

Bredbåndsakustikk øker kvaliteten på mengdemålingene våre – på sikt kan det gi bedre kunnskap om økosystemene

Neste generasjon ekkolodd bruker bredbåndsmetodikk. Oppløsningen på registreringen er vesentlig bedre enn dagens, og den nye teknologien vil gi langt sikrere akustiske mengdemål av fisk og dyreplankton, særlig når forekomstene er blandet og tolkingen usikker.

EGIL ONA | egil.ona@imr.no, og ROLF J. KORNELIUSSEN

Forskere og fiskere bruker ekkolodd til å mengdemåle og kartlegge fiskebestander og til å velge ut fisk før fangsting. Havforskningsinstituttet har kartlagt fiskebestander med ekkolodd siden 1935, og har lenge samarbeidet med utstyrsindustrien for å videreutvikle utstyr og målemetodikk. I dag blir dette brukt til årvisse mengdemålinger av våre viktigste pelagiske fiskeslag og som støttemålinger i mengdemålinger med annen metodikk. Utstyret og metodene blir også brukt internasjonalt i alle havområder. Ekkoloddene og prinsippene som benyttes her er naturlig nok begrenset av fysiske lover for lyd i sjø, men over tid tas den forbedrede elektronikken og den økte tilgangen på datakraft i bruk i nye systemer.

Kan skille mellom ulike fiskearter

Dagens ekkolodd sender ut bare én frekvens. Det kan gi et godt bilde av tetthet, styrke og hvor i sjøen fisken eller målet står, men informerer bare i begrenset grad om målets refleksjonsegenskaper.

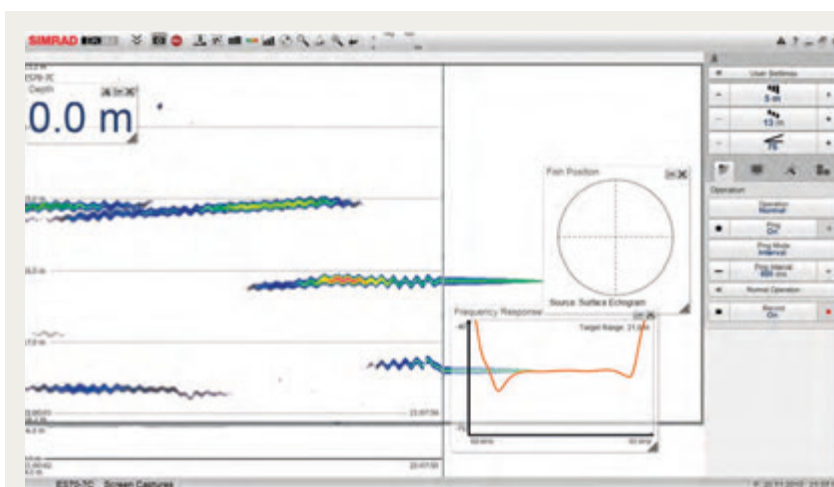
Hvis vi derimot bruker mange ekkolodd som sender samtidig, men med ulik frekvens, kan vi observere at ulike fiskeslag og for eksempel dyreplankton gir svært forskjellige ekkorespons eller frekvensrespons. Dette betyr at ekkone, og derved ekkogrammet, er annerledes på ulike frekvenser, og dermed overføres mer informasjon om målets størrelse, oppførsel eller kroppsphysiologi til observatøren om bord som skal tolke dataene. Vi har på en måte fått fargesyn. Multifrekvensanalyse med opptil seks frekvenser blir derfor brukt på tokt i dag. Slik kan vi skille sild, makrell, lodde, tobis og enkelte dyreplanktongrupper som krill og raudåte direkte på nye, syntetiske ekkogrammer. En datamaskin analyserer alle

ekkoagrammene samtidig, og sammenligner ekkoresponsen med et kjent materiale. Vi har derved trent datamaskinen opp til å kunne skille mellom disse artene. Vi har likevel bare punktmålinger i ekkospekteret fra de seks valgte frekvensene, og ingenting imellom.

