

Akustisk fangstovervåking i not

– *Utfordringer og løsningsforslag til bedre metodikk*

Maria Tenningen, Jan Tore Øvredal og Gavin Macaulay



Prosjektrapport

Rapport:
RAPPORT FRA HAVFORSKNINGEN

Nr. – År:
42-2018

Dato:
01.12.2018

Distribusjon: Åpen

Havforskningsprosjektnr.:
15130

Oppdragsgiver(e):
FHF

Oppdragsgivers referanse:
901350

Program:
Norskehavet

Forskningsgruppe:
Fangst

Antall sider totalt:
27

Tittel (norsk og engelsk):
Akustisk fangstovervåking i not
Acoustic catch monitoring in purse seines

Forfattere:
Maria Tenningen, Jan Tore Øvredal og Gavin Macaulay

Sammendrag (norsk):

Kontroll over fangstmengde, -sammensetning og -atferd under fiske er viktig for å sikre bærekraftige og verdifulle fiskerier. I fiske med not blir fiskestimerne evaluert før fangst, men likevel hender det at man får uønskede fangster som slippes før de blir tatt om bord. Det er da viktig å kunne måle fangsten inne i nota i en tidlig fase mens det fortsatt er lov å slippe og fisketettheten i nota ikke er blitt skadelig høy. For tiden mangler man effektiv fangstovervåking i not. En av grunnene til det er at det er et utfordrende miljø å måle fiskestimer i. Denne rapporten er en del av FHF-prosjektet "Fangstkontroll i notfiske etter pelagiske arter". Målet er å få en bedre forståelse av det akustiske miljøet under fangst med not og dermed komme med anbefalinger til forbedring av eksisterende metoder eller bidra til utvikling av ny instrumentering for akustisk fangstovervåking. Vi har fokusert på to av hovedproblemstillingene: propellstøy og forstyrrelser fra ekko fra notveggene. Resultatene fra forsøkene blir diskutert sammen med forsøk som er blitt gjort i kommersielt fiskeri og pågående utvikling innen instrumentering. Det blir gitt forslag til hvordan akustisk fangstovervåking kan forbedres.

Summary (English):

Control over catch size, composition and behaviour in relation to the fishing gear is important for sustainable and valuable fisheries. In purse seine fisheries targeted fish schools are evaluated before being caught. Despite this, unwanted fish are at times caught and released before being taken onboard. It is then important to obtain school information while it is still legal to release the catch and before fish densities inside the seine reach detrimental levels. Currently, no efficient catch monitoring methods are available for purse seine fisheries. One of the reasons is that it is a challenging environment to monitor. This report is a part of the FHF funded project "Catch control in purse seine fisheries for pelagic species". The aim is to obtain a better understanding of the acoustic environment and thereby recommend improvements to existing instruments or contribute towards development of new catch monitoring instruments for purse seine fisheries. We have focused on two main challenges; propeller-generated bubbles and disturbance from echoes from the seine. We present experiments that have been done in commercial fisheries and new developments and provide recommendations for improved catch control in purse seine.

Emneord (norsk):

Notfiske, fangstkontroll, sonar, propellstøy, akustisk demping

Subject heading (English):

Purse seine, catch control, sonar, propeller noise, acoustic extinction

Maria Tenningen

Prosjektleder



Geir Lasse Taranger

Forskningsdirektør

Innhold

1	Innledning	4
2	Forsøk 1: Propellstøy og akustisk fangstmåling	5
2.1	Innledning.....	5
2.2	Metode.....	5
2.2.1	Forsøksoppsett.....	5
2.2.2	Dataanalyse	6
2.3	Resultat.....	8
2.3.1	Horisontalfordeling av luftbobler fra baugpropell.....	8
2.3.2	Vertikalfordeling av luftbobler fra baugpropell.....	8
2.3.3	Luftbobleskyenes ekkostyrke over tid.....	8
2.4	Diskusjon	13
3	Forsøk 2: Akustisk refleksjon fra notlin	14
3.1	Innledning.....	14
3.2	Metode.....	14
3.2.1	Forsøksopplegg.....	14
3.2.2	Dataanalyse	15
3.3	Resultat.....	15
3.3.1	Ekkostyrke	15
3.3.2	Akustisk demping	15
3.3.3	Frekvensrespons.....	15
3.4	Diskusjon	19
4	Akustisk fangstmåling i praksis	20
4.1	Fartøymontert multistråle sonar.....	20
4.2	Ekkolodd senket inn i stimen	21
5	Anbefalinger og konklusjoner	24
6	Referanser	26

1 Innledning

I notfiske blir fiskestimenenes størrelse, artssammensetning og atferd evaluert med fiskerisonarer og ekkolodd før nota blir satt ut. Dette er viktig for at man skal lykkes med fangsten, få riktig art og passelig mengde fisk. For store fangster kan overskride fartøyets lastekapasitet, ha en negativ innvirkning på kvaliteten eller skade nota. Fiskerne bruker erfaring til å tolke ekkoene som blir visualisert på sonarskjermene, og det utvikles kontinuerlig ny og bedre kvantitativ metodikk for estimering av stimkarakteristikk. Ekkolodd med flere frekvenser kan brukes til å skille mellom ulike fiskearter, spesielt mellom de med og uten svømmeblære som for eksempel makrell og sild (Horne, 2000; Korneliussen et al., 2009). Morfologiske forskjeller mellom arter påvirker de akustiske egenskapene ved ulike akustiske frekvenser som resulterer i ulik akustisk frekvensrespons. Det jobbes også med metoder for nøyaktige kvantitative estimater for stimstørrelse med flerstråle fiskerisonar (Nishimori et al., 2009; CRISP, 2017; Vatnehol et al., 2017) og med utvikling av nye metoder for estimering av individstørrelse med bredbåndsakustikk (NFR prosjekt 255589/E40). Den beste måten å sikre en verdifull fangst og unngå utilsiktet fiskedødelighet, er å få informasjon om fangsten før nota blir satt ut. Når nota er i sjøen er det begrenset hva man kan gjøre, men det er lov å slippe uønsket og levedyktig fangst fra nota (Anon, 2008). Derfor er det nyttig å få bekreftet stimestimatene som ble gjort før nota ble satt ut. Dette er spesielt viktig når fisken står i store stimer og kun en del av stimen fanges. Overvåking av fiskestimens atferd i nota og interaksjoner med nota er også viktig for utvikling av fiskeredskaper, fiskemetoder og regelverk som sikrer et verdifullt fiske med lav utilsiktet fiskedødelighet. Fiskedødelighet som ikke blir registrert skaper usikkerhet i bestandsestimering og kan bidra til overfiske (Crowder and Murawski, 1998; Gezelius, 2006).

Lite fangst- og redskapsovervåkingsinstrumenter er tilgjengelig til notfiske. Grunnen kan være at det er utfordrende å montere instrumenter på nota fordi den er i konstant bevegelse. Fiskerisonarene kan brukes i deler av fangstfasen, men må trekkes inn sent i kastet for å unngå at nota hefter seg fast i sonaren. Det finnes nå flerstråle sonarer på markedet som kan brukes under hele kastet (for eksempel Simrad SN90, Kongsberg Maritime), men det er usikkert hvor godt fartøymonterte instrumenter kan måle fangsten i nota. Det er blitt gjort noen vitenskapelige forsøk der fiskestimer ble målt inne i nota med fiskerisonar (Tenningen et al., 2015; CRISP, 2017) og med vitenskapelig 3D sonar (Tenningen et al., 2017). Forsøkene tyder på at de akustiske strålene fra sonaren blir dempet av støyen rundt båten, og at ekko fra fiskestimen kan være vanskelig å skille fra bakgrunnsstøy.

I denne rapporten presenterer vi forsøk som er en del av prosjekt «Fangstkontroll i notfiske etter pelagiske arter» (FHF 901350), arbeidspakke 3, der hovedmålet er å utvikle mer effektiv og nøyaktig akustisk fangstovervåkingsmetodikk under fiske med not. I prosjektet ønsker man å få en bedre forståelse av det akustiske miljøet under notfiske og basert på denne kunnskapen utvikle bedre akustisk fangstovervåking i not. Det blir presentert resultater fra forsøk der det ble undersøkt hvordan propellstøy (luftbobler) og akustisk refleksjon fra not kan forstyrre måling av fiskestimer inne i nota og hva man kan gjøre for å forbedre målingene. Det blir også presentert forsøk der fartøymontert flerstrålesonar er blitt brukt til stimovervåking under fiske og forsøk der man har målt fiskestimer med ekkolodd montert under flyvende drone. Rapporten avsluttes med forslag til hvordan man kan forbedre akustisk fangstovervåking i not.

2 Forsøk 1: Propellstøy og akustisk fangstmåling

2.1 Innledning

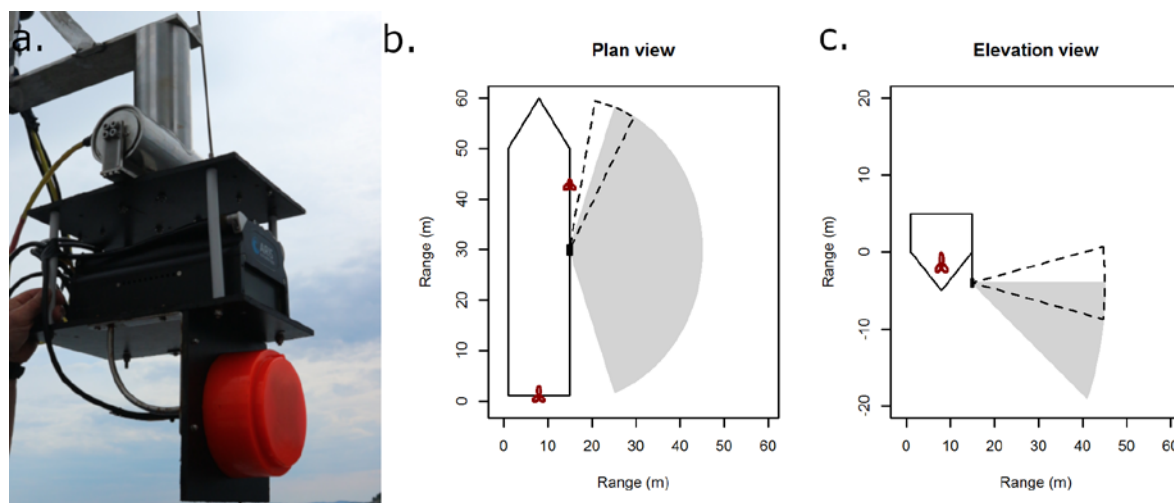
Propellbruk under fiske med not varierer avhengig av fiske- og miljøforhold og skipperens preferanser. Det er viktig å posisjonere båten slik at nota blir holdt åpen og ikke kommer under båten. Dette for at nota ikke skal vikle seg inn i maskineri og instrumenter under båten og for å gi mest mulig plass for fisken og dermed ta vare på kvaliteten. Både hoved- og sidepropell blir brukt under fangst, og luftboblestøyen som oppstår kan forstyrre sonarmålingene av stimene. Tidligere studier viser at hekkbølgen fra et fartøy kan gå ned til 7-12 m dyp, og sterke ekkoeer fra bølgen ble målt i omtrent 7.5 minutter (Trevorrow et al., 1994). Informasjon om ekkostyrke og utbredelsen av luftboblene over tid er viktig for å forstå hvordan propellbruk påvirker måling av fiskestimer og hva man kan gjøre for å redusere forstyrrelser fra luftbobler.

