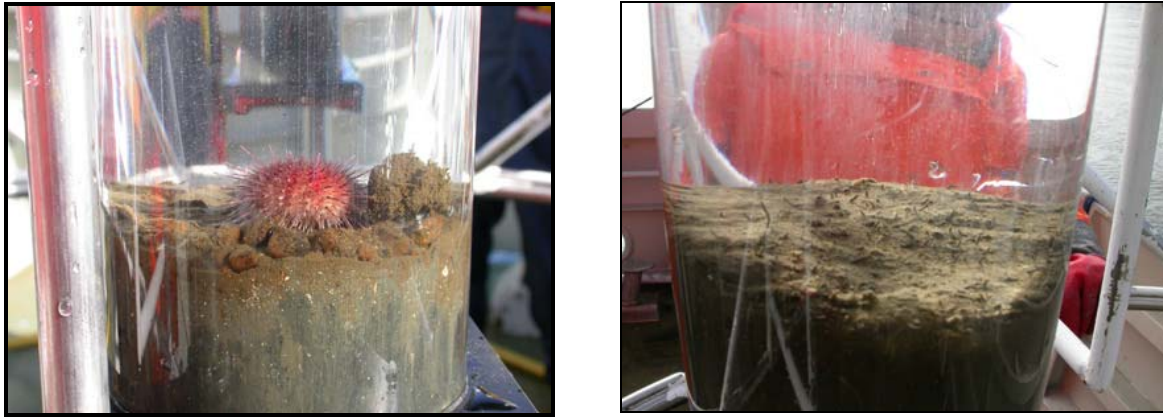
QTC har vært på markedet siden 1995 med et system for bunntypeklassifisering, og systemet har vært benyttet i noen år ved UiO. Sammen med UiO har vi etablert et forsøksfelt sør-vest for Kaholmen (Oskarsborg) i Oslofjorden. Der har vi gjort parallelle ekkoloddregistreringer med QTC-systemet og Simrad-systemet av bunnforholdene på bløtbunn. Med de to systemene kartlegger vi akustisk med frekvensene 38 kHz, 50 kHz og 200 kHz. Høyfrekvente signaler (>100 kHz), penetrerer normalt noen centimetre ned i bunnsedimentene, mens lavere frekvenser (10-100 kHz) penetrerer noen titalls centimeter nedover i sedimentene, avhengig av bunntypen (Galloway og Collins 1998).

UiO har også en hovedfagsstudent (Mikkel Petersen) som jobber sammen med oss i dette området. For hans oppgave benytter vi ekkoloddregistreringer gjort med begge systemene. I tillegg samler vi inn bunnsedimenter og bunnfauna med kjerneprøvetaker for å se på sammenhenger i data mellom metodene Vi har innsamlet bunnsedimenter (**Figur 4**) innen de ulike akustiske klassene (fargekodene i **Figur 6**) som er analysert ved UiO og som brukes som "ground truthing" for å verifisere/korrigere inndeling av bunntyper basert på akustikk. UiO (ved dr scient Kari Ellingsen) har analysert ekkodataene innsamlet med QTC-systemet og produsert et kart over bunnsedimenttyper basert de ulike akustiske klassene (**Figur 6**).

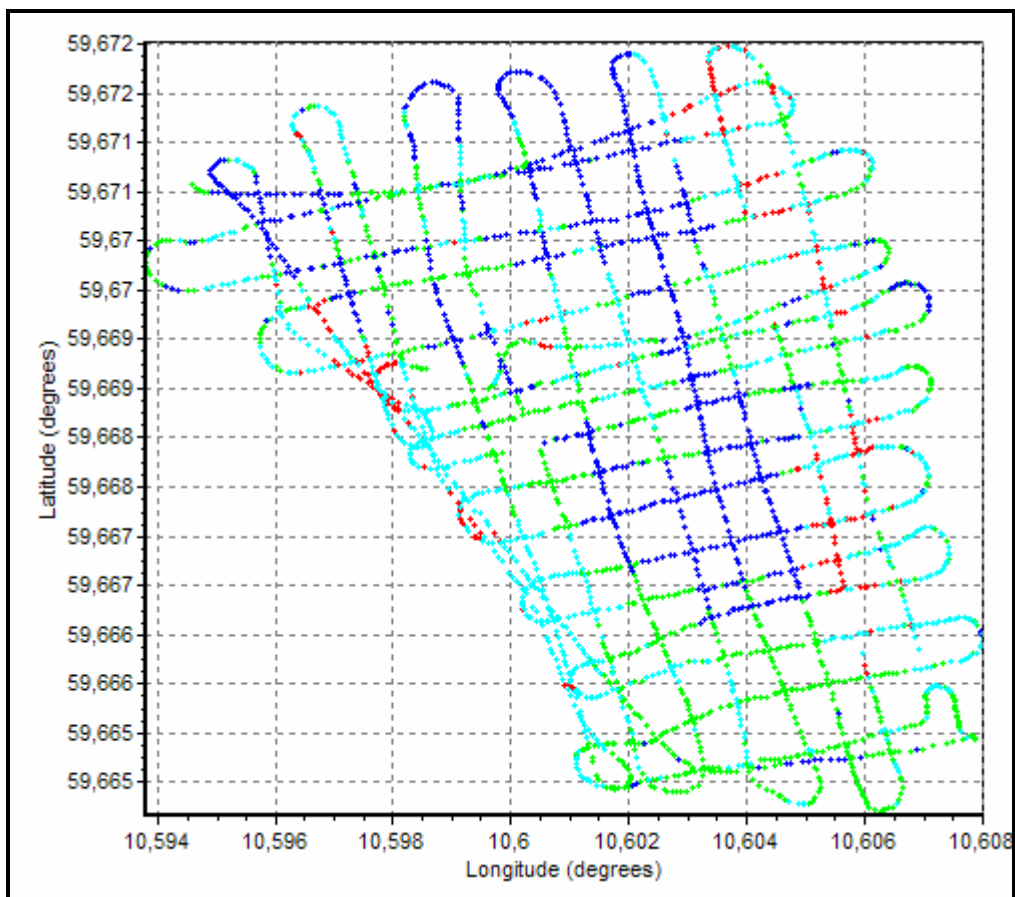
Det er tildels store variasjoner i bunntypen innenfor dette området. Foto av sedimentprøver som illustrerer dette er vist i **Figur 5**.



Figur 4. Prøvetaking av bunnsedimenter med UiOs multicorerer ved Kaholmen utenfor Drøbak.



Figur 5. Venstre bilde: Sedimentkjerne (indre diameter 10 cm) som viser den grove sedimenttypen i turkis akustisk gruppe (**Figur 9**). Sedimentet har endel grus og mindre stein på overflaten (i tillegg til en kråkebolle). Høyre bilde: Sedimenttypen i mørk blå akustisk gruppe (**Figur 9**) er mer finkornet uten grus og småstein på sedimentoverflaten og har små rør fra rørbyggende børstemark (gruppen Spionidae).

