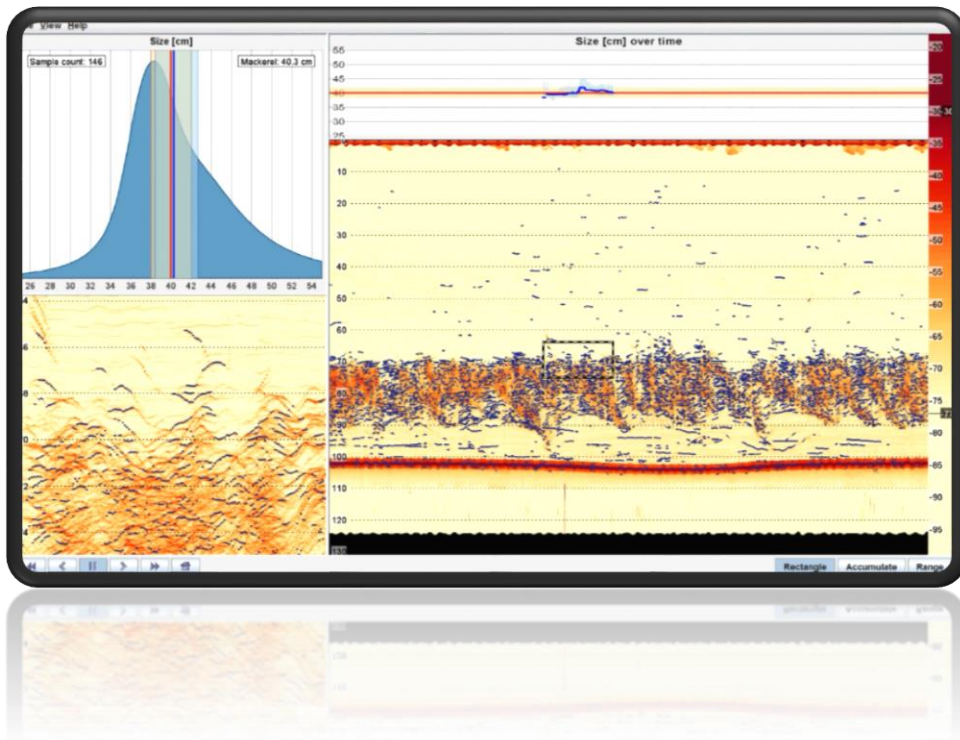



# Sluttrapport

## SLUTTRAPPORT FOR DABGRAF;

Datafangst, beregnings og grafisk presentasjons-verktøy for størrelsesmåling av fisk med bredbåndsekkolodd



*Denne fylles ut ved behandling.*

<b>Prosjektnummer</b> FHF 900774	<b>Journalnummer</b>	
<b>Behandlet dato:</b> 23.03.2017	<b>Behandlet av / Prosjekteier:</b> Rolf Korneliussen (HI)	<b>Utarbeidet av</b> Egil Ona
<b>Beslutning:</b>  <Godkjent/ikke godkjent>		
<b>Signatur (prosjekteier)</b> 		

## Contents

1. Kort sammendrag.....	4
2. Innledning.....	5
3. Problemstilling og formål.....	8
3.1. Virksomhetsmål.....	8
3.2. Effektmål.....	8
3.3. Resultatmål.....	9
4. Prosjektgjennomføring / avvik .....	10
5. Oppnådde resultater, diskusjon og konklusjon.....	10
6. Viktige Leveranser.....	12
7. Vedlegg .....	13
8. REFERANSER.....	15

# 1. KORT SAMMENDRAG

Bakgrunnen for DABGRAF prosjektet var at Havforskningsinstituttet og Simrad nettopp hadde utført et NFR prosjekt, WESTZOO (Exploiting new wideband echo sounder technology for zooplankton characterization, sizing and abundance estimation), for utvikling og utprøving av bredbåndsekkolodd for måling av dyreplankton og fisk. En hadde allerede sett i WESTZOO prosjektet at ekkoloddet hadde et stort potensiale på oppløsning av fiskeregistreringer og stimer på grunn av nye signalbehandlingsmetoder, såkalt pulskompresjon eller «matched filters» metoder. Med et moderne splittstråle ekkolodd, som direkte kan måle ekkostyrken til enkeltmål når ekkoloddet er kalibrert, kunne en nå i tillegg løse opp registreringer og måle frekvensrespons til målet innenfor ytelsen av systemet i frekvensdomenet. DABGRAF prosjektet skulle undersøke om det var mulig å oppløse stimer av pelagisk fisk på en slik avstand at når en typisk ringnot fartøy sirkler rundt stimen, uten å gå over den.

Hvis dette var mulig, kunne en hente ut enkelfisk-ekko i kanten av stimen, for vurdering av fiskestørrelse?

Videre, siden denne informasjonen må hentes ut nesten i sann tid, for eksempel med noen sekunders forsinkelse, er det mulig å hente ut dataene fra ekkoloddet i nær sann tid, utføre beregninger, og vise resultatene på en skjerm i form av en størrelsesfordeling?

Ønsket fra ringnot-fiskerne i styringsgruppen var å hente ut størrelsesinformasjon før kasting, og helst med måling fra siden, slik at fartøyet ikke må passere stimen med vertikale ekkolodd før kasting.

Prosjektet passet veldig godt inn i formålet for CRISP programmet, der en av arbeidspakkene skulle utvikle utstyr for analyser av stimer med sonar for å innhente før-fangst (pre-catch) informasjon.