Prøver ut bredbånds-ekkolodd

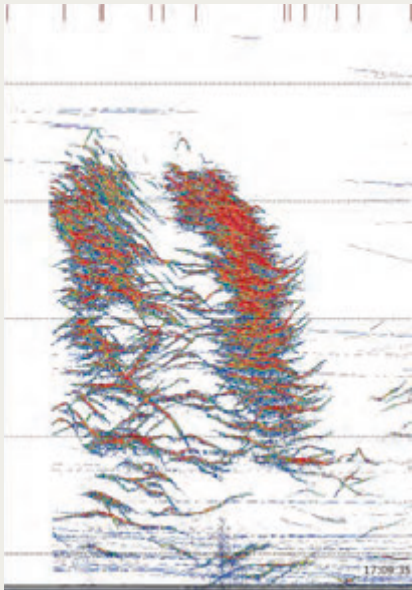
I et nytt ekkoloddprosjekt har vi prøvd ut enda en ny måte å sende ut ekkoloddssignalet. Denne måten ligner mer på det vi gjør når vi synger eller det hvalene gjør når de inspiserer byttet; nemlig å sende et frekvensmodulert signal ut på svingeren (senderen) noenlunde samtidig eller i en kort puls. En ”chirp” betyr en lydimpuls der frekvensen varierer over tid, og kan

oversettes til et kvitter fra en fugl. Her er det selve svingeren som er begrensningen, fordi den normalt er konstruert for å ha høy ytelse på en spesiell frekvens. Effektiv båndbredde er det som definerer frekvensbåndet svingeren kan sende over med høyt lydtrykk – på samme måte som vi definerer stemmegrupperne i et kor. Ytelsen, gitt ved signal/støyforholdet av et eventuelt ekko, blir fort dårligere i ytterkanten av spekteret (som når basen prøver seg på sopranstemmen eller omvendt). Husk at svingeren her både skal produsere lyd og – rett etterpå – fungere som et øre; som en mikrofon. Ytelse og sensitivitet vil gi det endelige produktet, altså signalet, inn til ekkoloddet.



Figur 1. Ekkogram av oppløste forekomster av lysprikkfisk på 200 meters dyp med frekvensrespons fra 65 til 85 kHz. Osterfjorden, november 2010.

Echogram of resolved concentrations of myctophids at 200 meters depth with the frequency response from 65 to 85 kHz. Osterfjord, November 2010.



Figur 2. Oppløste stimer av sei på 40 til 100 meters avstand fra sonden.
Resolved schools of saithe at 40 to 100 meters range from the sonde.

Ekkoloddsvingerne på de høyeste frekvensene vi bruker, fra 70 kHz og oppover til 333 kHz, er allerede konstruerte for å kunne sende i et rimelig bredt frekvensspekter. Derfor var det naturlig først å fokusere på disse siden de er best egnet for målinger av dyreplankton på litt kortere avstander.

Trengte nye kalibreringsmål

Før vi kan bruke ekkoloddene til mengdemålinger, må de kalibreres. Etter 1980 har dette vært utført med såkalte standardmål. For eksempel har vi brukt en kule av kopper på nøyaktig 60 mm diameter, som senkes til omtrent 20 meters dyp under fartøyet. Ekkot registreres når kulen henger midt i ekkoloddstrålen og sammenlignes med en kjent verdi. For å få et stabilt ekko over hele bredbåndet måtte vi nå utvikle nye kalibreringsmål. Både strålebredde og ekkonivå vil variere med frekvens, og for at brukeren ikke skal bli belemret med alle variablene, ville det være best å fjerne dem i en standard kalibreringsprosedyre. Enkelt sagt ville vi at når målet blir observert inne i den smale ekkoloddstrålen, så skulle den reelle ekkoresponsen kunne måles direkte – uavhengig av målets posisjon inne i strålen.

Chirp gir mye bedre oppløsning

Den romlige oppløsningen til dagens fiskeri-ekkolodd er begrenset av varigheten på den utsendte lydimpulsen og åpningsvinkelen til strålen. En typisk lydimpuls som vi bruker på tokt på for eksempel 38 kHz

varer i et millisekund (1/1000 sekund), noe som gir en romlig oppløsning på om lag 0,75 m i dybderetningen inne i strålen. Fisk som står nærmere hverandre enn dette vertikalt, vil bli oppfattet som ett ekko, blandet. Grunnleggende fysiske prinsipper sier imidlertid at romlig oppløsning er begrenset av bølgelengde, ikke av pulslengden. Bølgelengden er ca. 3 mm for 450 kHz og 3 cm for 50 kHz.

Dersom vi nå sender et signal som starter med en lav frekvens og øker jevnt mot slutten av pulsen, en chirp, så kan signalbehandling gi mye bedre oppløsning. Ved å sammenligne utsendt puls med mottatt ekko (= pulskompresjon i signalanalyse) er det mulig å oppnå en romlig oppløsning som er nær den minste bølgelengden i pulsen. I praksis betyr dette at vi nå kan oppløse enkeltfisk i mye tettere registreringer enn før, men fremdeles begrenset av strålebredden. Når pulsvolumet er lite, kan vi i noen tilfeller også se enkeltindivider av dyreplankton på kortere avstand.