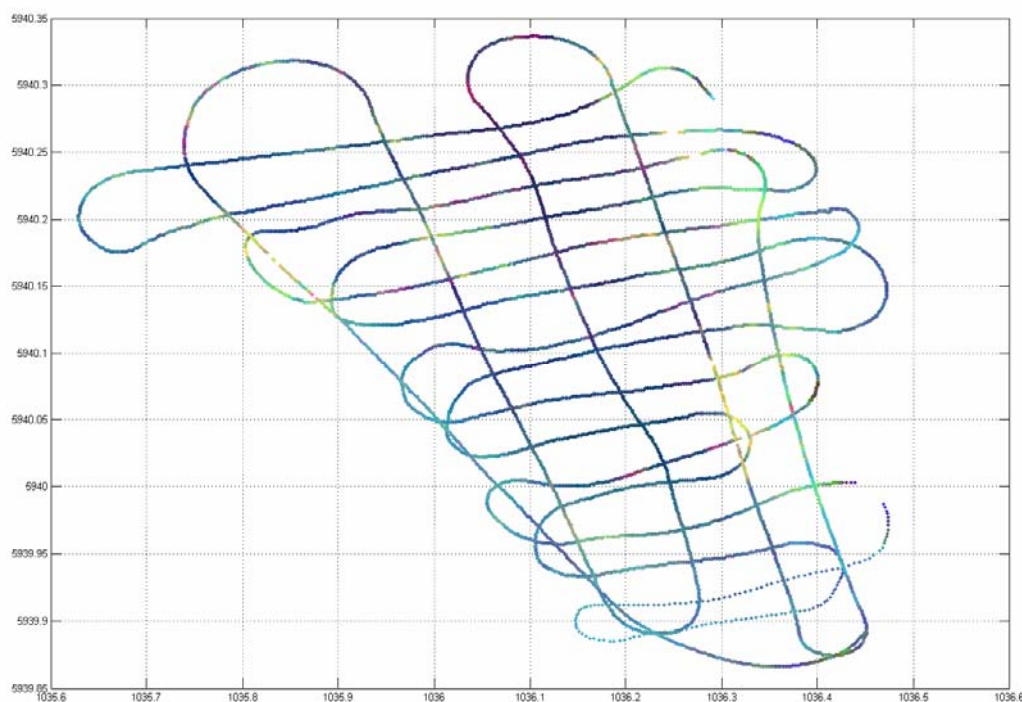


Figur 6. Inndeling av bunnsedimenttypene sør-vest for Kaholmene i Oslofjorden basert på fire akustiske klasser fra QTC View™ ekkoloddklassifisering med 50kHz transducer. Området er ca. 400 x 800 m stort. Rød klasse representerer hardbunn og fjell, grønn og lyseblå klasse representerer grovkornede sedimenter og mørk blå representerer mer finkornede sedimenter.

QTC-systemet var istand til å klassifisere bunnsedimentene innen forsøksområdet ved Kaholmen og optimal klassifisering resulterte i fire hovedtyper av bunnsedimenter i området (**Figur 6**). Disse klassene av sedimenttyper virker fornuftig utifra de sedimentprøvene som er blitt samlet inn med corer for verifisering ("ground truthing", **Figur 5**).

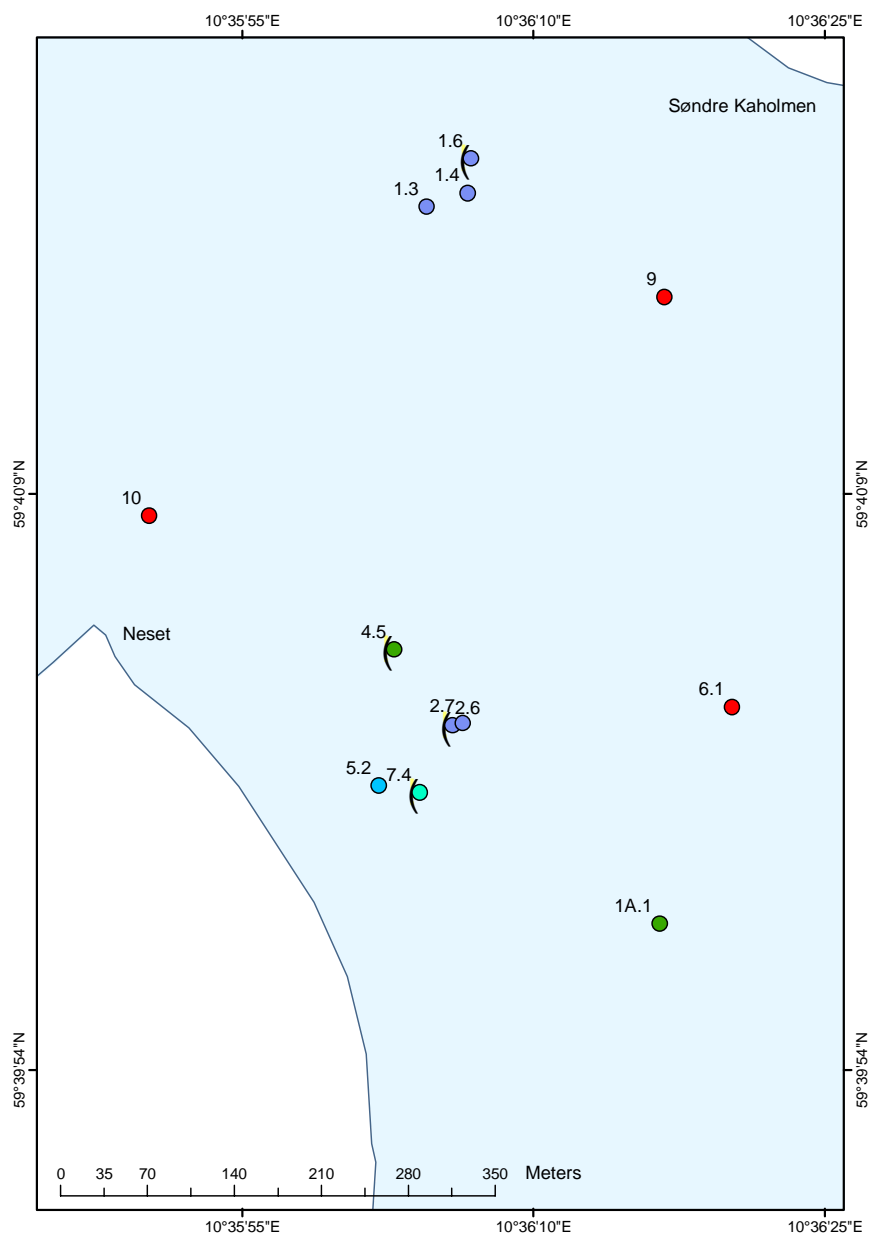
Klassifisering av bunnsedimentene basert på klassifisering med Simrad-systemet viser for 200 kHz svingeren en inndeling av området (**Figur 7**) som i stor grad samsvarer med inndelingen oppnådd med QTC-systemet.

Fargekodene er forskjellige fra QTC-figuren, men hovedmønsteret viser at sedimenttypen i østre, søndre og vestre randområder har en egen sedimenttype (bløtt sediment med grovere overflate). Innimellom er det små områder med hardt sediment og fjell (rødt i **Figur 6**, gult i **Figur 7**), mens i sentrale deler av området er det bløtere, mer finkornet sediment (mørkeblått i begge figurer), men også her finnes en del grus og småstein på og til dels under overflatesedimentet. For Simrad-systemet med 38 kHz svinger viste den foreløpige sedimentklassifiseringen en annen type inndeling av bunnsedimentene med flere akustiske klasser. Dette kan ha sammenheng med at denne frekvensen penetrerer dypere ned i sedimentene, som har ulik grad av grovere materiale, og dermed gir en noe annen gruppering. Det kan også ha sammenheng med hvordan signalene prosesseres i de to systemene (QTC og Simrad). Bakgrunnen for dette vil undersøkes nærmere i 2005, bl.a. ved bruk av ROV med eget posisjoneringsutstyr for mer detaljert filming av overflatesedimentene i området.



Figur 7. Inndeling av bunnsedimenttypene sør-vest for Kaholmene i Oslofjorden basert på akustiske klasser fra Simrad ekkoloddklassifisering med 200kHz transducer. Området er ca. 400 x 800 m. Gul klasse representerer hardbunn og fjell, grønn og lyseblå klasse representerer grovkornede sedimenter og mørk blå representerer mer finkornede sedimenter.

I januar 2004 ble det i tillegg samlet inn sedimentkjerner fra flere nye stasjoner for ytterligere å styrke verifiseringen av sedimenttypen ("ground truthing"). Stasjoner for innsamling av sedimentprøver med kjerneprøvetaker for verifisering av sedimenttyper og innsamling av bunnfauna er vist i **Figur 8**. Stasjonene er valgt ut etter den akustiske klassifiseringen i **Figur 9** (basert på QTC-kartlegging) og fargekodene er tilsvarende som benyttet der.



Figur 8. Stasjoner for innsamling av bunnsedimenter med 'multicorer' i mars 2003 og januar 2004. Stasjonene er valgt ut etter den akustiske klassifiseringen i Figur 9 (basert på QTC-kartlegging). På de stasjonene som er avmerket med en parentes på venstre side er det også gjort undersøkelser av bunnfauna.