Prosjektet startet opp med prototype versjoner av bredbåndsekkoloddet Simrad EK80 med utprøving av metoden med standard splittstråle svingere med  $7^\circ$  åpningsvinkel. En innså imidlertid allerede på de første to utprøvingstoktene at en måtte utvikle en svinger med høyere oppløsning, ned imot  $2.5^\circ$  for å kunne løse opp sildestimer på 80 – 100 meters avstand. Dette er hovedsakelig bestemt av tettheten i stimen. Utviklingen av selve regnemetoden og programvare for visning og størrelsesmåling kunne likevel gå parallelt, mens vi ventet på at den nye svingeren og på at EK80 ekkoloddet skulle bli ferdigstilt. Nye, robuste metoder for kalibrering av bredbåndsekkolodd ble også utviklet parallelt i denne ventetiden. Nye dataopptak med ny svinger fastmontert på senkekjølen på G.O.Sars viste at oppløsning graden nå var tilfredsstillende, men at det ville være en stor fordel å kunne tilte denne opp og ned i vertikalplanet for å treffe stimen skikkelig. Ny, motorisert svinger ble installert for de siste to utprøvingstoktene med godt resultat. Programvare for visning og størrelsesmåling av fisken var nå ferdig fra CMR og viser rimelig nøyaktig beregning av stor, 35 cm makrell og for voksen sild over 30 cm. Systemet er nå klart for validerings-målinger imot fisk av ulik størrelse. For å kunne montere svingeren på fiskefartøy må en modifisere innfestingen, og konstruere en ny tilt-enhet for denne. Alternativt, men dyrere, må svingeren rekonstrueres slik at strålen kan elektronisk kan vrides nedover til ca.  $-20$  grader. Begge løsninger blir nå vurdert sammen med industripartner.

Nytteverdi og anvendelsespotensiale er fremdeles stort for pelagisk flåte, særlig i år der det er stor forskjell mellom fiskestørrelse i stimer på samme fangstfelt. Dette skjer ikke hvert år, men særlig når nye, sterke årsklasse blir rekruttert inn i selve fisket, både for makrell og sild.

*(Short summary, English) The background for the DABGRAF project was that IMR and Simrad had just conducted a project financed by the Norwegian Research Council (NRC), WESTZOO, "Exploiting new wideband echo sounder technology for zooplankton characterization, sizing and abundance estimation" for development and testing of new broadband echo sounder methods for measuring zooplankton and fish. We had already seen in the previous project that the system could have a great potential for resolving fish concentrations and shoals due to the new signal processing techniques; the pulse compression or matched filter methods. With modern split-beam echo sounders, which can directly measure the echo strength of*

single targets when system is calibrated, we could now additionally resolve the registration and measure the frequency response of the single targets within the limitation of the system in the frequency domain. The DABGRAF project should examine whether it was possible to resolve single targets at the borders of schools of pelagic fish at a typical distance used by purse seiners when inspecting the school by encircling it before catching.

If this was possible, could we pick out single fish-echoes in the edge of the shoal, and use this information for assessing the fish size?

Furthermore, since this information must be extracted almost in real time, it is possible to extract data from a broadband system in near real time, perform computations, and display the results on a screen in the form of a size distribution?

There was a strong wish from the purse-seine industry (steering group) that the system should be able to extract size information from the school before catching the school by lateral observations, so that the vessel does not need to pass over the school and disturb the school before setting the purse seine.

The project matched very well with the goals of CRISP research program, where one of the work packages should develop equipment for analyzing shoals with sonar for obtaining better pre-catch information on actual biomass for the skipper.

The project started with prototype versions of echo sounder Simrad EK80 with the intention of using the standard split beam transducers with 7° opening angle. One realized, however, already in the first two trial surveys that the development of a new transducer with higher resolution, towards 2.5 degrees opening angle was needed to resolve the herring schools at a distance 80-100 meters. The development of the recording, computational methods, and software for viewing and sizing could still go on in parallel, while we waited for the new transducer and the EK80 echo sounder to be commercially completed from Simrad. New, robust methods for calibration of broadband systems was also developed in parallel in this period. New data recordings with the new transducer permanently mounted on the drop keel G.O.Sars showed that resolution capacity was now satisfactory, but that it would be a great advantage to be able to tilt the transducer vertically for hitting the schools properly. A new, motorized tilt/pan unit were installed for the last two trial surveys with good results. Software for viewing and size measurement of the fish was now finished from CMR and shows reasonably accurate sizing of large, 35 cm mackerel and for adult, 30 – 35 cm herring. The system is ready for further validation measurements on target fish of different sizes. For mounting the new transducer on fishing vessels, a new transducer mounting arrangement must be made, and a different tilt unit for this mounting must be made, since the transducer blister or drop keel cannot be reached at sea on these vessels, like on G.O.Sars. Alternatively, but more expensive, is to evaluate if the vertical tilting can be made electronically from a new, rebuilt transducer. This may facilitate a much simpler mounting arrangement. Both solutions will be evaluated together with the industry partner.

## 2. INNLEDNING

Størrelsesmåling av fisk med akustisk utstyr baserer seg i dag på flere prinsipper. Første forutsetning for korrekt målstyrkemåling (måling av ekkot fra enkeltfisk) er at ekkoloddet fysisk klarer å løse opp registreringen, eller deler av denne, i enkle mål.