Hovedmålsettingen med forsøkene var å beskrive luftboblestøy fra baug- og hovedpropell under fiske med not, og å undersøke hvordan dette kan påvirke akustiske målinger av fiskestimer inne i nota. Delmålene var å undersøke hvordan tidsperioden propellen er i gang og propell-pitch påvirker luftboblens utbredelse og ekkostyrke over tid. Resultatene blir brukt til å vurdere om og hvordan fiskestimer kan måles inne i noten mens propeller er i gang, samt vurdere hvor på fartøyet akustiske måleinstrumenter bør plasseres.

2.2 Metode

2.2.1 Forsøksoppsett

Luftboblestøy generert fra baug- og hovedpropell ble målt i kontrollerte forsøk om bord på ringnotbåten «Fiskebas SF-230-F» mens fartøyet lå fortøyd til kai. Fiskebas er 64 m lang og 14 m bred og har en lastekapasitet på 1550 m³. Hovedpropellen er 3000 kw Bergen diesel og sidepropellene er Rolls-Royce 600 kW (baug) og 800 kW (akter). Luftboblestøy fra hoved- og baugpropell ble målt separat med en høyoppløsnings sonar (Aris, Sound Metrics) og Simrad EK 80 ekkolodd med en 70 kHz svinger (Simrad ES70-18CD, Kongsberg Maritime). Aris har 96 stråler med åpningsvinkel på 0.3° og dekker et område på 28° x 14°. Aris opererer ved en frekvens på 1.1 MHz og har en rekkevidde på 35 m. Ekkoloddet ble operert med pulslengde på 1.024 ms og 2.5 puls per sekund. Åpningsvinkel på svinger var 18 grader og bølgelengde 21 mm. Aris og ES70 svinger var montert i en stålramme utstyrt med en pan og tilt enhet (Ocean Tools PT-330-HD) som man festet i enden av et stålrør (6.5 m) (Figur 1a). Rammen var festet i skutesiden med magneter. Instrumentene ble plassert 17 m bak baugpropellen og 28 m fra fartøyets hekk, omtrent 4 m under vannoverflaten (Figur 1 b og c). Ekkoloddet ble kalibrert ved bruk av standard prosedyre (Demer et al., 2015) med en tungsten karbid kule, 38.1 mm i diameter. Lydhastighet ble målt med SAIV CTD instrument. Kula ble hengt i polyamid-snøre på en stang i fast posisjon omtrent 4 m fra svinger. Ved å kjøre pan og tilt enheten og samtidig bevege svinger, ble kula flyttet rundt i den akustiske strålen. Luftboblenskyen ble målt mens propellen var i gang og i 5 minutter etter at den ble slått av. Luftbobler generert av baugpropellen ble målt i 10 og 180 sekunder med 50 og 75% pitch (Tabell 1). Luftbobler generert av hovedpropellen i revers ble målt i 10 og 60 sekunder med 10 og 20% pitch (Tabell 1). Aris var først montert horisontalt og så endret til vertikalt for å få detaljert informasjon om dybden av luftboblenskyen.



Figur 1. Forsøksoppsett for måling av luftboblestøy fra propellene. Luftboblene ble målt med multistråle sonar (Aris, Sound metrics) og ekkolodd (Simrad EK80 med 70 kHz svinger, Kongsberg Maritime) (a.). Aris og svinger var festet i en stållamme og senket ned til 4 m dybde. Retning på akustisk stråle ble kontrollert med pan og tilt enhet. Grå sektor illustrerer området som ble målt i forhold til fartøyet (vist som senter av ekkoloddstrålen), og stiplet sektor illustrerer ekkolodd enkeltstråle (18 graders åpningsvinkel). Forsøksoppsettet er vist ovenfra (b.) og fra siden (c.).

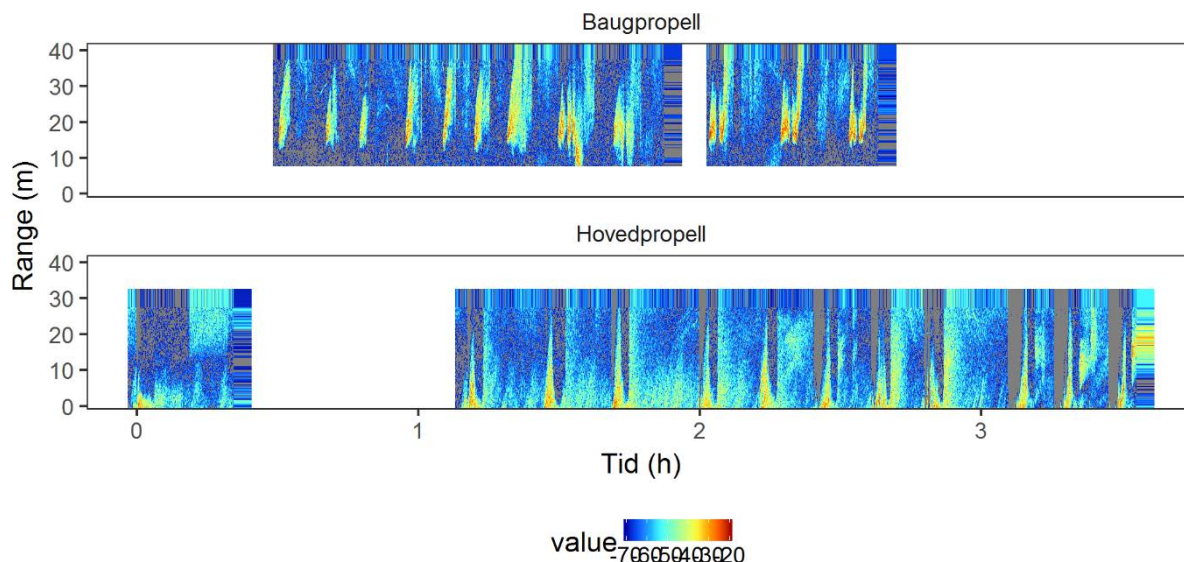
Tabell 1. Forsøksdesign; propellens pitch, tidsperiode propellen var i gang i sekunder, Aris sonar retning (H = horisontal, V = vertikal) og antall replikater.

Propell	Pitch (%)	Tid (s)	Aris (retning)	Replikater
Baug	50	10	H	3
Baug	50	180	H	3
Baug	75	10	H	3
Baug	75	180	H	3
Hoved	10	10	H	3
Hoved	10	60	H	3
Hoved	20	10	H	3
Hoved	20	60	H	3
Baug	50	180	V	3
Baug	75	180	V	3

2.2.2 Dataanalyse

Rådataene fra ekkoloddet ble visualisert i LSSS, Havforskningsinstituttets standard program for tolking av akustiske data (Korneliussen et al., 2006). Volum tilbakespredningsstyrke (S_v , dB re 1 m^{-1}) (MacLennan et al., 2002) per volumenhet og ping fra luftboblene ble eksportert og videre analysert i R (R-Core-Team, 2018). Avstanden fra svinger var begrenset til 30 m for å unngå innblanding av ekkoeer fra overflaten: en stråle med 18° åpningsvinkel 4 m under vannet treffer overflaten ved omtrent 30 m. S_v ble konvertert til lineært, volum tilbakespredningskoeffisient (s_v , m^2), og gjennomsnittsverdier ble beregnet over 1-m intervaller. Bakgrunnsstøyen ble målt før propellen ble satt i gang og brukt til å definere nedre desibel (dB) terskel for S_v for segmentering av ekkoeer fra luftboblene (Figur 2). Luftboblenskyen ble overvåket med ekkoloddet og Aris, og utbredelsen ble skannet med jevne mellomrom. Aris som var montert sammen med svinger, har et innebygd kompass og dybdesensor, og denne informasjonen ble brukt til å kontrollere retningen på ekkoloddstrålen.

Dataene ble brukt til å estimere ekkostyrken (S_v) til luftboblene generert av baug- og hovedpropell. Horisontal og vertikal utbredelse av luftbobleskyen fra baugpropell over tid ble også undersøkt. Det var vanskelig å få en oversikt over luftbobleskyen fra hovedpropellen ettersom luftboblene ble skjøvet fremover og under båten og omringet svingeren.