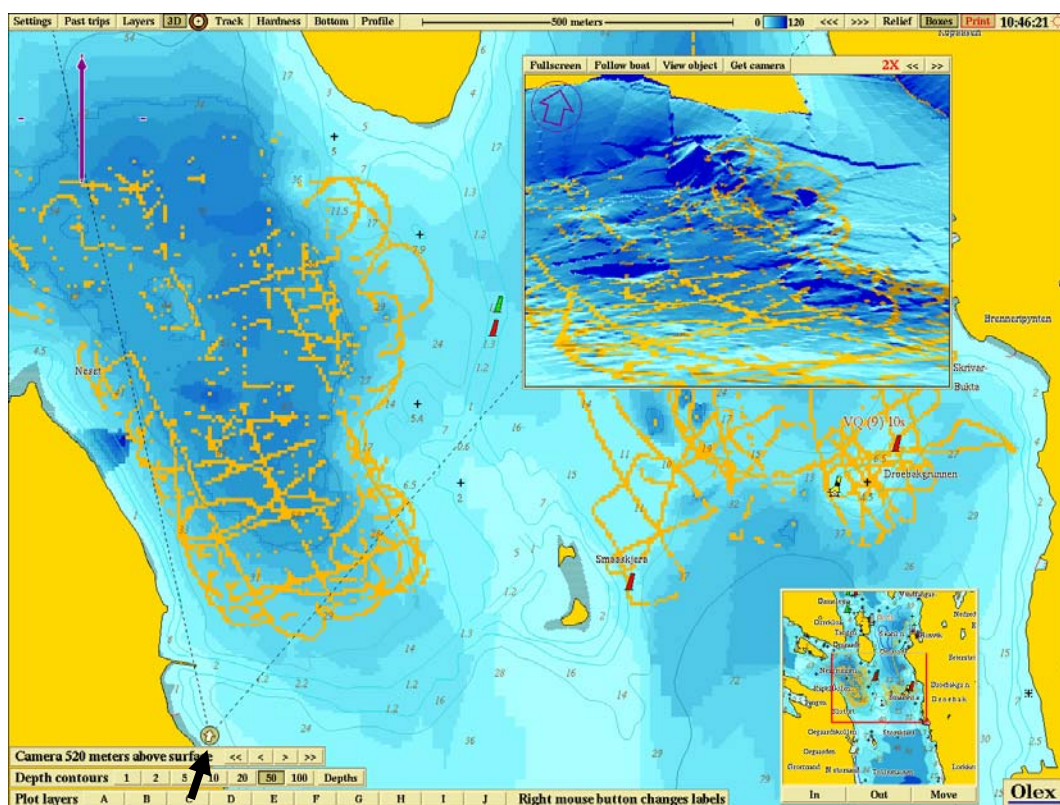
Innsamlede kjerneprøver er analysert for kornstørrelsessammensetning og innhold av organisk materiale. Resultatene for stasjonene 1.4 (blå akustisk klasse), 2.6 (blå akustisk klasse), 4.5 (grønn akustisk klasse) og 7.4 (turkis akustisk klasse) er vist i **Tabell 2**. Dette tilsvarer stasjonene hvor det er tatt faunaprøver.

Tabell 2. Stasjonsdyp og sedimentparametre på st. 1, 2, 4 og 7 i Kaholmenområdet.

	1	2	4	7
Dyp	74,1	64,5	60,5	53,3
% sand	53,56	48,94	37,14	57,89
% silt	18,11	19,40	19,49	14,32
% leire	28,33	31,66	43,37	27,79
Mdo	5,48	5,44	6,71	3,88
Org. karbon (%)	3,84	4,06	2,64	4,22
TOC (g/kg)	41,8	52,9	49,5	45,4

Grovest sediment ble funnet på den grunneste stasjonen (st. 7, turkis akustisk klasse). St. 4 hadde høyest innhold av leire og den fineste typen sediment, mens blå akustisk klasse (st.1 og 2) hadde en kornstørrelse som ligger imellom disse ytterpunktene. Generelt gjelder for hele det undersøkte området at sedimentets sammensetning er svært variabel og at andelen av grove fraksjoner i sedimentet varierer mye, også over små avstander.

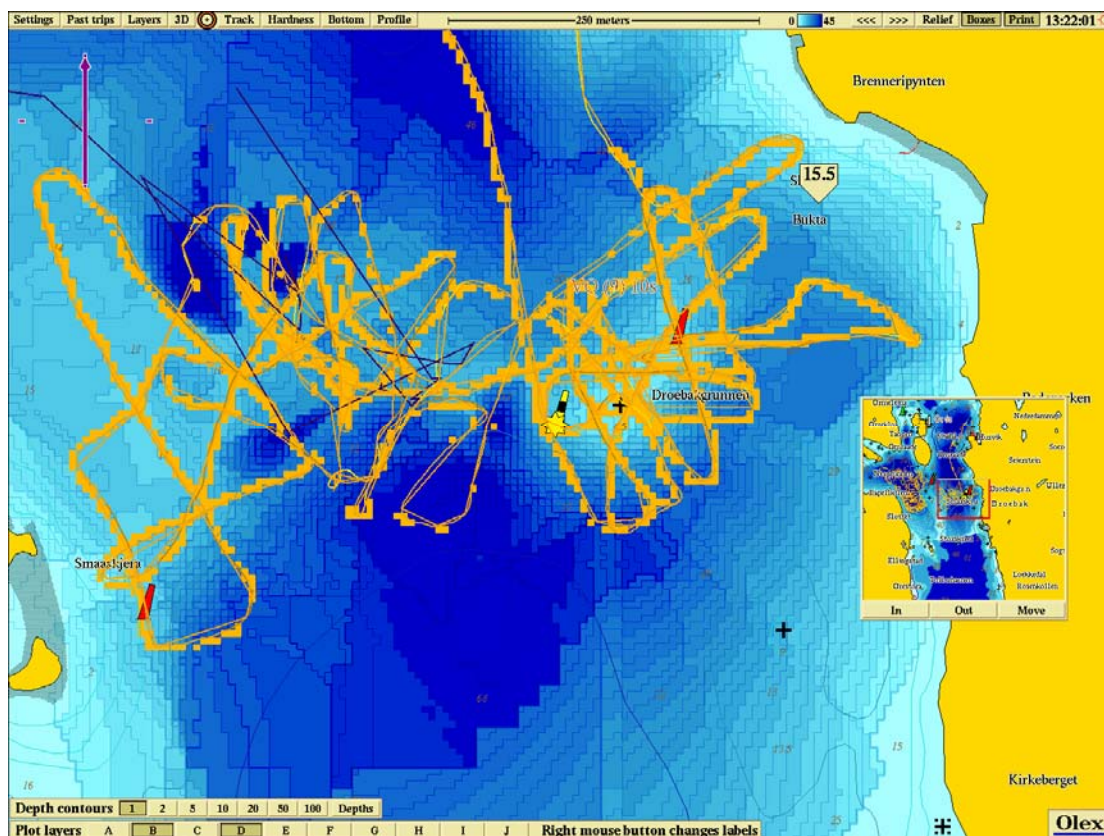
Ved innsamling av akustiske data med Simrad-systemet benytter vi også et Olex kartplottings- og dybdeprofileringsystem. Systemet henter informasjon om posisjon og dyp fra Simrad-svingeren. Posisjon plottes kontinuerlig på digitalt sjøkart. Tredimensjonale kart som viser bunntopografi kan hentes ut i etterkant. Eksempel på dette er vist i **Figur 9**.



Figur 9. Kartplot fra Olex fra gjennomført ekkolodding ved Kaholmen. Vellykket lodding (dvs. traseer med dybde og posisjonsdata) er markert med gult. Innlagt 3-dimensjonalt bilde av bunnområdet sett fra et virtuelt "kamera" er markert med tykk, sort pil på kartet. "Kameraets" synsfelt (fra SV mot NØ) er markert med stiplede linjer på kartet.