Parameterne som inngår her er: Volumtettheten av fisk (antall/ m<sup>3</sup>), Strålebredde (åpningsvinkel i grader), Pulselengde (utsendt fysisk lengde av ekkopulsen), (ms, millisekund), Avstand til målet (r, meter). For at målstyrkemålingen skal bli nøyaktig må ekkoloddet løse opp registreringen i enkle mål slik at sannsynligheten for at innebygde filtersystemer ikke feilaktig aksepterer ekkot fra to eller flere individer som ett mål er veldig liten. Ulike metoder for sikker målstyrkemåling av fisk med splittstråle ekkolodd er beskrevet i ICES CRR 235: (Ona, 1999).

Oppløsningsgraden kan derved økes ved å redusere strålebredden, ved å redusere pulslengden, eller ved å redusere avstanden til målet. For forskningsmessige målinger er de fleste problemene løst ved å sende alt utstyret ned i registreringen, veldig nær målet, og måle på under 25 meters avstand, men samtidig på så lang avstand at målet ikke merker eller reagerer på måleutstyret. Rimelig tette forekomster av fisk lar seg derved oppløse i enkeltmål med slik metodikk.

I aktivt fiske er dette ikke praktisk mulig, og en ønsker å kunne hente ut enkeltmål fra rimelig tette forekomster, stimer og slør, i avstander på om lag 100 meter, gjerne sett fra siden, slik at fartøyet ikke behøver å passere rett over stimene.

I et nytt forskningsprosjekt for mengdemåling og målstyrkemåling av dyreplankton (krill, amfipoder og rauåte), WESTZOO (HI-12199, NFR 190318/S40): "Exploiting new wideband echo sounder technology for zooplankton characterization, sizing and abundance estimation" har det blitt utviklet et nyttsplittstråle ekkolodd som ikke bare sender en frekvens per ekkolodd, men som kan sende flere frekvenser samtidig, inne i samme sendepuls. Metoden blir kalt bredbånds-akustikk, og vil antagelig revolusjonere ekkolodd og sonar-systemer i årene fremover.

Spesielt har vi sett at signalprosesseringen gir betydelig gevinst i romlig oppløsning, men også mer informasjon om målet i frekvens-området (om ekkoet har like sterkt ekko på alle frekvenser, eller om det har stigende eller fallende" ekkorespons"). Tidligere (Horne, 2000; Korneliussen & Ona 2002;2003; Johnsen et al. 2009; Korneliussen et al, 2008; 2009) har vi sett at dette inneholder informasjon om art og til dels størrelse. Dette betyr at dersom vi kan løse opp registreringen i enkeltmål, så kan vi bruke både målstyrke (styrken av ekkoet) og frekvensrespons til arts-identifikasjon, men også til størrelsesmåling.

Hittil har vi i forsknings-sammenheng konsentrert innsatsen på å måle fisken ovenfra, dvs. i den retningen ekkoloddet vanligvis ser fisken ifra, siden det er ekkostyrken i denne retningen vi er interessert i når bestandene måles med ekkolodd. Målstyrkemåling, eller måling av ekko fra enkeltfisk er derfor en egen disiplin innenfor fagfeltet akustisk mengdemåling, og nytt formelverk for beregning av målstyrken for ulike arter, og størrelser oppdateres stadig i den vitenskapelige litteraturen.

I praktisk fiske vil derfor akustisk størrelsesmåling av fisk for bunnfisk kunne trekke veksler på nye, moderne vitenskapelige måstyrkemålinger, og for mange arter er her også oppløsningsgraden stor nok fordi volumtettheten ofte er rimelig lav.

For stimende fisk må en imidlertid tilpasse metodene til tetthet og avstand, og den nye ekkoloddmetodikken er svært lovende med hensyn på oppløsningsgrad, som er den første forutsetning for hele målingen. En kompliserende faktor i regnestykket mellom ekkoet og fiskestørrelse ligger i selve refleksjonen av lyd fra fisken selv. For fisk med svømmeblære, som torsk, sild, lodde, kolmule og taggmakrell, er det svømmeblæren som gir om lag 90% av ekkoet, mens ryggrad og kjøtt utgjør resten. For makrell og tobis, uten svømmeblære, er det kjøttet og ryggraden som gir ekko, og de er derfor ofte litt vanskeligere å måle fordi de er svake akustiske reflektorer.

En ytterligere kompliserende faktor er at ekkoet fra en gitt fiskestørrelse er svært avhengig av den retningen den innkommende lydimpulsen treffer målet i. Dette avhenger av forholdet mellom målets størrelse og bølgelengden, eller frekvensen. På samme måte som svingeren på fartøyet er direktiv (sender mest lyd i en bestemt retning), så er ekkoet fra en fisk også direktivt. Direktiviteten eller kompleksiteten i spredemønsteret øker med fiskestørrelse og med frekvens.

Praktisk sett betyr dette at en fisk av en bestemt størrelse kan gi et ekko som er ganske variabelt, og varierer typisk med  $\pm 20$  dB, eller at forskjellen mellom største og minste ekko er 100 ganger, og til og med 1000 ganger. Ekkostørrelse, eller målstyrke er derved ikke et direkte mål for størrelse, og mange målinger (>500) trenges for å stabilisere målingen.

Videre vil akustisk målfølging, ”target tracking” implementeres for å hente ut mange data fra et og et fiskespor, som også videre kan brukes for å beregne hvilken vinkel pulsen treffer fisken, eller den orienteringsvinkelen til fiske relativt svingerflaten.