Vil måle i hele vannsøylen

Hvis vi skal se dypt med ekkolodd må vi bruke lave frekvenser. Det er fordi absorpsjonen er lav for disse, mens effektiv rekkevidde for høyfrekvente ekkolodd fort blir begrenset til ca. 200 meter (200 kHz) eller 50 meter (500 kHz) når vi er interessert i ekkoet fra små mål i vannsøylen, og ikke bare i å måle avstanden til det kraftige ekkoet fra bunnen. Når vi skal måle i hele vannsøylen samtidig med flere ekkolodd over hele spekteret, er det de høyfrekvente ekkoloddene som setter begrensninger for rekkevidden. Ved å bygge ekkoloddene inn i en trykksterk sonde (probe) og senke både ekkolodd og svingere ned til registreringene, kunne vi dra fordel både av den høye pulsopløsningen og arealet som ble belyst av strålen, slik at pulsvolumet er lite og veldefinert. Sonden har fiberoptisk kabel for full datakommunikasjon til overflaten, slik at alt som observeres der nede blir vist direkte om bord. Ved å observere bare til om lag 50 meter under eller til siden kan vi bruke høy ping-rate eller sende ny puls fem til ti ganger per sekund, og samtidig ta stereo-bilder av registreringen. Såkalt probing av vannkolonnen fra overflaten til bunnen med akustikk har vist seg å gi flotte bilder og tetthetsmål av vertikalfordeling av fisk og plankton. Siden det meste er oppløst i enkeltmål, vil størrelsesmåling av fisk vertikalt bli enklere og mer nøyaktig enn fra skipets ekkoloddssystemer.

Artsidentifisering

De beste metodene for akustisk artsidentifisering er per i dag basert på multifrekvensanalyse. Ofte er det et begrenset

frekvensområde som er mest effektivt for å identifisere en bestemt art, men dette frekvensområdet er forskjellig fra art til art. For identifikasjon av makrell er det mellom 70 og 200 kHz som er best, mens det for tobis er mellom 18 og 70 kHz. For sikker identifisering av mange arter bør derfor et bredt frekvensområde dekkes, men samtidig bør det ikke være for langt mellom frekvensene. Dersom man er riktig uheldig kan frekvensene være plassert på en slik måte at det er vanskelig å identifisere en bestemt art. For enkelte dyreplankton kan faktisk både størrelse og artsgruppe bestemmes, men det har vært vanskelig å få nok frekvenser til sikker størrelsesbestemmelse. Bredbånddata dekker hele frekvensområdet kontinuerlig, så artsidentifiseringen blir sikrere enn før. Det gjelder også størrelsesmålingen av dyreplankton.