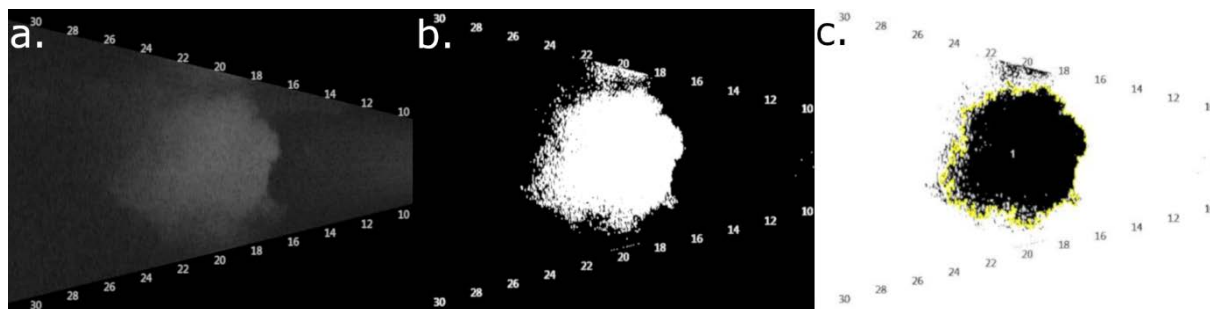


Figur 2. Ekkogram som viser luftbobler fra baugpropell (a) og hovedpropell (b) målt med Simrad EK80 og 70 kHz svinger montert ved 4 m dybde horisontalt på fartøyskroget. På figuren er indikert propellens pitch og tidsperiode. Fargeskalaen indikerer styrken på ekkoene i S_v , dB (mørkeblå= svak; rød =sterk). Fra disse rådataene ble luftbobleskyene segmentert som forklart i teksten.

Horisontal og vertikalfordeling av luftbobler

Horisontalutbredelse av luftboblene ble kun undersøkt for baugpropell. Ekkoer fra luftboblene ble aggregert over 30 sekunders intervaller. Det ble da antatt at hele luftbobleskyen ble skannet av ekkoloddet. For hvert 30-sekunders intervall ble avstanden fra fartøyet til luftbobleskyens nærmeste og ytterste kant beregnet for å undersøke hvordan utbredelsen endret seg over tid. I tillegg ble effekten av pitch og tidsperioden propellen var i gang på utbredelsen av luftboblene undersøkt.

Ekkoloddet med 18° åpningsvinkel ga unøyaktig informasjon om vertikalfordelingen av luftboblene. Gjennom å tilte strålen ned kan man likevel få en indikasjon på hvor dypt luftboblene når. Aris med mange smale stråler er bedre egnet til å identifisere vertikalkonturene av luftbobleskyen. Data der Aris var montert vertikalt var tilgjengelig fra tre replikater der propellen var i gang i 180 sekunder med 50 og 75% pitch (Tabell 1). Fra dataene ble det tatt en skjermdump hvert tiende sekund som ble analysert i Image J (Rasband, 1997-2018). Bildene ble først konvertert til svart-hvitt. Image J standard metode for bilde-segnering, som er en modifikasjon av IsoData algoritmen, ble brukt til segnering (Figur 3). Fra de segmenterte dataene ble areal og maks dybde beregnet. Dataene er presentert som gjennomsnittlige verdier med standard avvik.



Figur 3. Bildeanalyse av skjermdump fra Aris sonar. Visualisering av luftbobler fra baugpropell som skjermdump fra Aris i svart-hvitt (a.), segmenterte data i Image J (b.) og konturene av luftbobleskyen som definert i Image J (gul linje, c.).

Luftbobleskyenes ekkostyrke over tid

Ekkostyrken (S_v , dB re 1 m^{-1}) fra luftboblene som var generert fra baug- og hovedpropell ble undersøkt gjennom å beregne løpende gjennomsnittsverdier basert på 10 foregående og 10 påfølgende ping. Det ble beregnet for gjennomsnitt s_v (m^2) og 5. og 95. kvantiler av s_v . Det ble også undersøkt om tidsperioden propellen var i gang og propell-pitch påvirker ekkostyrken over tid.

2.3 Resultat

2.3.1 Horisontalfordeling av luftbobler fra baugpropell

Terskelverdi for volum tilbakespredningsstyrke (S_v , dB re 1 m^{-1}) for segmentering av ekkoer fra luftbobler ble satt til -48 dB for dataene som ble brukt til å beskrive horisontalutbredelsen av luftboblestøy (Figur 2). Dette for å være sikker på at kun ekkoer generert fra propellen var inkludert i de segmenterte dataene. Luftbobleskyen var først identifisert inntil fartøyet. Ekkoene var sterke og relativt konsentrerte. Etter at propellen ble slått av beveget luftboblene seg lenger unna, spredte seg over et større område og ekkoene ble svakere (Figur 4 & 5). Tre minutter etter at propellen ble slått av, var få ekkoer fra luftboblene registrert innenfor 30 m fra fartøyet. Luftboblene som oppstod etter at propellen hadde vært i gang i 180 sekunder med 75% pitch beveget seg raskest og ser ut til å ha blitt skjøvet ut fra det overvåkede området innen 90 sekunder.

2.3.2 Vertikalfordeling av luftbobler fra baugpropell

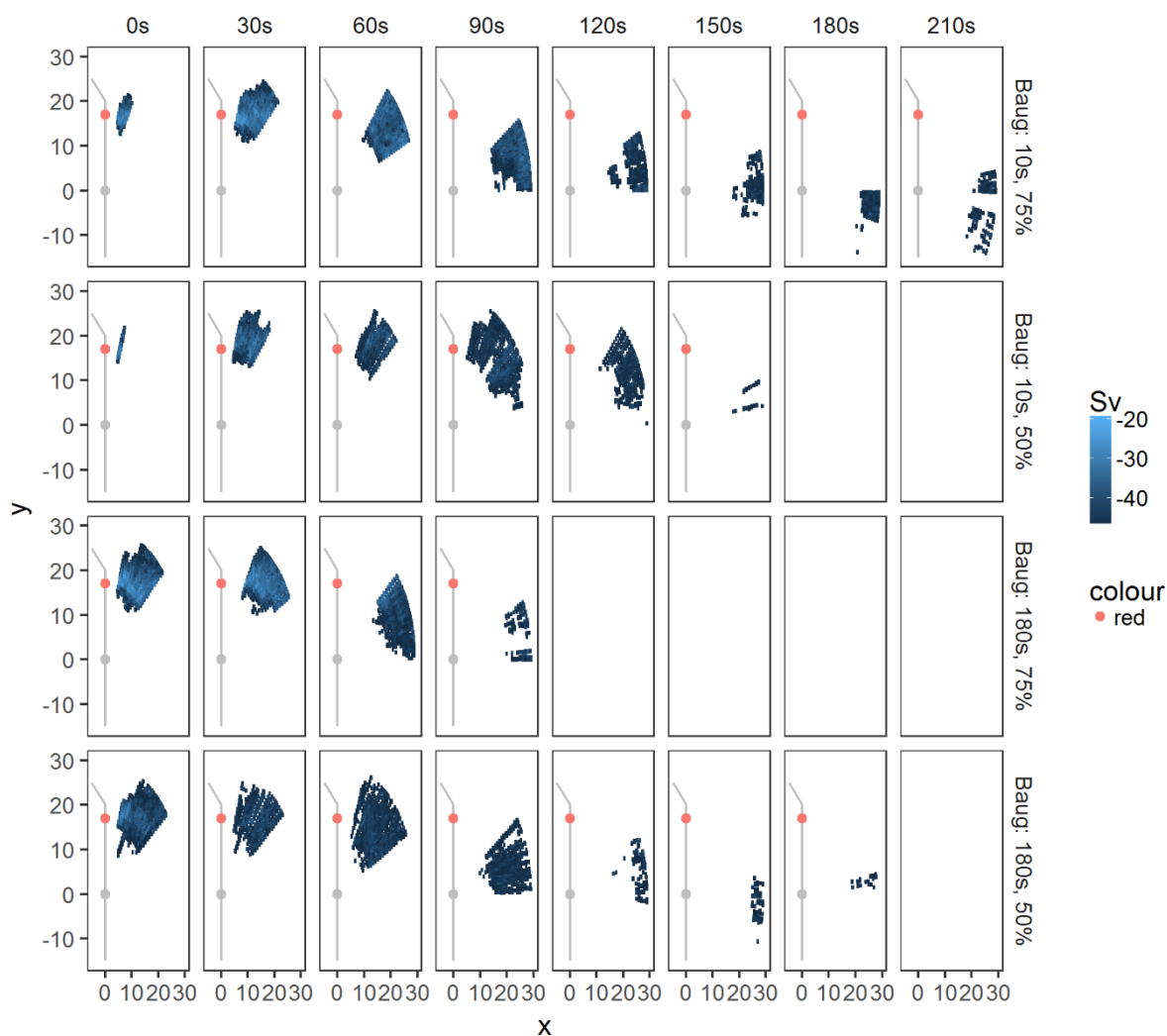
Arealet av luftbobleskyen og dybden var større ved 75% enn ved 50% baugpropell-pitch. Gjennomsnittlig dybde ble målt til $7.1 \pm 0.64 \text{ m}$ ved 50% pitch og $7.9 \pm 1.0 \text{ m}$ ved 75% pitch basert på bildeanalyse av skjermdump fra Aris (Figur 6a). Gjennomsnittlig areal ble målt til $22.7 \pm 14.6 \text{ m}^2$ ved 50% pitch og $52.8 \pm 8.8 \text{ m}^2$ ved 75% pitch (Figur 6b). Luftboblene var betydelig klarere visualisert på Aris skjermen ved 75% pitch enn ved 50% pitch (Figur 7). I mange av bildene ved 50% pitch var det ikke mulig å segmentere luftbobleskyen på grunn av liten forskjell mellom luftboblene og bakgrunnen. Videre var luftbobleskyen kun synlig kort tid etter at propellen var satt i gang, men forsvant fort til tross for at propellen var i gang. De noe usikre estimatene fra ekkoloddet viser at luftbobler kan gå ned til 15 m dyp, med noen registreringer ned til 20 m dyp. Ekkostyrken (S_v) fra luftbobler dypere enn 15 m var under -50 dB (Figur 8).