Målingene vi ønsket å gjøre kan derved sammenfattes slik:

- Med en smal stråle, åpningsvinkel 3 grader (imot ca. 7 grader nå), skytes chirp (Frekvens-modulert, FM puls med stigende frekvens) pulser inn imot stimen, horisontalt, fra siden på 50 – 100 m.
- FM pulsene på eksisterende utstyr har typisk en båndbredde på om lag 50% av senterfrekvensen. Dvs. 200 kHz vil kunne arbeide fra om lag 160 kHz til 270 kHz.
- Pulskompresjon eller ”matched filter” metodikk brukes for å øke romlig oppløsningen i ekkoe.

Nytt bredbåndsekkolodd er utviklet ved Simrad/Kongsberg og utprøvd i NFR prosjektet WESTZOO. Basert på ny signalprosesserings-metodikk vil ekkoloddet gi langt høyere oppløsning av enkeltfisk i stimer enn tradisjonelle ekkolodd, og gi mer informasjon i frekvensspekteret som kan benyttes til mer presis størrelsesmåling. Dette er svært aktuelt i CRISP-programmet ([www.imr.no/CRISP](http://www.imr.no/CRISP)) CRISP (HI-13850, NFR-203477/O30): ”Centre for Research-based Innovation in Sustainable fish capture and Processing technology” der nye metoder for størrelsesmåling er en hovedmålsetning for en av arbeidspakkene, både på fisken før kasting, og rett etter kasting inne i nota, før trenging. Fisken skal nå måles i horisontalmodus, dvs. fra siden, og dette kompliserer målingen litt i forhold til måling fra ryggsiden, slik som normalt med ekkolodd.

CRISP prosjektet tar ikke høyde for utvikling av dataverktøy for rask visning av resultatene, (nær sanntid) og til dette trengs det tilleggsfinansiering. DABGRAF Prosjektet blir en videreutvikling av LSSS (etterprosesserings system for forskere), SEAT (multifrekvens arts-identifisering av stimer for fiskere), men skal nå arbeide imot enkeltfisk med samtidig målfølging av mange fisk i utkanten av stimen.

Prosjektet vil, etter det vi kjenner til, ha god forankring i FHF sin handlingsplan for et mer bærekraftig fiske, med mindre skade på ressursene fra selve fisket. (forhindre slipping etc.). Prosjektet vil først forsøke å størrelsesbestemme fisk for pelagisk sektor, på kort avstand til fisken. Senere kan det bli aktuelt å utvide prosjektet til bunnfisk og for ekkolodd med lengre rekkevidde. Metoden har i dag praktisk rekkevidde på 200 – 300 m. Prosjektet har god forankring i HI’s forskningsstrategi for nøyaktig akustisk mengdemåling av fiskeressurser.

Arbeidet er foreslått inndelt i 5 arbeidspakker, der arbeidet er prøvd å deles naturlig mellom CMR og HI.

Prosjektet har blitt utviklet i arbeidspakker: (se søknad for innholdsbeskrivelse i arbeidspakkene og ansvarsforhold).

ARBEIDSPAKKE 1: Kunnskapsgrunnlag

ARBEIDSPAKKE 2: Metodeutvikling

2.1. Metoder for arts-identifisering og beregning av individstørrelse

2.2 Videreutvikling av metoder for beregning av individstørrelse

ARBEIDSPAKKE 3: Direkte Datalesing, -kommunikasjon med ekkoloddet

ARBEIDSPAKKE 4: Visualisering, utvikling av programvare

4.1 Hastighet av datalesing, datakonvertering, prosessering, visualisering

4.2 Brukergrensesnitt og visualisering av informasjonen

4.3 Implementering av programvare

ARBEIDSPAKKE 5: Tokt og feltforsøk

Arbeidet i de enkelte arbeidspakkene ble fordelt mellom HI og CMR i henhold til prosjektets kompetansekrav der det meste av den datatekniske siden av prosjektet har blitt utført av CMR, mens den metodiske siden, samt datainnsamling og dataanalyse har lagt ved HI. Toktkostnader i forbindelse med utprøving og datainnsamling for prosjektet har også blitt lagt til HI.

Prosjektet har hatt en prosjektgruppe:

Egil Ona (HI), Rolf Korneliussen (HI), Atle Totland (HI), Armin Pobitzer (CMR), Inge Elliassen (CMR), Yngve Heggelund (CMR), Gavin Macaulay (HI), som har arbeidet tett sammen i hele prosjektperioden, mens styringsgruppen for prosjektet Kare Villanger (CMR), Harald Gjøsæter (HI), Pål Roaldsnes (FHF), Petter Geir Smådal (FHF), Per William Lie (FHF) var med i starten av prosjektet for å avgrense omfanget og bestemme hvordan pelagisk industri helst ville måle fisken, i sideaspekt.

### **3. PROBLEMSTILLING OG FORMÅL**

#### **3.1. Virksomhetsmål**

Prosjektet har oppfylt virksomhetsmål både hos HI, SIMRAD, CMR og FHF. HI har som virksomhetsmål å være verdensledende i fiskeriakustisk målemetodikk, og Simrad har sammenfallende virksomhetsmål med hensyn på fiskeriteknologi. CMR har som bærende ide «forskning for industriell utvikling» og FHF har som virksomhetsplan å bidra til FOU innenfor ny fangstteknologi, spesielt på utstyr som gir bedre informasjon før fangst starter.