3.1.3 Forsøksfeltet ved Drøbakerskelen, indre Oslofjord

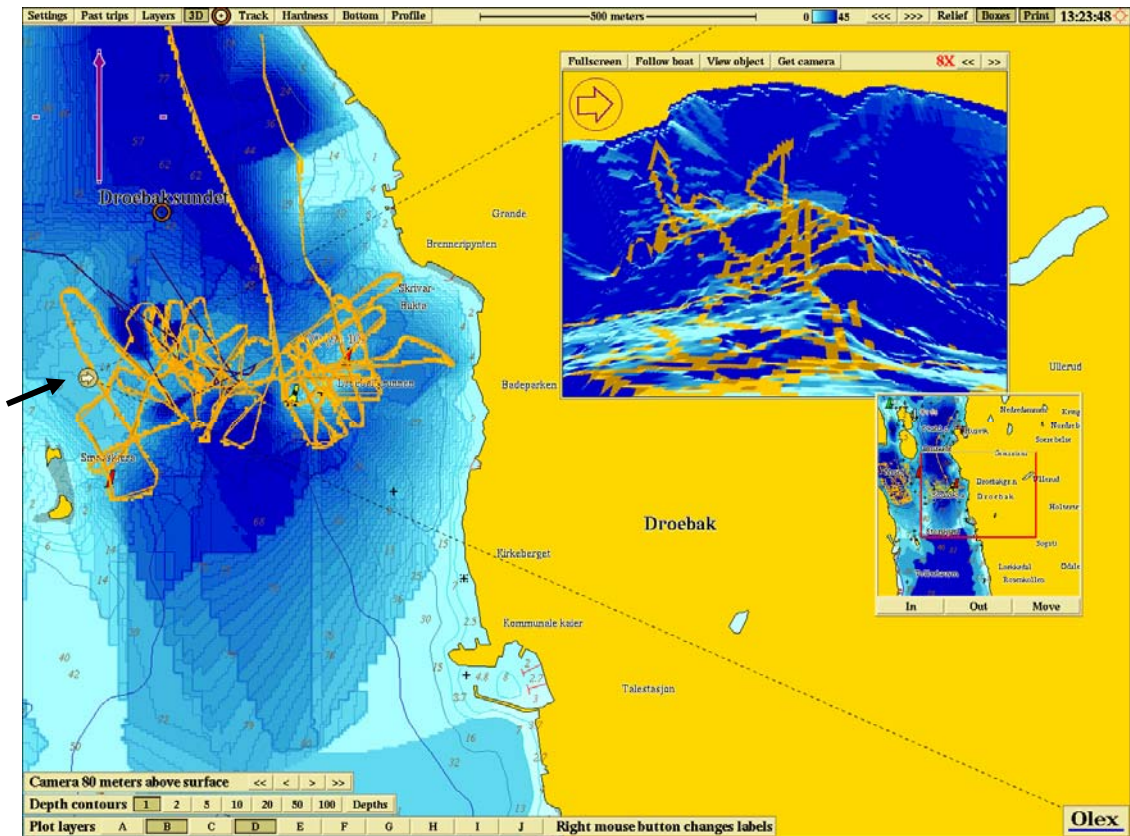
I desember 2004 ble det gjennomført feltarbeid for å studere topografi i området ved Drøbakgrunna ved bruk av Simrad-ekkoloddsystemet tilkoblet Olex. Det var relativt sterk strøm, men lite sjø (bølgehøyde 0,5 m) i Drøbaksundet. Det var en del problemer med tang som fløt løst i overflaten og festet seg til paravanen (foilen) hvor svingeren (transduceren) er festet. Dette førte til noen problemer med registrering av dyp, særlig mot slutten av toktet. **Figur 10** viser hvilket område som ble dekket, mens **Figur 11** og **Figur 12** viser eksempler fra den grafiske fremstillingen av data fra Olex-systemet.



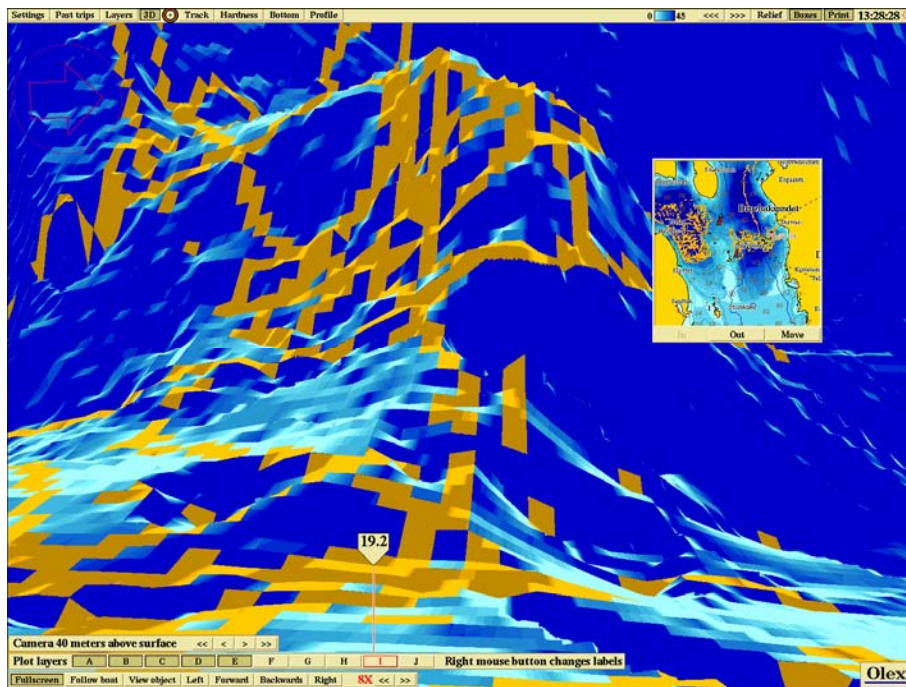
Figur 10. Gule markeringer viser de områdene hvor det ble samlet inn akustiske data under toktet den 17. desember 2004.

OLEX-systemet leser inn firedimensjonale observasjoner - tidspunkt, dybde, bredde- og lengdegrad - og oppdaterer en database hvor havbunnen er inndelt i små firkanter på omtrent 5x5 meter. Dette gjøres automatisk når systemet er slått på (www.olex.no). Systemet er tilpasset dagens billige GPS, som gir en posisjon med 5-6 meters feilradius når anvendt sammen med dGPS.

Firkantene ligger kant i kant over hele jordens overflate. De inneholder en dybde som enten er målt, beregnet eller ukjent. Gjentatte målinger av samme firkant gjør at dybdeverdien forbedres. Målingene medfører også en rekalkulering av de umålte firkantene innenfor en viss radius (www.olex.no). Vi erfarte at de kalkuleringer av umålte firkanter som systemet utfører må vurderes nøye før de blir brukt videre. Dette gjelder særlig i randsonen av det område en har målt opp. Ved behov for nøyaktige bunnkart må en basere seg minst mulig på kalkulerte dyp, dvs. ha tette traseer med målte dyp.



Figur 11. Gjennomført ekkolodding (gul markering) og innlagt 3-dimensjonalt bilde av Drøbaksgrunnen (fra vest mot øst) sett fra et kamera markert med tykk, svart pil på kartet. Kameraets synsfelt er markert med stiplede linjer på kartet.



Figur 12. Tredimensjonalt detaljbilde av Drøbaksgrunnen sett fra vest, fra **Figur 11**. Gule flater er målte dyp. Øvrige dyp er beregnete av OLEX-programmet.

3.2 ROV-registreringer på hardbunn

ROV-teknologien har hatt en formidabel utvikling siste tiår og dette har gjort ROV til et anvendelig og avansert redskap innen stadig nye undervannsoppgaver. I sin enkleste form er ROV et nedsenkbart kamera med manøvreringsmuligheter, egnet for inspeksjonsoppdrag.

3.2.1 Resultater

Ved dykkeregistreringene ble det funnet langt flere taxa enn ved registreringene basert på ROV-opptak (**Tabell 3**). Det er særlig små trådformete eller skorpedannende organismer, og organismer med kamuflasjepreg som er vanskelige å oppdage på opptakene. Eksempler på slike organismer er hydroider, de fleste arter av mosdyr, og rødalger av dokke- og rekekloslekten, brunliarter og ulike grønne dusker. Enkelte områder er også vanskelige å komme til med en ROV, som for eksempel nede i tareskogen eller under tette algeforekomster. Her vil også arter som danner skorper på fjell kunne bli oversett eller underestimert.

Tabell 3. Antall taxa av alger og dyr som ble registrert under dykke- og ROV-registreringene på to av kystovervåkningsstasjonene i 2003.