2.3.3 Luftbobleskyenes ekkostyrke over tid

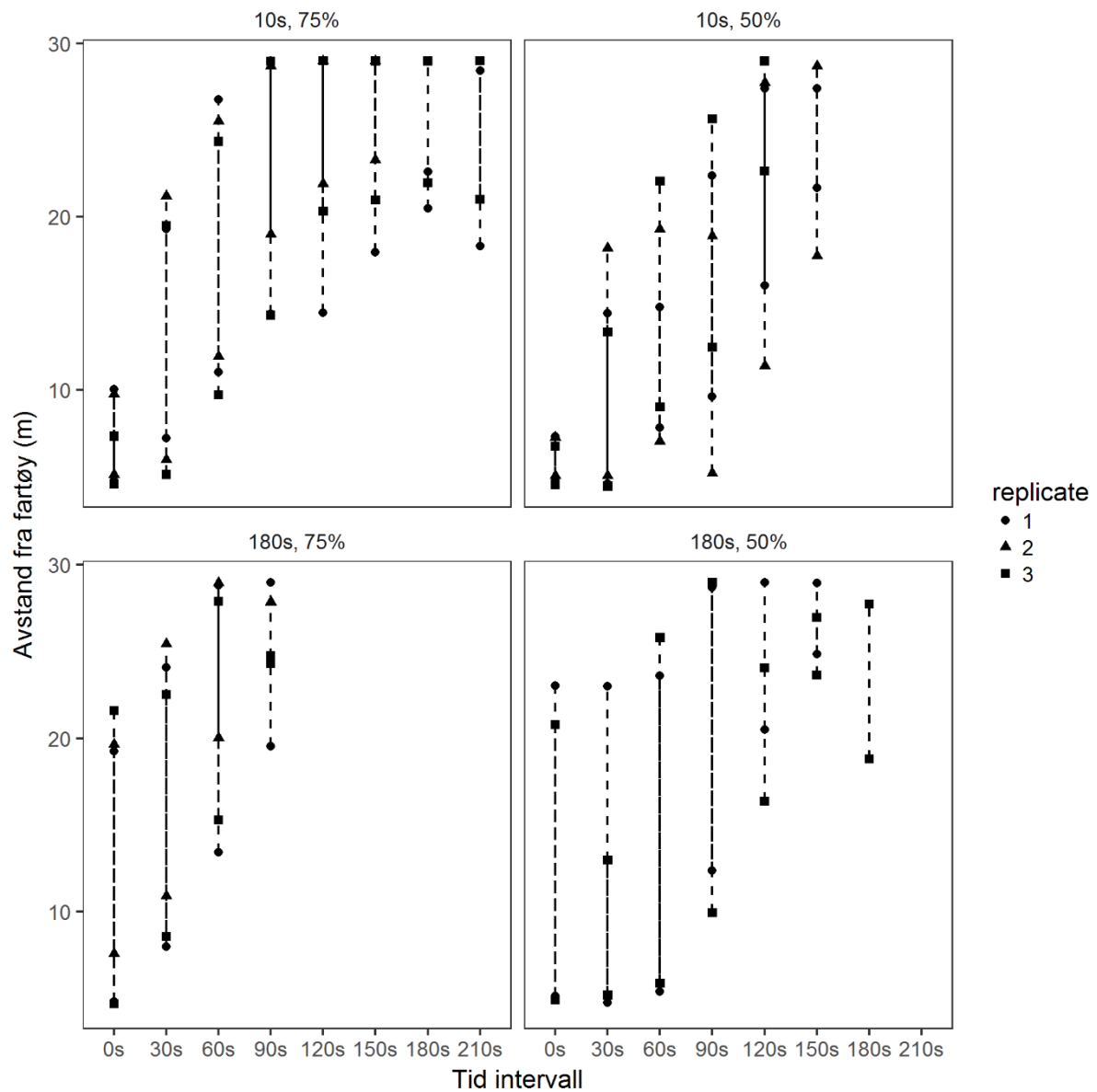
Mens hovedpropellen var i gang, ble de akustiske strålene blokkert av luftboblene som oppstod (Figur 2). Luftboblene ble skjøvet frem og under båten slik at ekkoloddet lå inne i luftbobleskyen. Etter at propellen ble slått av, var det enklere å måle luftboblene. Ekkostyrken gikk ned over tid, men var fortsatt mellom -40 og -50 dB (S_v) 5 minutter etter at propellen ble slått av (Figur 9). Ekkostyrken ble påvirket av tidsperioden propellen var i gang. Etter at propellen hadde vært i gang i 60 sekunder, var

det betydelig mer luftboblestøy innenfor 30 m fra fartøyet enn da propellen var i gang i 10 sekunder. Pitch på 10 eller 20% ser ikke ut til å ha hatt noen større påvirkning på ekkostyrken.

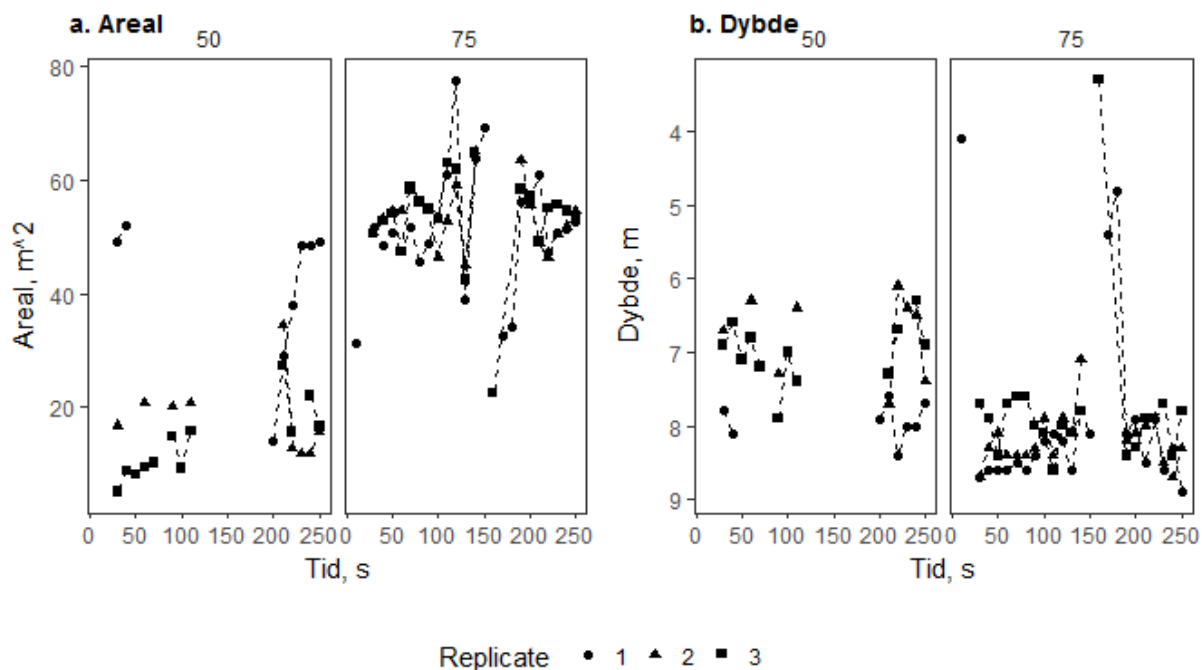
Baugpropellen genererte betydelig mindre luftboblestøy enn hovedpropellen. Ekkostyrken (S_v) fra luftboblene rett etter at propellen var slått av var på samme nivå, men luftboblene fra baugpropellen forsvant betydelig raskere. Tre minutter etter at propellen var slått av var ekkostyrken (S_v) fra baugpropell-luftbobler under -55 dB (Figur 9). Resultatene tyder på at luftboblestøy generert med 50% pitch reduseres mer gradvis enn med 75% pitch. Ekkostyrken fra luftboblestøyen generert med 75% pitch var høy i 30 – 60 sekunder etter at propellen var slått av og ble deretter raskt svakere. Ekkostyrken fra luftboblene generert med 50% pitch ble også gradvis svakere mens propellen var i gang. Det samme ser vi i dataene for Aris sonaren.



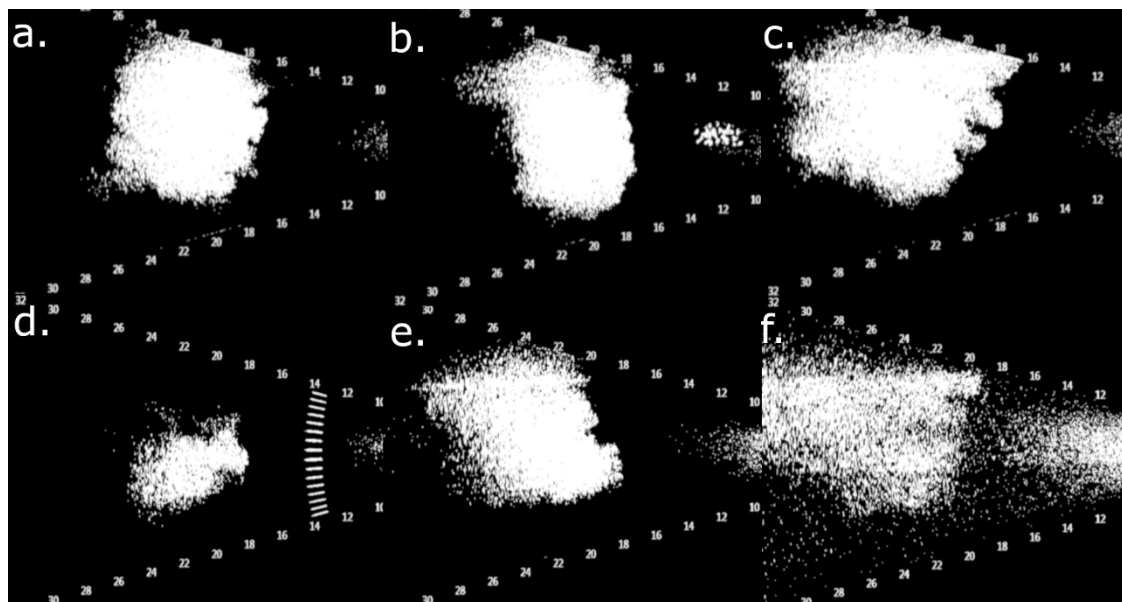
Figur 4. Fordeling av luftbobler fra baugpropell fordelt i 30-sekunders intervaller, 0-240 s. Det første intervallet (0s) inneholder alle data propellen var i gang (10 eller 180 sekunder). Styrken på blåfargen indikerer styrken på ekkene. Luftbobleskyene er vist for de fire forsøkene der propellen var i gang i 10 eller 180 sekunder med 50 eller 75% pitch. Data fra de tre replikatene er blitt aggregert. Deler av fartøyet er vist som lysegrå linjer på venstre siden av figurene, svingerposisjon som grått punkt og baugpropellposisjon som rødt punkt. X og y er meter i forhold til ekkolodd.