Effektmål: (Formål.) Formålene med prosjektet var å kunne utvikle ny teknologi og metoder for størrelsesmåling av fisk før fangst. I prosjektbeskrivelsen var de beskrevet slik:

Hovedmålet med dette prosjektet er å utvikle programvare for størrelsesmåling av fisk ved hjelp av ny bredbåndsekkolodd teknologi.

Delmål:

- 1: Å lese data fra bredbåndsekkolodd, og lage grafiske visninger av ekkogrammer for vurdering av oppløsningsgrad og frekvensrespons.
- 2: Å utvikle målfølgingsrutiner for uthenting av sekvensdata fra enkeltfisk og undersøke hvordan målstyrkefordeling, frekvensrespons og svømmeretning kan forbedre størrelsesmålingen.
- 3: Å utvikle programvare for nær sanntids lesing og visning av størrelsesinformasjon med usikkerhetsmål.
- 4: Å gjennomføre kontrollerte feltforsøk på Austevoll havbruksstasjon med horisontal måling av fisken i merd i samarbeid med CRISP prosjektet. Datainnsamling for delmål 2.
- 5: Å gjennomføre målinger i felt med sidemontert standard svinger, og nyutviklet smalstråle svinger fra G.O.Sars, 14 dager.

#### **3.2. Effektmål**

Prosjektet har i stort omfang oppfylt også effektmålene i prosjektet ved at alle delmål er nådd med tilfredsstillende resultat. Lesning av den svære datastrømmen fra bredbåndsekkoloddet var rask nok til at en kunne gjøre de nødvendige beregninger for visning i ekkogrammer, og utvikling av verktøyer som skipperen kunne bruke for forstørrelse og utvelgning av deler av registreringen. (Delmål 1). Videre ble målfølgingsrutiner fra tidligere arbeider implementert slik at målstyrkefordeling av enkelt-track (spor), og



frekvensrespons og svømmeretning kunne bestemmes (Delmål 2). CMR utviklet videre programvare for nær sann tids lesning ved å lese på fil under skriving (1 ping eller 1 sekunds forsinkelse), og programvare for visning av størrelsesinformasjon. Metoden for estimering av fiskestørrelse basert på 3 ulike måleparametere på enkeltfisk fra bredbåndsinformasjon er helt ny, og beregner sannsynligheten for at en fisk er X cm, istedenfor et direkte mål. Usikkerheten i denne sannsynligheten er derved tilgjengelig, og oppsummert. (Delmål 3). Gjennomføringen av kontrollerte feltforsøk i Austevoll (Delmål 4) ble gjennomført tidlig i prosjektet på sild i merd. Videre ble det klart at vi ikke kunne bruke modellbasert tilnærming for beregning av fiskestørrelse (som var planlagt i prosjektbeskrivelsen), og vi satte derfor opp et kontrollert eksperiment i Austevoll for å måle nøyaktig direktiviteten av sild og makrell i lateral-aspekt med bredbåndsekkolodd. Dette gav gode data for voksen sild og makrell, 28 – 37 cm, men vi mangler enda data på mindre fisk, fordi de var utilgjengelig under forsøkene. Delmål 4 er slik oppfylt, men med mye ekstra arbeid både med hensyn på eksperiment-oppsett, målinger og bearbeiding av data. Imidlertid er funnene herfra så interessante med tanke på informasjonsmengde i bredbåndsekk fra enkeltfisk at vi har fått et nytt NFR finansiert prosjekt på å utføre slike detaljmålinger i 4 år.

Delmål 5 er oppfylt ved at en på to tokt utførte målinger med sidemonterte standardsvingere, og her innså at en måtte bygge en helt ny, smalstråle svinger for å kunne oppløse enkeltmål i stim på tilstrekkelig avstand – 50 – 100 meter. Ny bredbånd-svinger ble spesifisert og konstruert av Simrad, og har montert på senkekjølen på G.O.Sars, både i fast montering, og i motorisert, tiltbar montering på til sammen 5 tokt, 2 av dem etter at DABGRAF prosjektet var formelt avsluttet. Dokumentert oppløsningsgrad er demonstrert i samtlige tokt, både for sild og makrell. Spesielt godt egnet ser den ut til å være på makrellstimer, som sjelden går så tett som sild. Alle rådata fra DABGRAF svingeren, til sammen over 1 Tb, fra toktene i 2012, 2013, 2014, 2015 og 2016, er lagret på standard format ved Norsk Marint Datasenter (NMD). Målinger med DABGRAF svingeren har således blitt utført langt utover de 14 dagene som var skissert i Delmål 5. Siden disse målingene har blitt utført på fellestokt mellom DABGRAF prosjektet og CRISP, har kun deler av toktkostnadene blitt ført på DABGRAF prosjektet.

### 3.3. Resultatmål

I et forskingsprosjekt er det vanskelig å sette direkte, presise resultatmål, men det er klart at DABGRAF i stor grad har skissert et system for størrelsesmåling av fisk i slør og stim, som er mer nøyaktig enn dagens systemer, som kun benytter splitt stråle prinsippet i relativt brede åpningsvinkler, 7 grader, og begrenset pulslengde på enkle frekvenser. Dagens systemer kan «tynes» noe ved å redusere pulslengder, men blir da mer åpne for støy, og har derfor begrenset rekkevidde.