Stasjon	Antall taxa Dykk		Antall taxa ROV	
	Dyr	Alger	Dyr	Alger
B11	47	65	27	20
C17	55	59	17	20

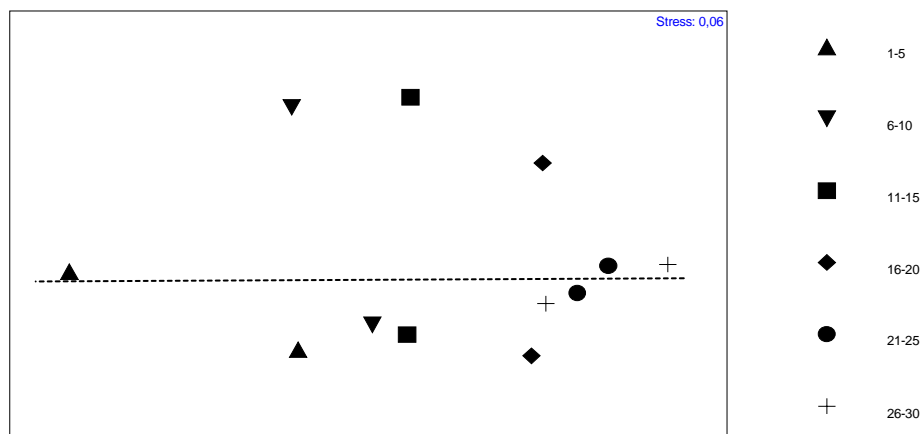
En sammenligning av de to registreringstypene ved hjelp av multivariate analyser basert på artssammensetning og forekomst av alger og fauna på de to stasjonene viste også en klar forskjell i artssammensetning mellom ROV- og dykkeprøver fra samme dybdeintervall, se **Figur 13** og **Figur 14**. Dette er et resultat av at arter som er små eller vanskelige å oppdage for det meste mangler eller er underestimert i ROV-registreringene. Samtlige prøver på begge stasjoner viser imidlertid en lik dybdegradient hvor prøvene i analysene blir sortert fra venstre mot høyre med økende dyp.

En test av korrelasjonen mellom likhetsmatrisene for ROV og dykkeregistreringene viste en høyere korrelasjon, det vil si et bedre samsvar mellom ROV- og dykkerresultater, for stasjon B11 enn for C17 (**Tabell 4**). Årsaken kan være at samfunnet på C17 hadde større innslag av små, lite iøynefallende arter enn det B11 hadde. En analyse av ulikheten i artssammensetning mellom B11 og C17, basert på dykkeregistreringene, viste også at 6 av de 12 taxa med størst betydning for ulikheten var små arter som er vanskelige å oppdage i felt. Samtlige av disse små taxa hadde størst forekomst på C17.

Tabell 4. Resultater fra sammenligning av korrelasjonen mellom likhetsmatrisene for ROV og dykking på stasjon B11 og C17 (Spearman Rank correlation, r_s).

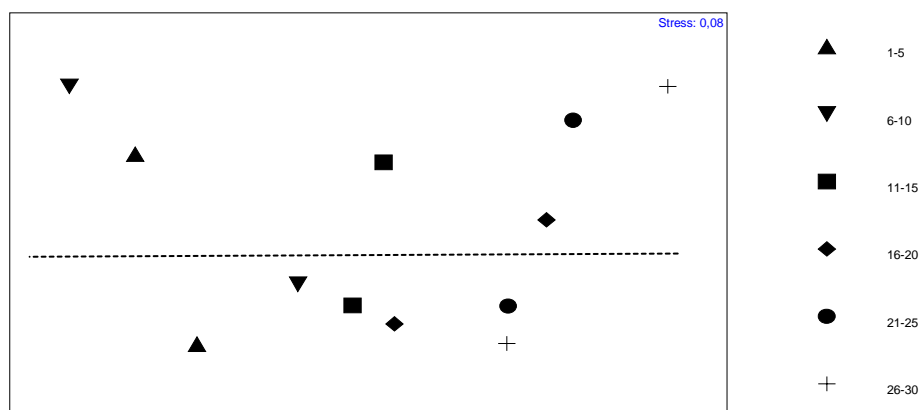
Stasjon	B11	C17
korrelasjonsfaktor	0,84	0,56

St 11, alger og dyr: Grouped average



Figur 13. Figuren viser likhet mellom prøver med hensyn til artssammensetning på stasjon 11. Liten avstand mellom prøver indikerer liten forskjell i artssammensetning. Symbolene indikerer dybdeintervall i meter. Prøver over den stiplede streken er registreringer fra ROV-opptak, mens prøvene under den stiplede streken er fra dykkeregistreringer.

St 17, alger og dyr: Grouped average



Figur 14. Figuren viser likhet mellom prøver med hensyn til artssammensetning på stasjon 17. Liten avstand mellom prøver indikerer liten forskjell i artssammensetning. Symbolene indikerer dybdeintervall i meter. Prøver over den stiplede streken er registreringer fra ROV-opptak, mens prøvene under den stiplede streken er fra dykkeregistreringer.

Ulikheten i artssammensetning mellom ROV- og dykkeregistreringer for hele transektet (1-30 m) var stor, 67 og 68 % på hhv. stasjon 11 og 17 (beregnet i programmet Simper i PRIMER-pakken). Den samme analysen gir også informasjon om de ulike taxas betydning for den registrerte forskjellen mellom ROV- og dykkeregistreringer. I **Tabell 5** og **Tabell 6** er de 10 viktigste taxa med størst betydning for ulikheter i registreringsteknikk for henholdsvis stasjon 11 og 17 vist.

Tabell 5. Tabellen viser de 10 taxa som i analysen (Simper) bidro mest til forskjellen mellom ROV og dykkeregistreringene på stasjon 11.

TAXA	Form	Gj. sn. forekomst DYKK	Gj. sn. forekomst ROV	% bidrag til forskjell
Skorpeformede kalkalger	skorpe på fjell	3,40	1,33	4,80
Trådformede rødalger.	tynne tråder	2,14	0,67	4,06
Sleipfleck	skorpe på fjell	2,00	0,00	3,88
Stortare	store blad	1,56	1,96	3,62
Brunt på fjell	skorpe på fjell	1,80	0,83	3,24
Rødlo	tynne tråder	1,53	0,00	2,76
Bladformede rødlager	små blad	2,14	1,29	2,66
<i>Electra pilosa</i> (mosdyr)	skorpe på alge	1,37	1,00	2,56
Skorpedannende mosdyr	skorpe på alge/fjell	1,50	0,67	2,48
Buskdannende mosdyr	små busker	2,03	1,13	2,43

Tabell 6. Tabellen viser de 10 taxa som i analysen (Simper) bidro mest til forskjellen mellom ROV og dykkeregistreringene på stasjon 17.

TAXA	Form	Gj. sn. forekomst DYKK	Gj.sn. forekomst ROV	% bidrag til forskjell
Rødlo	tynne tråder	2,33	0,50	4,17
Sleipfleck	skorpe på fjell	2,04	0,00	3,83
Skorpeformede kalkalger	skorpe på fjell	3,70	2,00	3,81
Kjøttblad	store blad	1,94	0,17	3,52
Brunfjær	tynne tråder	1,69	0,00	3,51
Stortare	store planter	1,97	1,33	3,50
Bruntufs	tynne tråder, filt	1,88	0,33	3,37
Bladformede rødalger	små blad	2,28	0,71	3,08
<i>Leptasterias muelleri</i>	liten sjøstjerne	1,74	0,00	3,05
<i>Martasterias glacialis</i>	sjøstjerne	1,67	0,17	2,86

I analysen ble arter som var vanskelig å skille fra hverandre på ROV-opptakene, overført til morfologiske grupper som 'trådformede rødalger' eller 'buskdannende mosdyr' (se **Tabell 5** og **Tabell 6**). I analysen har vi derfor korrigert for begrensninger i ROV-teknikken. Erfaringen fra prosjektet har gitt et godt grunnlag for å vurdere hvilke arter som lar seg identifisere og kvantifisere via ROV og hva som er spesielt vanskelig. Utifra hvilke problemstillinger de ulike undersøkelser har vil man i hvert tilfelle kunne gjøre en vurdering av hvilke metode (tradisjonell dykking eller ROV) som bør benyttes.

Trådformede rødalger som ulike dokkearter (*Polysiphonia*), rekekloarter (*Ceramium*) og fiskeløk (*Cystoclonium*) er vanskelige å skille ved dykking, selv for en erfaren feltbiolog. På et ROV-opptak hvor en ikke har mulighet til å kjenne på algens konsistens, kan disse i beste fall bestemmes til finforgrenede eller grovforgrenede trådformede rødalger. Buskformede rødalger som sjølyng (*Heterosiphonia*), fagerdokke (*Brogniartella*) og teinebusk (*Rhodomela*) synes heller ikke å være praktisk mulig å skille på ROV-opptak. Avhengig av lysforhold vil enkelte arter kunne skilles fra buskformede rødalger ved karakteristisk farge som f.eks. aspargesalge (*Bonnemaisonia*). Små trådformede brunalger av brunli-typen (*Ectocarpus*) vil ikke kunne skilles fra hverandre, ei heller bruntufs-arter (*Sphacellaria*) som er vanlige på fjell og andre alger. Av bladformede rødalger har det vist seg vanskelig å skille ulike blekker (*Phyllophora* / *Coccotylus*) og mellom fagerving (*Delesseria*) og eikeving (*Phycodrys*). Hydroider og små oppreiste busker av mosdyr vil vanskelig la seg skille på et ROV opptak. Disse dyrene kan også være veldig lik små, brune trådformede alger.