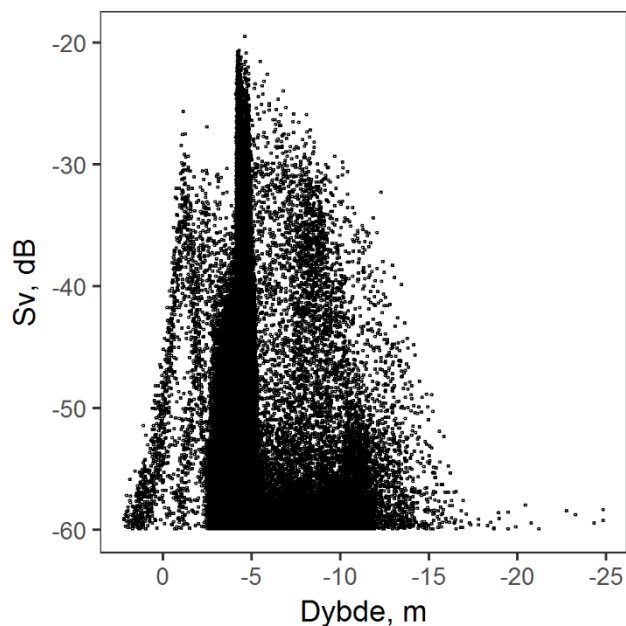
Figur 5. Avstand fra fartøyet til luftbubbleskyen. Dataene er basert på aggregerte data over 30 sekunders intervaller. Replikatorene er indikert med forskjellige symboler og forsøkene der propellen var i gang i 10 eller 180 sekunder med 50 eller 75% pitch vist i hver sitt panel.



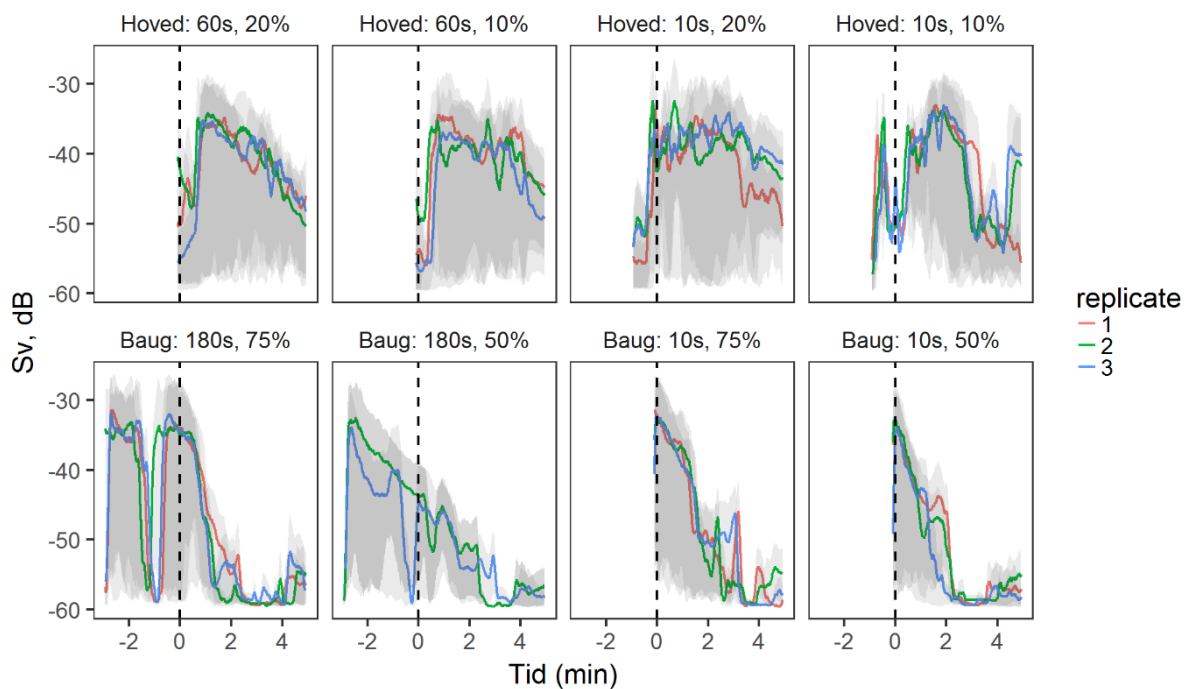
Figur 6. Dybde (a) og areal (b) av luftbobleskyene generert av baugpropell som var i gang i 180 sekunder med 50% og 75% pitch. Dataene etter 180 sekunder viser luftbobledimensjonene etter at propellen var slått av. Beregningene er basert på segmenterte data fra Aris skjermdump.



Figur 7. Eksempler på segmenterte luftbobler ved 75 og 50% pitch: a: 20 sekunder ved 75% pitch, b: 90 sekunder ved 75% pitch, c: 180 sekunder ved 75% pitch, d: 40 sekunder ved 50% pitch, e: 90 sekunder ved 50% pitch og f: 120 sekunder ved 50% pitch.



Figur 8. Ekkostyrke (S_v , dB) av luftbobler fra baugpropell ved 0 - 25 m dyp.



Figur 9. Ekkostyrke (S_v , dB) av luftbobler generert fra baug- og hovedpropell vist som løpende gjennomsnitt av ± 10 ping. Linjene indikere gjennomsnitts S_v og de grå områdene 5- og 95-kvantiler av S_v . På x-aksen indikerer 0 minutter tidspunktet da propellen var slått av. Luftbobleskyen ble målt i 5 minutter. Øverste rekke viser resultatene for hovedpropell som var i gang enten 10 eller 60 sekunder med 10 eller 20% pitch. Nedre rekke viser resultatene for baugpropell som var i gang i 10 eller 180 sekunder med 50 eller 75% pitch.

2.4 Diskusjon

Ekkostyrken (S_v) fra luftbobler som var generert fra baugpropell med 50 og 75% propell-pitch i 10 og 180 sekunder var i gjennomsnitt mellom -32 og -42 dB ved 70 kHz. Målstyrken av sild målt fra siden i felt med 38 kHz ekkolodd (Pedersen et al., 2009) og basert på modeller (Nishimori et al., 2009), har variert mellom -32 og -44 dB avhengig av innfallsvinkel og dybde. Ekkostyrken (S_v) fra makrell- og sildestimer på fiskefelt har blitt målt til mellom -52 og -56 dB og -44 og -48 dB, respektivt, med sonar (Simrad SX/SU90; pers. comm. H. Peña). Ekkostyrken fra luftbobler fra baugpropell er dermed i samme spekter eller sterkere enn ekkoene fra sild og makrell, og det vil dermed være vanskelig å skille mellom ekko fra fisk og fra luftbobler, i hvert fall ved 70 kHz.

Luftboblestøy generert fra baugpropellen forsvant relativt fort fra vannet både ved 50 og 75% propell-pitch. Tre minutter etter at propellen var slått av var gjennomsnittlig ekkostyrke (S_v) lavere enn -55 dB. Dette er lavere ekkostyrke enn det man normalt forventer fra silde- og makrellstimer, og det kan derfor være mulig å få gode akustiske målinger av stimene bare noen minutter etter at propellen er slått av. Under forskningstoktene som er del av prosjektet, blir fiskefartøyenes maskineri loggført. Disse dataene kan brukes til å se hvor godt våre eksperimenter reflekterer propellbruk under praktisk fiske, og om det er vanlig med lange nok pauser i bruk av propellene til at fiskestimene kan måles.

Dybden av luftboblene ble målt til maks 8 meter basert på analyse av skjermdump fra Aris. Det er usikkert hvor godt bildeanalysen fanget opp luftbobleskyen og hvor sterke ekkoene var, men basert på ekkoloddet kan man konkludere at luftboblene stort sett ikke går dypere enn 15 m. Dermed kan montering av instrumentene dypere enn luftboblene være et alternativ, men det kan være utfordrende i praksis.

Hovedpropellen generer betydelig mer luftboblestøy enn baugpropellen. Luftboblene blokkerte de akustiske strålene mens propellen var i gang, og ekkostyrken (S_v) var mellom -40 og -50 dB 5 minutter etter at propellen var slått av. Det er usikkert hvor dypt luftboblene går og hvor lenge de blir værende i vannet. Det ville vært bedre å måle hovedpropellens luftboblestøy fra avstand, for eksempel fra en annen båt eller kai eller med bunnmonterte instrumenter. Uansett viser resultatene klart at bruk av hovedpropellen skaper problem for akustisk fangstmåling i not.

Propellstøy fra fartøy kan være kavitasjon eller turbulens, og det kan være utfordrende å skille mellom disse akustisk. Aris med høy akustisk frekvens er sensitiv til endringer i vann tetthet. Resultatene viser at luftbobleskyen var synlig på Aris med en gang propellen ble satt i gang, men ble raskt redusert. Dette tyder på at vi registrerte turbulens. Samme tendens ble registrert med ekkoloddet, der ekkostyrken ble gradvis lavere mens propellen var i gang. For både Aris og ekkoloddet gjelder dette kun for en propell-pitch på 50%.