Smale stråler og høy radiell oppløsning, som brukt i DABGRAF prosjektet er et viktig bidrag for videreutvikling av metoden. For å kunne evaluere presisjon og nøyaktighet i målinger med DABGRAF systemet burde en ha tilgang til sild og makrell av ulik størrelse, enten i felt, eller i separate, eksperimentelle fasiliteter. Dette var det ikke rom for i dette prosjektet. Vi har imidlertid sett at systemet, som implementert i dag gir en størrelse både på makrell og sild som er ganske nær den vi fanger i trål og ringnot. For makrell har vi også sett endringer i middel-lengde på 2 – 3 cm inne i et relativt begrenset fangstområde mellom Shetland og Orkenøyene. Dette stemmer godt overens med skipperens erfaringer under ringnot-fangsting i samme område, at gjennomsnittsvekten kan variere mellom 325 og 370 gram bare over noen nautiske mil. Hvis resultatmålet var å kunne estimere middelstørrelse med en presisjon på  $\pm 2$  cm, som kanskje er det skipperen håper på, så er resultatmålet enda bare oppnådd med 80%, mest fordi en ikke har utført verifiserings-målinger imot ulike størrelsesgrupper av fisk. Virkelig, stor nytte for slike målinger oppstår helst når det oppstår situasjoner med stor spredning i størrelse på fangstfeltet, særlig når nye sterke årsklasser rekrutterer til fisket, og at prisdifferansen er stor mellom liten og stor fisk.

Prosjektlederens subjektive erfaring er brukt for å evaluere graden av måloppnåelse i tabellen under.

Prosjektets mål	Grad av oppnåelse	Forklaring
<b>Virksomhetsmål</b>	100%	
<b>Effektmål</b>	100%	
<b>Resultatmål</b>	80%	

#### 4. PROSJEKTGJENNOMFØRING / AVVIK

Beskrivelse av den akustiske metodikken i prosjektet er beskrevet i egne metodikkrapporter, og kritiske steg i prosjektet med hensyn til datamengde, datakapasitet ble også analysert i starten av prosjektet med egne rapporter. (se rapport- referanser). Prosjektgruppen hadde hyppig møteaktivitet i 2012 (4), 2013(6) og 2014(9), men bare 2 møter per år i 2015 og 2016, da datainnsamling og vurdering ble utført av 4 medlemmer av prosjektgruppen om bord.

Når de kritiske elementene i prosjektet var analysert, og en kom fram til at datakapasitet ikke ville begrense oss, har prosjektgjennomføringen blitt om lag som avtalt i søknaden, men med noen, større tidsavvik:

Selve prosjektgjennomføringen forsinket i forhold til plan av tre faktorer.

1: I prosjektplanen ville vi bruke modellbasert invertering av fiskestørrelse, ved at målingene ble sammenlignet med en akustisk modellert ekkorefleksjon fra fisk. Dette viste seg å være for enkelt, selv om arbeidet med å etablere en slik generell modell var tidkrevende. En måtte derfor gjennomføre detaljerte målinger av direktiviteten til enkeltfisk i et eget eksperimentoppsett i Austevoll. Dette viste til dels store avvik mellom målt direktivitet og modellert direktivitet, både for sild og makrell.

2: Utviklingen av ekkoloddet EK80 fra prototype til ferdig produkt skjedde senere enn forventet, og vi måtte vente om lag 2 år på dette, før et skikkelig, stabilt dataformat, samt robust kalibrering var på plass. Faktisk ble ekkoloddet først skikkelig markedsført for slag våren 2016.

3: Utvikling av ny smalstråle svinger var en viktig milepel i prosjektet, og design og produksjon av denne kunne ikke starte før vi hadde prøvd skikkelig ut standardsvingere i sideveis modus. Oppløsningen av enkeltfisk på de siste utprøvingstoktene fra 2014, 2015 og 2016 med ny svinger viser tilstrekkelig oppløsning for DABGRAF.

Siden prosjektets omfang og budsjett var som avtalt i søknaden, har avventingen på ferdigstillingen av EK80 og svinger likevel gitt en betydelig gevinst i prosjektet, slik at en nå kan evaluere dataene på en forsvarlig måte.

#### 5. OPPNÅDDE RESULTATER, DISKUSJON OG KONKLUSJON

I tabellen under er det listet opp hva som er hovedresultatene in prosjektet, såkalte produkter fra forskningsprosjektet. Noen av disse er rent vitenskapelige metoder, andre er mulige industriprodukter, og mye er ny kunnskap, og data som kan anvendes til andre målinger enn det som var målet i prosjektet.