3.3 Satellittfjernmåling

Bruk av satellittfjernmåling av sjøbunnen er foreløpig ikke mye testet i norske farvann, men bør ha et potensiale i områder med lite partikler i vannet. Signalet som en satellitt registrerer består av tilbakespredt lys fra atmosfære, refleksjon fra optiske komponenter i havet (partikler) og reflektert lys fra sjøbunnen. Man kan anslå at over 97% av signalet kommer fra den øvre halvparten av siktedypet (Sørensen et al. 1993) og man vil ikke "se" noe sjøbunn dypere enn siktedypet. For å benytte seg av satellittfjernmåling av sjøbunnen må man derfor korrigere for støy og signalsvekning gjennom hav og atmosfære. I denne sammenheng er det faktisk mangelen på kunnskap om atmosfæren som er det største problemet. Årsaken til dette ligger i at opptil 90 % av det signalet satellitten mottar kommer fra atmosfæren. Det betyr at selv en relativt liten feil i korreksjonen får stor betydning for de få prosentene av signalmengden som returneres fra havet. Kunnskapen om havets optiske egenskaper er også begrenset, men det er ikke her hovedproblemen er i forbindelse med kartlegging av sjøbunn. Endel kartleggingsarbeid av sjøbunn med bruk av satellitt er blitt gjort i tropiske områder, da særlig i forbindelse med korallrev. I tempererte og polare strøk finnes kun spredte studier, da vesentlig av åleggess og tare (Ackelson 2003).

For bearbeiding av satellittdataene med hensyn på kartlegging av havbunnen har man to metoder, som begge bygger på en form for modellering:

- Ved hjelp av feltobservasjoner kjenner man hva som befinner seg i gitte pixler i satellittbildet. Man bruker så et statistisk system som "læres" opp. Neste skritt er så å kjøre systemet på resterende pixler for å danne et helhetsbilde.
- Med en numerisk modell simulerer man lysspektret opp av havet for en rekke ulike tilfeller av bunnforhold, dyp, mengde plankton etc. Man går så gjennom det gitte satellittbildet for hver pixel og finner hvilket modellert spekter som "likner" mest. Ved deretter å gå tilbake til modellens input finner man den sannsynlige bunntypen.

For begge gruppene økes treffprosenten med økt detaljkunnskap om habitatet som skal kartlegges. Meget viktig informasjon er detaljerte dybdekart, men også data for bunntype og for eksempel andel og type bunntype som finnes. Eksempler fra litteraturen viser at det da er mulig å treffe riktig i over 90 % av tilfellene (se for eksempel Pasqualini et al. 2005).

3.4 Flyfotografering

Ortofoto kan brukes som verktøy i marin kartlegging og for verifisering av modellerte bunntyper. Avhengig av solvinkel og siktedyp er det i våre farvann mulig å se sjøbunnen ned til i hvert fall 7-8 meters dyp under gode forhold. Tolkning av ortofoto kan dermed brukes til å bestemme bunntyper og se om bunnen er dekket av vegetasjon i grunne områder. Ulike utsnitt av ortofoto fra et område rundt Vega er vist i **Figur 3-5**. Området omfatter mange skjær og grunner og bunnen er dominert av skjellsand og bart fjell. Bunnen har i lang tid vært nedbeitet av kråkeboller, men i eksponerte soner finnes det fortsatt tareskog. I **Figur 3** og **5** er georefererte punktdata fra feltverifisering i Pilotprosjektet for marin naturtypekartlegging i kommunene 2004 lagt over bildeutsnittet som støtte til tolkningen. Disse dataene omfatter punktregistreringer av dyp, ulike bunntyper og dekke av tareskog og er utført med senkekamera. I **Figur 4** er et utsnitt av bildet sammenlignet med ikke-digital men stedfestet informasjon fra prosjektet "Gjenreisning av tareskog på Helgelandskysten" av Christie & Bekkby (2002).

Figur 15 viser et skjær øst for Vega. Bart fjell kan skilles fra skjellsandbunn men det kan være vanskelig å skille steinbunn fra skjellsandbunn. Solen ser ut til å stå i sør-øst noe som gjør sikten på nord-vest mindre god selv på 3 m dyp.



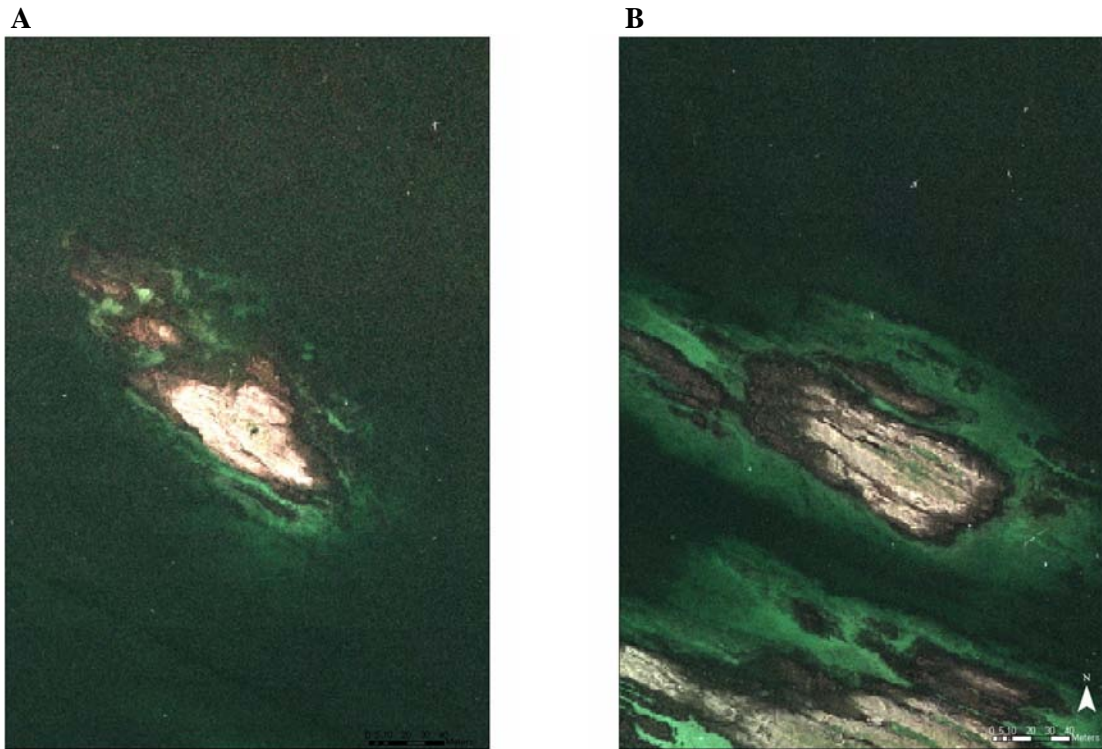
Figur 15. Bildeutsnitt fra et skjær øst for Vega der feltverifisering av dyp og bunntype er gjennomført. Fargene viser bunntype; F: Fjellbunn (blå), St: Steinbunn (rød) og Skj: Skjellsandbunn (gul). Foto gjengitt med tillatelse fra GEOVEKST Nordland.

Områder hvor tareskog er nedbeitet av kråkeboller kan til en viss grad skilles fra områder med tarevegetasjon. **Figur 16 A** og **B** viser eksempler på dette fra skjær på nordsiden av Vega, hvor det henholdsvis er registrert flekkvis taredekke og nedbeiting på 2 m dyp (Christie og Bekkby 2002). I **Figur 16 A** synes tydelig tareskog som mørke flekker. **Figur 16 B** viser bart fjell (lyse områder) som trolig er nedbeitet.