3 Forsøk 2: Akustisk refleksjon fra notlin

3.1 Innledning

Tidligere forsøk der ulike typer av garn ble målt ved forskjellige akustiske frekvenser viser at garnlinet kan ha en sterk akustisk refleksjon men at den er avhengig av blant annet trådtype og hvor lenge linet har vært i vannet (Au and Jones, 1991). Sonarobservasjoner under kommersielt notfiske viser at ringnot også har en sterk akustisk refleksjon og at det kan være vanskelig å skille mellom fiske- og not-ekkoer (Tenningen et al., 2015). Kunnskap om de akustiske egenskapene av notlin vil gjøre det mulig å undersøke om fiske-ekkoer kan skilles fra not-ekkoer. For eksempel, basert på forskjell i ekkostyrke målt med enkel-frekvens ekkolodd eller basert på forskjellige akustiske frekvensrespons målt med flerfrekvens ekkolodd. Om ikke dette lar seg gjøre, er det også mulig å skille mellom ulike akustiske mål basert på fysisk skille mellom dem. Da må man ha høyere oppløsning på de akustiske dataene enn distansen mellom målene, og man må ha informasjon om posisjonen til målene. Utfordringen under fangst med not er at man ikke har full kontroll på hvordan nota ligger i vannet, samt at oppløsningen av vanlige instrumenter brukt under fiske, med 7-10 graders åpningsvinkel, ikke nødvendigvis er høy nok til å skille mellom not og fisk, spesielt når fisken er nær notveggen. Det finnes alternativer til akustisk instrumentering med høyere oppløsning som eventuelt kan tilpasses fiske med not (f.eks Aris som ble brukt til måling av luftbobler). Not mellom svinger og fisk kan også dempe intensiteten av lydbølgen og dermed undervurdere ekkostyrken fra fiskestimen.

Målsetningen med forsøkene var å beskrive ekkostyrke og frekvensrespons av to ulike nottyper over tid i vannet, samt å undersøke akustisk demping forårsaket av notlin. Resultatene vil bli brukt til å vurdere hvordan man eventuelt kan skille mellom ekko fra fisk og ekko fra not, og hvordan not mellom svinger og fisk kan forstyrre akustisk måling av fiskestimer.

3.2 Metode

3.2.1 Forsøksopplegg

Forsøk der ekkostyrke, akustisk frekvensrespons og demping av notlin ble målt ble gjennomført ved Havforskningsinstituttets feltstasjon i Austevoll. Notlinet var representativt for det som blir brukt til vanlig i makrell- og sildenoeter. Det var 36 omfar i maskestørrelse, satt opp med 35 % innfelling og med blytau i grunnen. To forskjellige trådykkelser ble målt (tråd nummer 12 og 24). Tråd nr. 12 er vanlig å bruke i hoveddelen av nota mens tråd nr. 24 er vanlig i tørka. Notlin panelene var 5 x 5 m og ble senket diagonalt ned omtrent i midten av en 12 x 12 m merd. Notlinet ble målt med tre Simrad EK80 transceivere med 38 (ES38-18DK-Split), 70 (ES70-7CD) og 200 (ES200-7CD) kHz svingere. Åpningsvinkelen på 38 kHz svingeren var 18° mens 70 og 200 kHz svingerne hadde en åpningsvinkel på 7°. Puls lengde var 0.512 ms. Svingerne var festet i en stang og senket ned til 3 m dyp i hjørnet av merden med en avstand på 6 – 8 m til notlinet. Ekkoloddet ble kalibrert ved bruk av standard prosedyre med en tungsten carbide kule 38.1 mm i diameter (Demer et al., 2015).

Første forsøksdag ble notstykkene senket ned og målt i en time med 38 og 200 kHz ekkolodd. Dette for å se hvordan ekkostyrken endres når nota blir våt. Vi lot så notlinet ligge i vann over natten. Om morgenen tok vi det opp fra vannet i omtrent 30 minutter før vi senket det ned igjen. Begge notlinene ble målt i omtrent 2 timer. Innfallsvinkelen mellom ekkolodd og notpanel ble endret to ganger, 1 og 2 timer etter utsetting, fra vinkelrett (90°) til 20° avvik fra vinkelrett (70°). Dette for å undersøke om ekkostyrken blir påvirket av innfallsvinkelen. Akustisk demping forårsaket av notlin ble målt gjennom å senke kalibreringskula foran og bak notlinet. Det ble sikret at kula var i sentrum av strålen.

3.2.2 Dataanalyse

Rådataene ble visualisert i LSSS der dataene fra notlin ble selektert og eksportet til R (Figur 10). I R ble en -60 dB lavere terskel for S_v tilpasset dataene (Figur 10). Gjennomsnittsekkostyrke (s_v , m^{-2}) per ping ble beregnet og fra disse ble løpende gjennomsnitt beregnet basert på 10 foregående og 10 påfølgende ping for å redusere støyet i dataene. For visualisering av dataene ble s_v konvertert tilbake til logaritmisk skala, S_v , dB re $1 m^{-1}$.

3.3 Resultat

3.3.1 Ekkostyrke

Ekkostyrken (S_v , dB) av vått notlin med tråd nr. 24 ble målt i gjennomsnitt til -36 dB ved 38 kHz, -47 dB ved 70 kHz og -23 dB ved 200 kHz. Ekkostyrken (S_v , dB) av vått notlin med tråd nr. 12 ble målt i gjennomsnitt til -38 dB ved 38 kHz, -38 dB ved 70 kHz og -29 dB ved 200 kHz. Ekkostyrken var høyere fra det tykkere notlinet ved 38 og 200 kHz men lavere ved 70 kHz. Ekkostyrken fra notlin med tråd nr. 12 økte med mellom 10 og 20 dB de siste 50 til 60 minuttene av målingen, med størst økning ved 70 kHz (Figur 11). Det er usikkert hva som var årsaken til økningen.

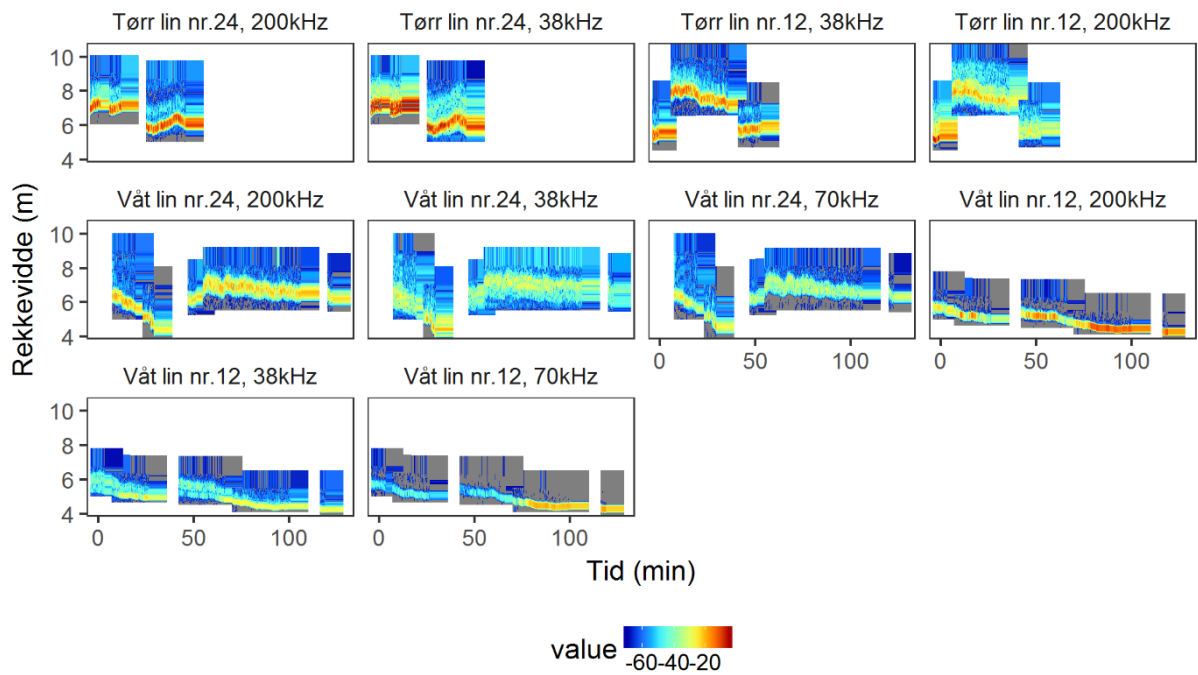
Ekkostyrken var sterkere fra tørt notlin enn fra våt notlin (Figur 11). Gjennomsnittlig ekkostyrke (S_v) var 20 dB (tråd nr. 24 målt med 38 kHz), 12 dB (tråd nr. 24 målt med 200 kHz) og 5 dB (tråd nr. 12 målt med 38 kHz) høyere når notlinet var tørt sammenlignet med vått notlin. Det var ingen signifikant forskjell i ekkostyrke mellom vått og tørt notlin med tråd nr. 12 ved 200 kHz. Ekkostyrken på notlin som var tørt da det ble satt i vannet gikk ned med opptil 10 dB på 50 minutter. Ekkostyrken var noe svakere når notlinet ble målt med en innfallsvinkel som avvek fra vinkelrett med omtrent 20° (Figur 12).