Produkt	Status	Kvalitetskrav	Ansvarlig for produkt/ kvalitet i linjen
1 Kaliberings metodikk bredbånds ekkolodd	Ferdig	I tillegg til arbeidet som ble utført i NFR prosjektet WESTZOO har vi også videreført dette arbeidet på vitenskapelig kalibrering av bredbånds, splittstråle ekkolodd i DABGRAF, og spesielt for smalstrålet svinger ES200-3C Metoden er nå implementert i EK80. Kvalitetskrav: samme som for andre ekkolodd, 0.1 dB, eller $\pm 1-2\%$ .	Gavin Macaulay, Egil Ona, Lars Andersen (Simrad)
2 Smalstråle svinger ES200-3C	Ferdig  (Nytt produkt)	Spesifisert av DABGRAF og konstruert av Simrad og testet ut og kalibrert av HI Kvalitetskrav: Samme som for andre vitenskapelige svingere.	Egil Ona, Gavin Macaulay, Frank Ticky (Simrad)
3 Programvare for lesing av EK80, beregning av fiskestørrelse og grafisk visning av data og beregninger	Ferdig hovedleveranse  (Mulig nytt produkt)	Spesifisert av HI, kodet av CMR  Kvalitetskrav: Virkemåte, fart, operatør krav, godt visuelt grensesnitt, som for annen, salgbar programvare, som for eksempel LSSS	Armin Pobitzer(CMR), Inge Eliassen (CMR), Yngve Heggelund (CMR), Egil Ona, Rolf Korneliussen, Gavin Macaulay
4 Data på fiskens direktivitet, målt med bredbånd i full 360 graders rotasjon	Ferdig, 25 sild og 10 makrell	Utført av HI for å støtte opp under modellarbeidet på akustisk refleksjon av enkeltfisk som funksjon av rotasjonsvinkel (aspekt).  Målinger i lateralaspekt eksisterte ikke tidligere, og viste stor forskjell fra modell.  Vitenskapelig publiserbart. (Presentert på konferanser)	Egil Ona, Gavin Macaulay, Armin Pobitzer (CMR)
5 Dataopptak fra 5 tokt med DABGRAF oppsett på	Ferdig	Utført på G.O.Sars for vurdering av oppløsningsgrad Inkludert testing av DABGRAF programvare virkemåte i felt.	Egil Ona, Atle Totland, Gavin Macaulay

svinger og ekkolodd			
6 Metode for montering av tiltbar svinger på motorisert plattform, senkekjø, G.O.Sars	Ferdig	Uført med standard, stor tilt / pan enhet, men spesielt montert for lav strømningsstøy i 10 knops fart. Svinger tiltbar fra vertikalt (90 grader) til + 10 grader, der 0- grader er langs overflaten.	Atle Totland, Egil Ona
7 Presentasjoner Nasjonalt og internasjonalt	Ferdig	3 nasjonale 2 internasjonale	Egil Ona, Armin Pobitzer

Prosjektgruppen fra Havforskningsinstituttet, CMR og Simrad vurderer mulighetene for videre anvendelse av resultatene fra prosjektet som gode. Delresultater vil bli brukt for beregning av målstyrke for makrell og sild, målt med svingeren i sideaspekt, som er nødvendige for biomasseberegning av stimer med sonar. En videreføring av prosjektet, med montering av svingere på en eller to fiskefartøy og valideringer av størrelsesmålingen på ulike størrelser av fisk er nødvendig før en vurderer om dette er et nytt produkt i fiskeriteknologimarkedet. Selve monteringen av svingeren med tiltbar plattform er da vanskeligere enn på et forskningsfartøy der en kan trekke senkekjølen inn i fartøyet for montering/demontering og vedlikehold. Den voldsomme forbedringen i akustisk oppløsning både i vertikal og lateral modus har skapt stor interesse i det vitenskapelige miljøet, som nå også har startet egne målinger med bredbånds-ekkolodd. Metoden for størrelsesmåling og identifikasjon som vi har brukt i DABGRAF er også aktuell på flere fiskeslag, for eksempel tunfisk, og for bunnfisk (torsk, hyse, sei), der tetthetene er mye lavere enn her.

Teknologi som kan øke informasjonen fiskeren har om stimens sammensetning, tetthet og størrelse før fangsting er selvsagt av stor nytteverdi for sjømatnæringen. DABGRAF prosjektet har tydelig vist at det er mulig å utføre en slik størrelsesmåling med ny bredbånds-ekkolodd teknologi. Selv om en del validerings-målinger av hvor nøyaktig systemet kan diskriminere på størrelse gjenstår fordi en har hatt en begrenset mulighet for å måle på ulike størrelser i prosjektperioden, viser programvaren likevel lovende resultater på de størrelser vi har målt. Det viktigste resultatet er at vi klarer å løse opp kanten av stimer til enkeltfiskmål, og da er det selve algoritmen for beregning av størrelse fra enkeltfiskens målstyrke, pulsstrekking og spektrum som må endres når data på ulike størrelser foreligger. Dette er en liten jobb i forhold til det som hittil er utført i prosjektet. Ved prosjektslutt ligger vi også foran andre, mulige konkurrenter om metoden, og vi kjenner ikke til andre som arbeider med denne tilnærmingen.

## 6. VIKTIGE LEVERANSER

De viktigste leveransene i DABGRAF prosjektet er opplistet under.

1. Programvare for lesing av bredbåndsdata fra EK80, beregninger og visning av ekkogrammer og størrelsesfordeling. Hoved-leveranse. (CMR-HI).
2. Kalibreringsmetodikk for bredbånds ekkolodd (HI – Simrad)
3. Ny svinger: Simrad ES200-3C, for å forbedre oppløsningsvolumet med en faktor på 30 i forhold til en 1 millisekunds CW puls, som er standard innstilling i HI sine akustiske tokt. (HI-Simrad).
4. Metodikkrapporter med nye metoder for størrelsesmåling av fisk med splittstråle bredbåndsekkolodd. (HI-CMR)
5. Teoretisk modell for ekkorefleksjon fra fisk (HI)
6. Detaljmålinger av enkeltfisk direktivitet, 170-270 kHz, 25 sild og 10 makrell (HI).
7. System for montering av tiltbar, stor svinger på forskningsfartøy, med programvare for styring. (HI)
8. Data fra 5 tokt og 2 eksperimenter (HI)
9. Nasjonale og internasjonale presentasjoner. (HI og CMR)
10. Demofilm om hvordan DABGRAF virker, med eksempler fra makrelltoktet 2014. (Til bruk på utstillinger og fiskerimesser).