Nytteverdi og anvendelse

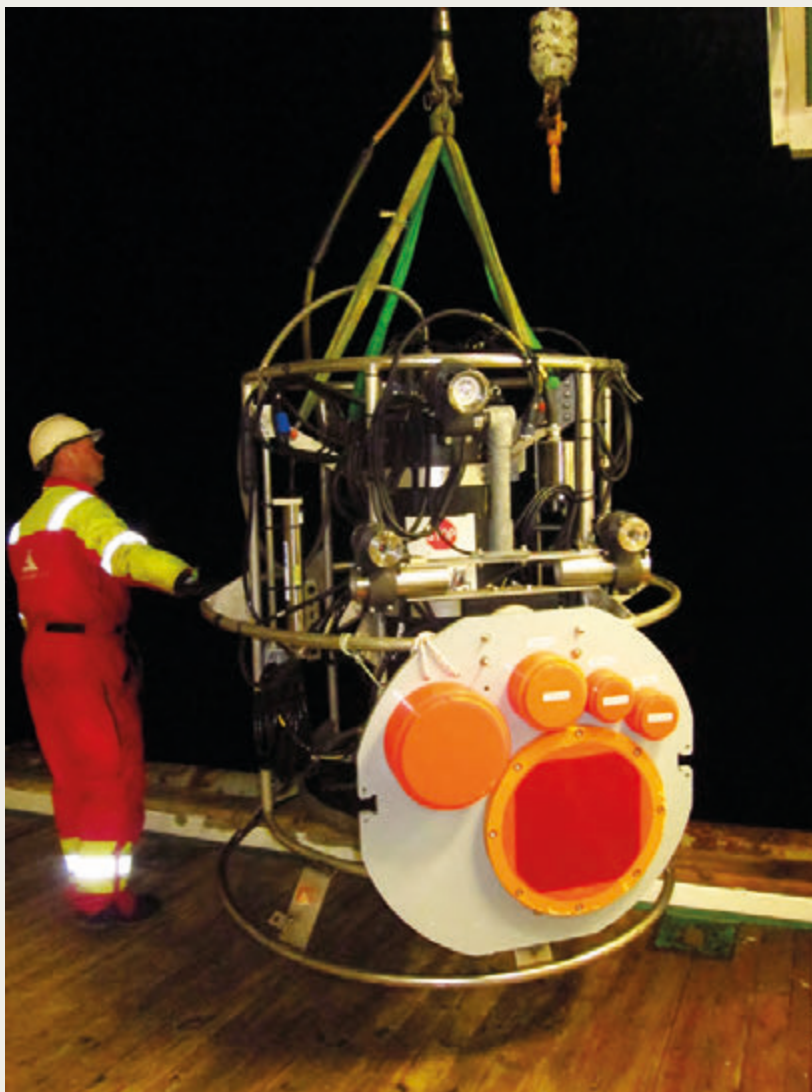
Ny bredbåndsekkoloddmetodik vil forbedre dagens akustiske mengdemål av fisk og dyreplankton, særlig der forekomstene er blandet og tolkingen er usikker. Oppløsningen av registreringene er vesentlig bedre med ny signalbehandling, og metoden for akustisk størrelsesmåling av fisk vil bli sikrere. Dette vil også gi bedre data til fiskerne, som ofte ønsker å fiske på bestemte størrelser. For økosystemundersøkelser vil en bygge videre på et utvidet sonde-system, der tettheten av ulike organismer kan måles akustisk i hele vannsøylen ved å montere bredbåndsekkolodd på en slags CTD, som i dag bare måler temperatur og saltholdighet idet den senkes gjennom vannsøylen. Trykkmessig kan dagens ekkoloddssystem på sonde tåle om lag 1500 meters dyp.

New broadband acoustics improve the quality of our fish abundance estimates – and may give better future knowledge in ocean ecosystems

Next generation echo sounders use broadband methods. The resolution is significantly better and will improve acoustic density estimates of fish and zooplankton, particularly in volumes where the organisms are found in mixed concentrations and the scrutinizing is uncertain. The basic principles and advantages over single and multi-frequency are briefly described with some examples from a recent, three years research project exploiting this new method.

Figur 3. Ekkolodd-sonde med fire bredbåndsekkolodd, 70, 120, 200 og 333 kHz, som sammen dekker frekvensbåndet 60–450 kHz. Bildet er fra kalibreringsmålinger.

Echo sounder sonde with four broadband echo sounders, 70, 120, 200 and 333 kHz, covering the frequency band 60 to 450 kHz. Picture from calibration measurements.



FAKTA

Litt resultater fra ekkoloddprosjektet

Prosjektet har gjennomført tre forskningstokt, der det nye ekkoloddet er testet ut på konsentrasjoner av krill, mesopelagisk fisk og mindre registreringer av sild, sei og kolmule. Det er også gjennomført kontrollerte målinger av krill i en 800 m³ stor måletank på Forskningsstasjonen Austevoll.

Fire enheter som er montert i en trykksterk tank i en sonde dekker kontinuerlig et frekvensområde fra 50 kHz til 450 kHz. Dataopptak fra sonden på dyptet krever optiske kommunikasjonslinjer. Det skyldes de store datamengdene fra ekkoloddene; hvert system må levere 500 ganger mer datamengde enn et tilsvarende én-frekvens forsknings-ekkolodd.

Ekkorespons fra enkeltdyr og stimer er målt for krill, laksesild, mesopelagisk fisk, sild, sei og kolmule, og vil bli

brukt for å lage identifikasjonssystemer for disse. Metoder for kalibrering av ekkoloddene er ferdig utviklet, og selve ekkoloddet er ombygget fra prototype til kommersiell versjon i løpet av prosjektperioden. Det er utviklet prototype analysesystemer for bredbåndsdatta, hovedsakelig i programsystemet MatLab, men her gjenstår en del arbeid før metoden kan tas i bruk på regulære tokt. Det kommersielle produktet EK80; neste generasjons ekkolodd, blir markedsført av Simrad høsten 2014.

Både isbryteren Kronprins Haakon og det nye forskningsfartøyet Dr. Fridtjof Nansen, som begge er under bygging, vil få installert slike ekkolodd. Siden ekkoloddet kan sende flere typer pulsformer, kan en i starten også bruke gammel metodikk ved å simulere en standard EK60.