3.3.2 Akustisk demping

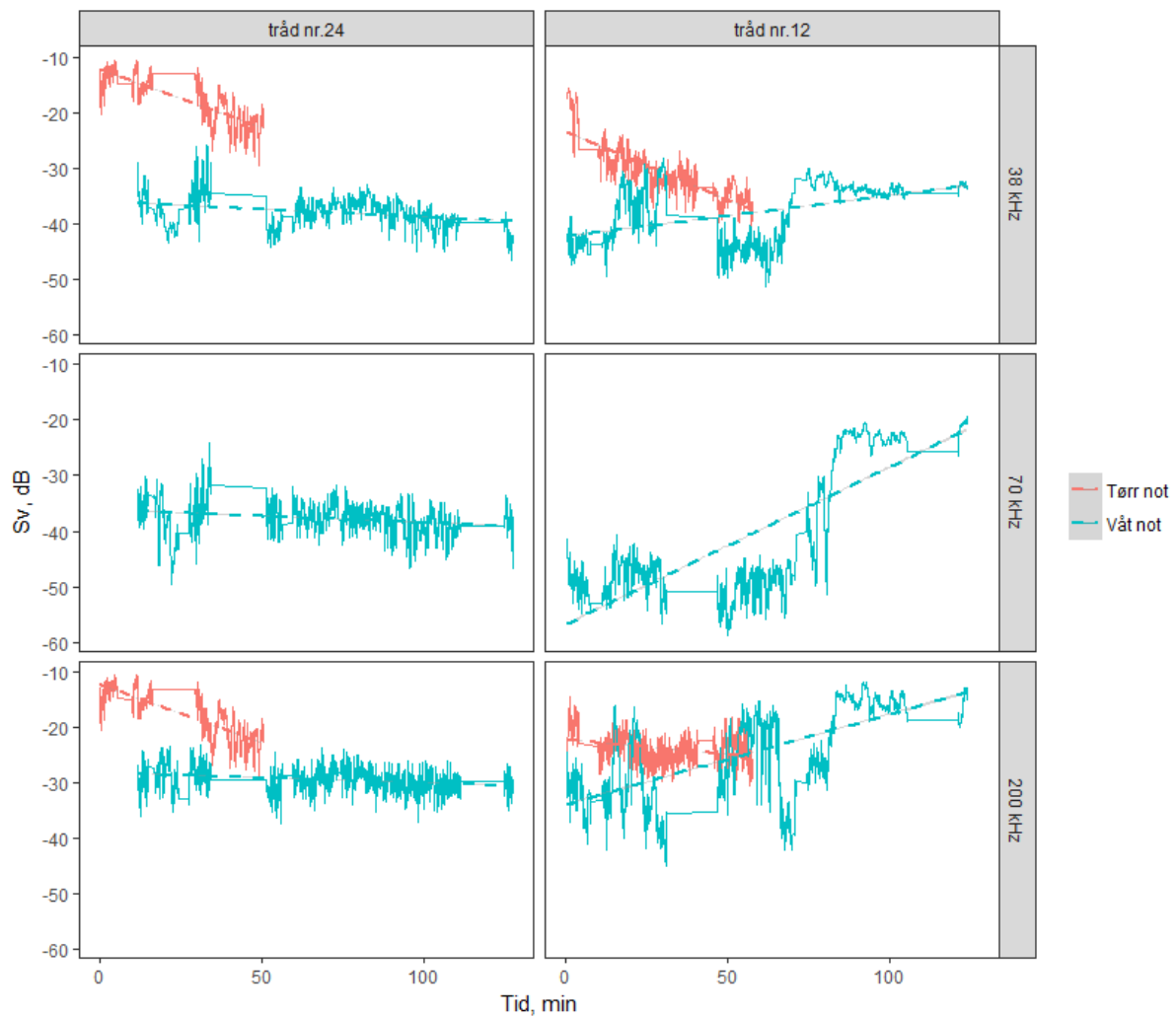
Ekkostyrken av kalibreringskula gikk i gjennomsnitt ned med 6.2 - 8.9 dB når den ble målt bak notlinet med tråd nr. 12 (Figur 13). Forskjellen i ekkostyrke foran og bak notlinet var størst ved 200 kHz. Det var utfordrende å detektere kalibreringskula bak notlinet med tråd nr. 24, noe som kan tyde på at dempingen var så sterk at ekkoene var vanskelige å skille fra bakgrunnsstøyet.

3.3.3 Frekvensrespons

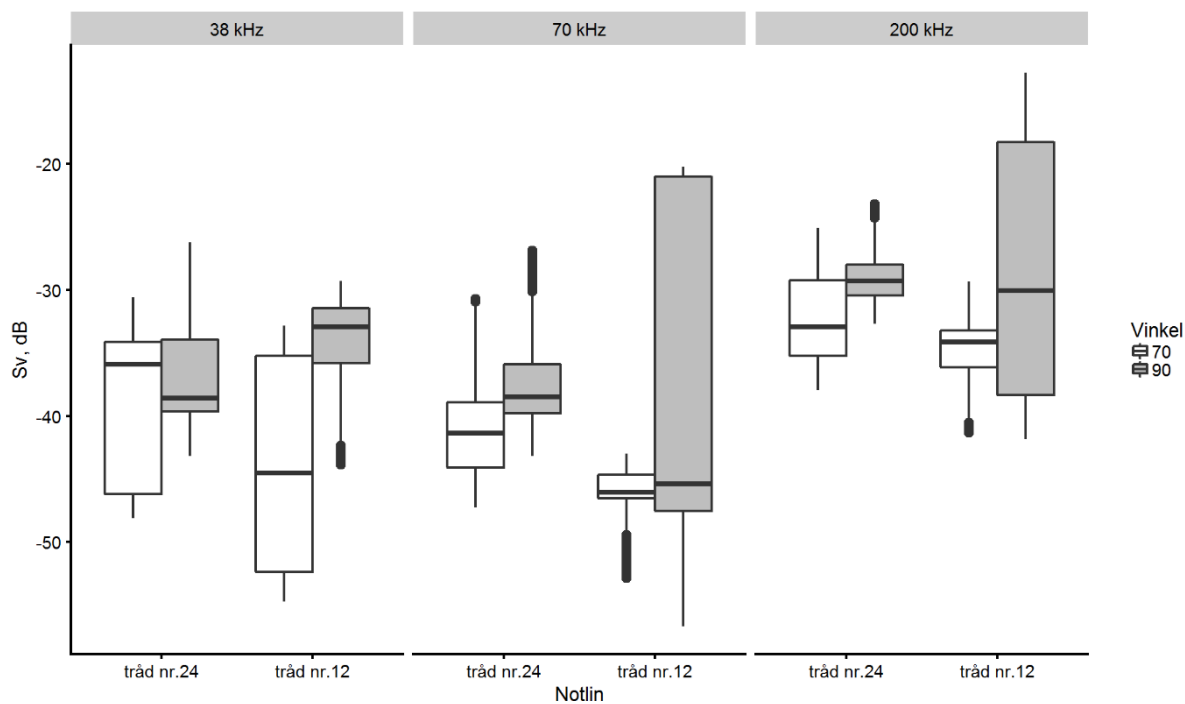
Den akustiske frekvensresponsen økte med økende frekvens og var klart sterkest ved 200 kHz for notlin med tråddykkelse nr. 12 og 24 (Figur 14).



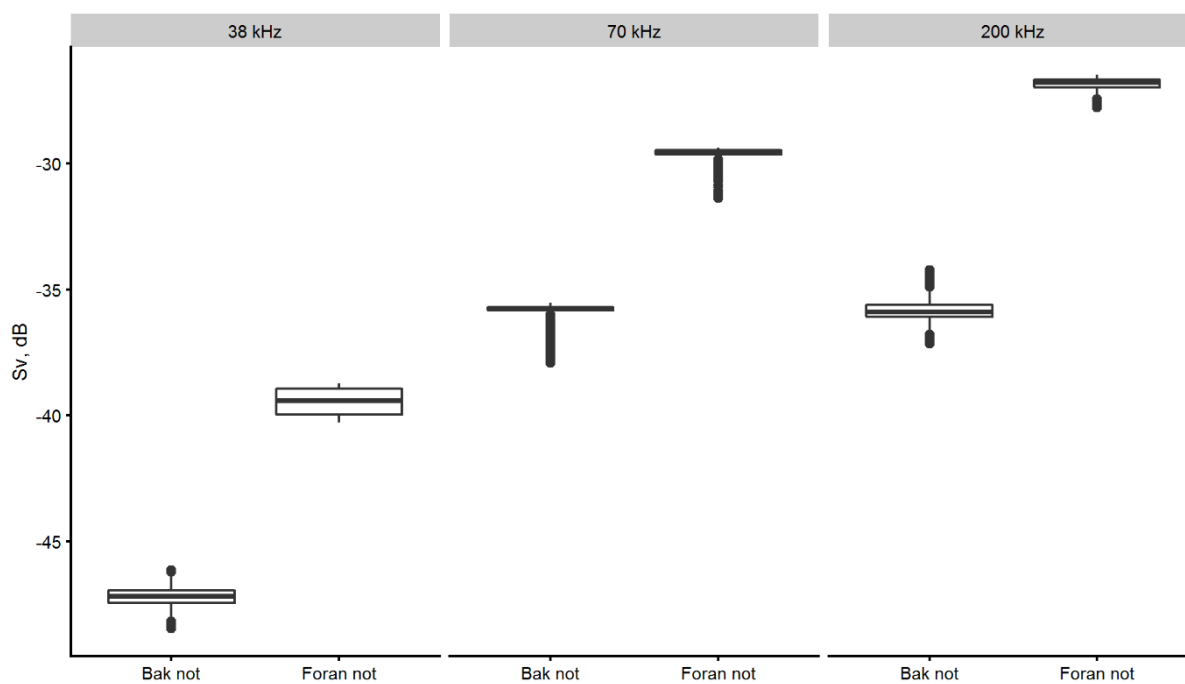
Figur 10. Ekkogram som viser notlin (tråd nr. 24 og 12) målt med 38, 70 og 200 kHz svingere. Notlinet ble målt da det var tørt i ca 50 minutter og etter å ha ligget i vann over natten i ca 120 minutter. Y-aksis viser avstand fra transducer og fargeskalaen styrken på ekkøene (S_v) -5 (rød) til -70 (mørkeblå) dB.



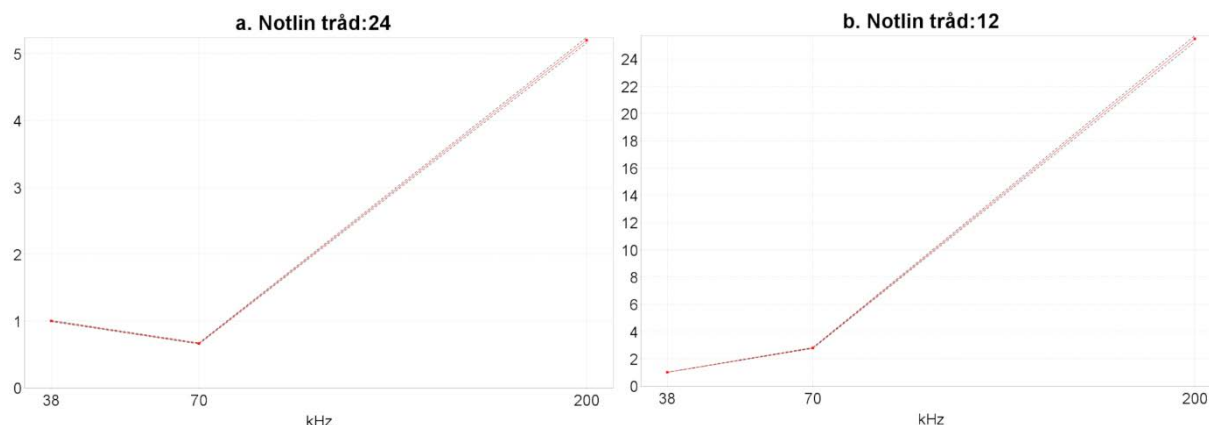
Figur 11. Gjennomsnittlig ekkostyrke (S_v , dB) vist som løpende gjennomsnitt ± 10 ping for notlin med tråddykkelse nr. 12 og 24 målt ved 38, 70 og 200 kHz. Notlinet ble målt da det var tørt før det ble satt i vannet (rød) i omtrent 50 minutter og etter å ha vært i vannet over natten (blå) i omtrent 120 minutter. De stiplede linjene er tilpassing fra lineær regressionsmodell.