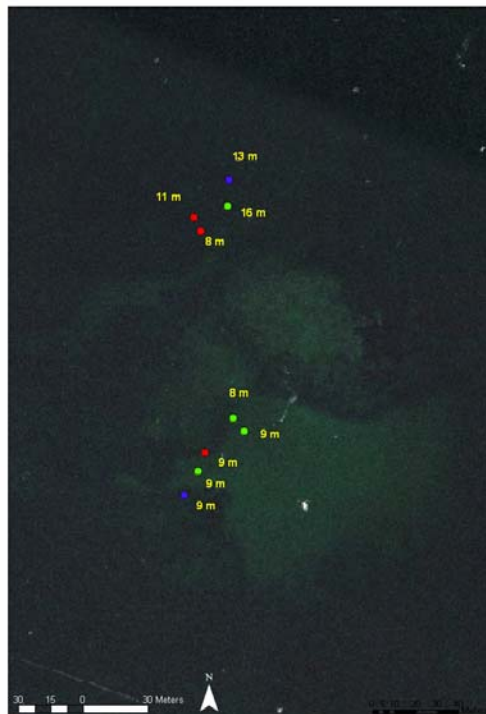
Eksisterende digitaliserte sjøkart har for grov oppløsning til å kunne benyttes til å bestemme dyp på en skala på noen få meter, slik som benyttet i denne undersøkelsen. I stedet ble punktdata fra feltverifisering benyttet. På bildet i **Figur 17** er det ut fra punktdataene mulig å skille ulike bunntyper helt ned til 8-9 m dyp i grunne deler av området (nederst), men ikke for punktene som ligger i dypere områder i øvre del av bildet.

Sammenfatningsvis kan en si at ortofoto egner seg til å registrere ulike bunntyper på grunt vann i en utstrekning som spenner fra bildets størrelse (opp til noen kilometer) ned til noen meter (avhengig av oppløsning). I mange tilfeller kan vegetasjon også skilles fra områder uten vegetasjon. Det er imidlertid nødvendig å gjøre feltverifisering som kan bekrefte tolkningene.

Maksimalt dyp i denne undersøkelsen hvor bunntype kunne tolkes var 8-9 m. Hvilken side av øyer og til hvilket dyp som kan tolkes avhenger av hvor solen står og sikten i vannet ved fotograferingstidspunktet. På skyggesiden av øyene kunne bildene bare tolkes ned til ca. 3 m dyp.



Figur 16. Bildeutsnitt fra skjær nord for Vega. **A)** viser et skjær hvor hvor Christie og Bekkby (2002) registrerte tareskog. **B)** viser et skjær i samme område som Christie og Bekkby (2002) registrerte nedbeitet bunn. Foto gjengitt med tillatelse fra GEOVEKST Nordland.



Figur 17. Utsnitt av flyfoto øst for Vega der det er gjennomført feltundersøkelser (punktdata) på ulike dyp. Det er visuelt mulig å skille bunntyper på de grunneste punktene, men ikke på de dypeste. Foto gjengitt med tillatelse fra GEOVEKST Nordland.

4. Erfaringer og videre planer

4.1 Bruk av akustikk for substratkartlegging og kartlegging av bunnorganismer

Det finnes i dag mye avansert utstyr for kartlegging av substrat og strukturer som tareskog og dypvannskorallrev. Dette omfatter bla. ulike typer ekkolodd og side-scan sonarer. Større typer ekkolodd (for eksempel multibeam) og sonarer er dyre i innkjøp og databearbeiding er oftest omfattende og kostnadskrevenende. I NIVA ønsket vi i å benytte en type utstyr som var lett å ta med i felt og som kunne brukes fra land og/eller mindre fartøyer. Ekkoloddregistreringer med single beam eller dual beam er velegnet til å kartlegge bunntyper innenfor et mer begrenset område. Det finnes kommersielt utstyr og software som Roxann™ og QTC™ for single beam ekkoloddkartlegginger av bunntyper. Vi valgte å satse på norske Simrad/Kongsberg Maritime og utstyr og software som de utvikler.

Det har vært gjennomført flere tokt i Oslofjorden med utstyret og innsamlede akustiske data er bearbeidet på Simrad/Kongsberg Maritime. Software for behandling og presentasjon av data er blitt utviklet parallelt med innsamling av felldata de siste to-tre år. Programmene begynner nå å bli brukbare og resultater fra vår akustisk kartlegging ved Kaholmen er blitt presentert på et større internasjonalt møte i Kobe i Japan (Lied et al. 2004).

For praktisk bruk ønsker nå NIVA å benytte (som beta-bruker) programmene som er utviklet, slik at vi selv, uavhengig av Simrad/Kongsberg Maritim, kan gjøre analyser og presentasjoner av data fra nye områder som vi undersøker. Dette vil forutsette at det avsettes tid til opplæring og utprøving av software.

De ulike ekkoloddsystemene som er utviklet for akustisk kartlegging av bunntyper bruker på forskjellig måte den akustiske informasjonen som innsamles. Roxann-systemet var det første systemet som ble brukt i større skala, men evalueringer har vist at systemet ikke er optimalt. Bruk av QTC-systemet har gitt bedre resultater, men det gjenstår fortsatt en del utprøvinger og forbedringer. Simrad/Kongsberg systemet bruker en tredje type analyse av de akustiske signalene og har i liten grad vært testet. For å kunne vurdere hvilke av disse to systemene som gir den mest 'fornuftige' kartleggingen av bunnssubstrat, og i hvor stor grad typen system som anvendes spiller inn på hva slags kartlegging som gjøres, ønsker vi å fortsette utprøving av systemene parallelt. En fordel med Simrad/Kongsberg Maritim-systemet i denne sammenheng er at det kan gjøres samtidig kartlegging i det horisontale og vertikale plan, mens QTC-systemet kun gir et bilde av substrattypen i det horisontale plan. Simrad/Kongsberg Maritim-systemet kan da, ideelt sett, benyttes til å kartlegge både bunntype og andel av påvekstorganismer på bunnen, i noen tilfeller også type påvekstorganismer, f.eks. tare.

Selv om det nå er mulig å gjøre akustisk kartlegging av bunntyper gjenstår mye arbeid for å verifisere inndeling i typer. Dette innebærer at det er behov for videre kartlegging i mange ulike habitatyper og å gjøre 'groundtruthing' i disse habitatene. Det er fortsatt et godt stykke fram til vi kan avgjøre hva slags bunntype vi har (for eksempel sand, sandblandet mudder og mudder) ved bare å se på akustiske klasser. Tilsvarende gjelder for kartlegging på hardbunn og mengde av bunnorganismer som finnes. Dette vil være blant hovedmålene med denne typen arbeid.

Det vil også være nødvendig med en del grunnleggende arbeid for å kunne vurdere i hvor stor grad akustikk kan benyttes til å 'identifisere' ulike organismetyper (for eksempel tare og tang og ålegras). Her vil det være viktig å identifisere optimal instilling av utstyr for kartlegging på ulike dyp og ulike

habitattyper (for eksempel fjell, stein, sand, skjellsand med ulik helningsvinkel). Sammensetning av ekkosignalet som returneres vil variere med slike parametre og kun gjennom praksis er det mulig å vurdere hvor langt det er mulig å komme i kartlegging av bunntyper og bunnlevende organismer.

Vår kyst inneholder svært mange ulike habitattyper og mange steder er disse fordelt som en mosaikk hvor habitattypene endrer seg på korte avstander, gjerne innenfor noen meter. Habitatdata og data om organismer på de ulike habitattypene egner seg godt for GIS-presentasjoner, og det kan gjøres GIS-modelleringer for å vurdere sannsynlig habitattype eller organismetype i nye områder basert på en del grunnleggende informasjon for disse parametrene. Vi ser her for oss en kobling mellom habitatskartlegging, innsamling av organismer og modellering i framtidige kartlegginger, undersøkelser og ved kystsonoplanlegging i våre marine nærrområder.

4.2 Bruk av ROV i kartlegging av bunntyper og bunnorganismer

ROVer finnes i mange ulike størrelser. For den typen bruk som dette prosjektet omhandler er en liten, fleksibel farkost med lave driftskostnader best egnet. Små ROVer kan kjøres med strøm fra aggregat, noen også på batteri. Dette betyr at en ikke er avhengig av strøm fra nettet eller et større moderfartøy. En ROV i mikroklassen, slik den NIVA har, kan kjøres fra land eller fra en lettboat. NIVAs ROV krever et 2 kW strømaggregat, noe som i dag er forholdsvis lett og støysvakt utstyr.