## 7. VEDLEGG

Det er vedlagt sluttrapporten viktigste dokumenter som er produsert i prosjektperioden fra HI til FHF og mellom HI og CMR. Avviksmeldinger til FHF for 2012, 2013 og 2014, som beskriver tidsavvik i prosjektet og en begrunnelse for det er ikke tatt med her. Bestillingsbrev og avtaler mellom HI og CMR er heller ikke tatt med her.

Disse er:

No	Rapport	Sider	Kategori	Dato
1	Dabgraf søknad fra HI og CMR	11	Åpen	04.06.2012
2	Startup meeting DABGRAF (HI_CM)	2	Åpen	10.09.2012
3	CMR-2013-F54207-RA-1-rev-00-Data-reading-speed	8	Åpen	01.03.2013
4	CMR-2013-F54207-RA-2-rev-00-Risks-estimation-coding	10	Åpen	01.03.2013
5	CMR-2013-F54207-1-rev-00-Status-Jan-Jun-2013	2	Åpen	04.07.2013
6	CMR-2013-F54207-RA-3-rev00-Size-inversion-methodology	22	Åpen	19.12.2013
7	CMR-2013-F54207-NO-3-rev00-PitchRollHeaveCorrection	3	Åpen	20.12.2013
8	CMR-2014-A54207-RA-4-rev00-StatusReport-2014-06-30	19	Åpen	30.06.2014
9	CMR-2014-F54207-RA-3-rev-01-Size-inversion-methodology	33	Åpen	09.12.2014
10	CMR-2012-F54207-RA-1-rev-00-CoarseSpecification	9	Åpen	12.12.2014
11	CMR-2014-F54207-RA-5-rev00-DABGRAF-deployment	9	Åpen	15.12.2014
12	DABGRAF-user_manual	17	Åpen	17.12.2014
13	CMR-2015-A54207-TN2-rev-00-Videobeskrivelse	1	Åpen	01.07.2015
14	Sluttrapport_StoerrelsesestimeringOgGrensesnitt	2	Åpen	27.03.2017

No	Rapport	Sider	Kategori	Dato
1	DABGRAF søknad fra HI og CMR	11	Åpen	04.06.2012
2	IMR-2013-Grov spesifisering av programvare	2	Åpen	01.03.2013
3	DABGRAF-Evalueringsrapport- Måling av eksisterende svingere	8	Åpen	27.11.2014
4	Rapport frå 1. datainnsamling Austevoll and GOSARS	10	Åpen	17.06.2015
7	DABGRAF populærvitenskaplige og vitenskaplige rapporter	3	Åpen	02.02.2017
9	Metodikkrapport	33	Åpen	07.04.2017
10	Fakta-ark HI, CMR, FHF 2014, 2016	2+2	Åpen	12.12.2014
11	IMR 18052017- Sluttrapport DABGRAF	14	Åpen	15.05.2017

Leveranser kopiert fra søknad

Rødmerket er de som per. 1.1.2017 gjenstod.

Datarapport med resultater og evaluering av metoden er egentlig den som er kalt:

Rapport fra 1. datainnsamling Austevoll og G.O.Sars, men som ble utvidet til å inneholde alle tokt innefor DABGRAF prosjektperioden frø den ble levert.

## Leveranser

Frist	Leveranse	
01.03.2013	Grov kravspesifikasjon programvare (Havforskningen)	📄
01.03.2013	Rapport om datalesing og kommunikasjon med ekkolodd	📄
01.03.2013	Rapport: Oppsplitting – tidsestimering, koding (CMR)	📄
28.11.2014	Evalueringsrapport: Måling av eksisterende svingere	📄
31.12.2014	<u>Ferdig prototype med brukermanual installert på G.O. Sars for bruk på utprøvingstøkt</u>	📄
31.12.2014	Metoder for invertering av størrelsesinformasjon	📄
01.06.2015	Metodikkrappert	📄
31.07.2015	Datarapport med resultater og evaluering av metoden	
31.07.2015	Fakta-ark, HI, CMR, FHF	
31.07.2015	Populær og vitenskaplig rapportering	
31.07.2015	Sluttrapport	
21.01.2016	Rapport frå 1. datainnsamling Austevoll og G.O.Sars	📄

## 8. REFERANSER

Horne, J. K. 2000. Acoustic approaches to remote species identification: an introductory review. *Fisheries Oceanography*, 9: 356–371.

Johnsen, E., Pedersen, R., and Ona, E. 2009. Size-dependent frequency response of sandeel schools. – *ICES Journal of Marine Science*, 66: 1100–1105.

Korneliussen, R. J., Diner, N., Ona, E., Berger, L., and Fernandes, P. G. 2008. Proposals for the collection of multifrequency acoustic data. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 982–994.

Korneliussen, R.J., Heggelund, Y., Eliassen, I.K., Johansen, G.O., 2009. Acoustic species identification of schooling fish. *ICES Journal of Marine Science* 66, 1111-1118

Korneliussen, R. J., and Ona, E. 2002. An operational system for processing and visualizing multi-frequency acoustic data. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 293–313.

Korneliussen, R. J., and Ona, E. 2003. Synthetic echograms generated from the relative frequency response. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 636–640.