En viktig fordel med videoopptak fra ROV i forhold til *in situ* registrering er at filmen kan spoles tilbake eller stoppes opp og granskes så lenge en har behov for det. En kan når som helst vende tilbake til opptakene for å studere de på ny. Kollegaer med ulik fagbakgrunn kan anvende samme opptak og hente ut informasjon for flere formål.

En annen fordel med ROV er at den kan operere utover de begrensninger som gjelder for dykking. Først og fremst vil en ROV tillate observasjoner dypere enn 24-30 m dyp, som er en vanlig dybdegrense for SCUBA-dykking. En ROV vil heller ikke ha begrenset dykketid, som for SCUBA-dykkere. Det vil si at områder og objekter kan studeres så lenge som det er behov for det, og det er heller ingen begrensning i antall gjentatte 'dykk' i løpet av en dag.

Kvalitet på kameraet i ROVen og lagringsenheten (videorecorder) på overflaten er kritiske komponenter for utbyttet av undersøkelser med hensyn på biologi. Kameraet må ha best mulig bildeoppløsning og fargegjengivelse og opptaksutstyret må gi minst mulig forringelse av bildet, fordi all informasjon skal leses fra bildene. Digitalt opptak er generelt å foretrekke.

- ROVer i mikroklassen er normalt utstyrt med relativt enkel optikk. Dette gir en begrensning i billedkvalitet. I de fleste tilfeller vil det derfor være en fordel å ha mulighet for å ta stillbilder av bedre kvalitet med et separat digitalkamera montert i ROVen. NIVA planlegger installasjon av eget digitalkamera i sin ROV. For videofilming er vår erfaring at en vidvinkellinse med kort nærgrense er å foretrekke.
- Det er viktig å ha en god skjerm å se på under kjøring av ROVen. Det er kun under kjøring det er mulighet for å gå nærmere motivet, endre vinkel på kamera etc. for å kunne se og identifisere organismer best mulig. Med dårlig oppløsning på skjermen er det vanskeligere å gjøre slike justeringer og behovet blir ikke tydelig før senere gjennomgang av opptakene på en bedre skjerm.

Siden en ROV normalt ikke er konstruert slik at den kan endre sin helningsvinkel i horisontalplanet så er mange farkoster utstyrt med et kamera som kan beveges opp og ned. Dette er ønskelig siden det gir en stor grad av fleksibilitet, en kan f.eks inspisere bunnforhold ved å kjøre over bunnen med kamerat

pekende ned mot bunnen. Vår ROV har en slik mulighet, men vi har erfart at en lykt som følger kamerats bevegelser også er en stor fordel.

Fotografering og filming i akvatiske miljøer stiller høye krav til lyssetting. For å få tilfredsstillende kvalitet må lyset være tilstrekkelig sterkt, samtidig som det skal spre godt. Ved å sandblåse glasset på lyktene på vår ROV har vi oppnådd en god spredning av lysstrålen, og fikk samtidig et diffust lys som bidro til økt billedkvalitet. Det er også en forutsetning at lysstyrken kan reguleres slik at gode opptak kan gjøres i ulike avstand til motivet. Vi har en viss mulighet for regulering av lysstyrke på vår ROV, men ny teknologi som HID- og LED-pærer vil sannsynligvis være velegnet for enda bedre lyssetting under vann.

Ved våre ROV-registreringer har vi savnet muligheten for å bedømme størrelse på organismer og andre strukturer i bildet. En vanlig metode til å angi størrelse ved undervannsfilmning er å benytte to parallelle laserstråler med en kjent avstand. Dette gir to laserprikker i bildet som har tilsvarende avstand. Slikt utstyr vil i nær fremtid bli montert på NIVAs ROV, og vil være til stor nytte ved vurdering av størrelser og avstand.

4.3 Satellittdata og flyfoto

Generelt er det liten erfaring med bruk av satellittdata og flyfoto ved kartlegging av bunntyper og bunnorganismer, men begge metodene er vurdert til å ha et potensiale innenfor denne type undersøkelser. Innenfor REMOTS-prosjektet er det bare gjort en enkel vurdering av egnetheten av fly- og satellittdata i kartlegging og overvåking av bunnhabitater. På NIVA har det imidlertid over flere år foregått utvikling og forskning rundt bruk av satellittdata for overvåking av forhold i åpne vannmasser (Sørensen et al., 1991, 1993, 1998; Aas og Sørensen 1995; Doerffer et al. 1999)), mens anvendelsen for overvåking av bunnforhold ikke har vært prøvd ut. Dette har til stor del hatt sammenheng med den grove oppløseligheten på de operative oseanografiske satellittene, mens de mer høyoppløselige jordressurssatellittene (Landsat og Spot) ikke har vært tilpasset de lave signalene man har fra havet, samt at de har vært kostbare i bruk. I den siste tiden har nyere satellitter med høyere oppløselighet (< 5 meter) blitt tilgjengelig slik at egnetheten for bunnundersøkelser har blitt bedre. I årene fremover vil det på NIVA foregå videreutvikling av moderne teknologiske overvåkningsmetoder på fjernmålingsiden og prosjekter som ser på muligheten for å kartlegge bunnhabitater med fjernmålingsmetoder kan da initieres. Det er hos Norsk Romsenter vist interesse for å utvikle slike metoder gjennom nasjonale prosjekter når man ser klare bruksområder og sluttbrukere for dem.

Flyfotografering vil i enkelte sammenheng være en godt egnet fjernmålingsteknikk ved bunnundersøkelser. I Norge er det kun bunnområder grunnere en 10m dyp som er aktuelle for flyfotografering. I Skagerakk vil dybdeområdet være enda mer begrenset. REMOTS-prosjektet har vist at utbredelsen av tare ned til 8-10m dyp vil kunne overvåkes ved bruk av flyfotografering. Tareskogen i nord-Norge er sterkt redusert ved beiting fra kråkeboller og effektiv overvåking av denne naturtypen er derfor et aktuelt tema. På svenske vestkysten har utbredelsen av opportunistiske alger i grunne bukter i en årrekke blitt overvåket ved flyfoto (Jenneborg & Thorsell 2004) og denne metodikk er direkte overførbart til norske forhold.

5. Referanser

Aas E. & K. Sørensen, 1995. Field observations of the relation between satellite and sea radiance in coastal waters. *Applied Optics*, Vol 34, No. 24 August 1995.

Ackelson S. G., 2003. Light in shallow waters: A brief research review. *Limnology and Oceanography*, vol 48.

Christie H. & T. Bekkby, 2002. Resultater fra prosjektet "Gjenreisning av tareskog på Helgelandskysten". Doerffer, R., Sørensen, K., and Aiken, J. 1999. MERIS: Potential for coastal zone application. *International Journal for Remote Sensing*, 1999 vol 20, no 9. 1809-1818.

Galloway J.L. & W.T. Collins, 1998. Dual frequency acoustic classification of seafloor habitat using QTC View. *Oceans'98, IEEE, Nice, France*.

Jenneborg M. L. & J. Thorsell, 2004. Utbredning och biomassa av fintrådig grönalger i grunda vikar utmed Bohuskusten år 2004. *HydroGIS AB, rapport 380*.

Lied T.T., Walday M., Olsgard F., Ellingsen K., & S. Holm, 2004. SEABEC – a single beam echo sounder seabed classification system. *Proceedings Oceans'04, IEEE, Kobe, Japan*, pp. 2024-2028.

Pasqualini V. et al., 2005. Use of SPOT 5 for mapping seagrasses: An application to *Posidonia oceanica*. *Remote Sensing of the Environment*. Vol 94.

Sørensen K., Faafeng B. & S.R. Erga, 1991. Remote sensing of water quality. An evaluation on the use of satellite and airborne sensors for monitoring of water quality. *NIVA-report 2567*.

Sørensen K., Aas E., Faafeng B. & T. Lindell, 1993. Fjernmåling av vannkvalitet - Videreutvikling av optisk satellittfjernmåling som metode for overvåkning av vannkvalitet. *NIVA-rapport 2860*

Sørensen K., Severinsen G., Johnsen T.M., Golmen L. & T. J. Oredalen, 1998. Fjernmåling av vannressursene i Rogaland - Satellittfjernmåling av vannkvaliteten i Boknafjordområdet. *NIVA-rapport 3893-98*.