Figur 12. Gjennomsnittlig ekkostyrke (S_v , dB) fra notlin med trådtykkelse nr. 12 og 24 målt ved 38, 70 og 200 kHz fra to ulike innfallsvinkler; vinkelrett (90) og med 20° avvik fra vinkelrett (70).



Figur 13. Akustisk demping av notlin med trådtykkelse nr 12. I figuren er ekkostyrken (S_v , dB) fra kalibreringskule målt foran og bak notlinet vist. Målingene ble gjort ved 38, 70 og 200 kHz.



Figur 14. Frekvensrespons ved 38, 70 og 200 kHz av notlin med 36 omfars maskestørrelse og tråd nr. 24 (a) og 12 (b).

3.4 Diskusjon

Resultatene tyder på at ekkostyrken fra notlin kan variere med opptil 30 dB avhengig av hvor lenge nota har vært i vannet. Ekkostyrken påvirkes også av trådtykkelse, innfallsvinkel og akustisk frekvens. Gjennomsnittlig ekkostyrke fra notlin var mellom -17 og -48 dB målt ved 38, 70 og 200 kHz. Dette er sterkere ekkoer enn det man vanligvis måler i makrell og sildestimer (se avsnitt 2.4). Ekkoet fra nota er dermed både sterkere enn fiskestimenes ekkoer og varierer stort, hvilket gjør det vanskelig å skille mellom ekkoer fra not og fisk.

Frekvensresponsen til notlinet viser at ekkostyrken øker med frekvens fra 38 til 200 kHz. Med tråd nr. 24 var ekkostyrken ved 70 kHz litt lavere enn med 38 kHz. Frekvensresponsen for makrell er relativt lik den til notlin, med økende ekkostyrke med frekvens og høyeste ekko ved 200 kHz (Gorska et al., 2007). Sild har motsatt frekvensrespons til den fra makrell, og ekkostyrken synker med frekvens og er høyest ved 18 og 38 kHz (Korneliussen et al., 2009). Det kan altså være en god ide å bruke lavfrekvent ekkolodd om man ønsker minst mulig påvirkning fra not, og da kan det også være mulig å skille sild fra not basert på forskjeller i ekkostyrke. Det er også mulig at frekvensrespons kan bli brukt til å skille sild fra not. Makrell er vanskeligere å måle inne i nota, både på grunn av at den har lav målstyrke og at frekvensresponsen ser ut til å være veldig lik den til nota. Bedre overvåkingsmetodikk og bedre kunnskap om notas oppførsel i vannet kan komme til nytte om man ønsker å skille fisk fra not akustisk. Det kan da være mulig å skille mellom ekko fra not og fisk basert på fysisk posisjon.

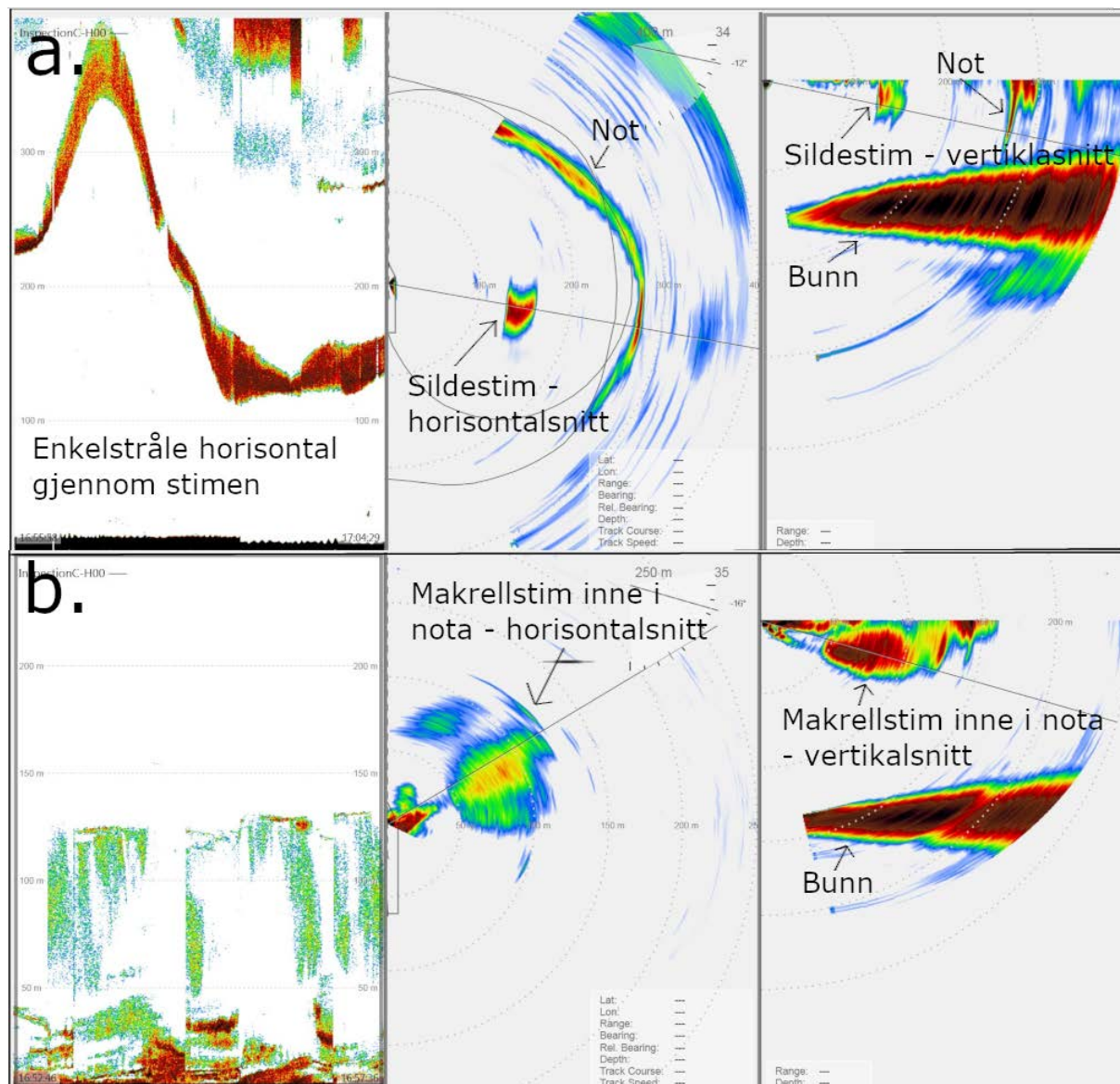
Ekkostyrken fra kalibreringskula var mellom 6.2 og 8.9 dB lavere da kula ble målt bak notlinet med tråd nr. 12. Det betyr at en stor del av ekkoene blir dempet av notlin mellom svinger og fisk. Man klarte ikke å få gode målinger av kalibreringskula bak notlin med tråd nr. 24, hvilket tyder på at demping og forstyrrelse av de akustiske strålene forårsaket av notlin kan ha vært betraktelig sterkere for tråd nr. 24 enn tråd nr. 12. I tette fiskestimer kan akustisk demping også være et problem og det finnes måter å korrigere for det når fiskestimene måles vertikalt (Foote, 1999). Våre resultater viser at ekkostyrken fra nota kan være veldig varierende som kan gjøre korrigering for demping vanskelig. I tillegg ligger nota ofte i folder ved siden av båten når ringene er oppe og nota blir halt in og det kan øke akustisk dempingen og gjøre ekkostyrken enda mer variabel.

4 Akustisk fangstmåling i praksis

4.1 Fartøymontert multistråle sonar

Vanligvis må fiskerisonarer trekkes inn under snurping og innhaling av not for å hindre at nota vikler seg inn i sonaren. Det finnes nå på markedet sonarer som kan brukes under fiske med not (for eksempel Simrad SN90, Kongsberg Maritime). Simrads SN90 sonar har flat svinger som kan festes rett på fartøyets skrog. Sonaren har relativt smale stråler ($5 - 8^\circ$) og flere enkelte stråler som ser horisontalt til siden og gir mer detaljert informasjon om stimens tetthet og dimensjoner (Figur 15). Sonaren har dermed gode forutsetninger for å gi informasjon om fiskestimene før og under fangst. Sonaren er blitt brukt til måling av makrell-, silde- og loddestimer før og under fangst i NFR prosjektene «RedSlip» og «CRISP» i tillegg til FHF prosjektet «Fangstkontroll i notfiske etter pelagiske arter» denne rapporten er en del av (Figur 15). Data samlet før kast og under utsetting av not har vært i stort sett av bra kvalitet og har gitt nyttig informasjon om stimens størrelse og atferd (CRISP, 2017). Under snurping og innhaling av not har kvaliteten på stimmungene vært varierende avhengig av fiskeforhold, men stort sett vært relativt dårlige. Ofte har det sett ut som at ekkoene fra stimen inne i nota har vært svakere og stimen mindre sammenlignet med før kast. Det har da vært antatt at propellstøy og støy som oppstår når båten beveger seg opp og ned i bølger har vært hovedårsaken til den dårlige kvaliteten i dataene. Som del av CRISP, ble en SN90 sonar montert i senkekjølen på FV Eros. Svingeren var da ved 8 m dybde når senkekjølen var nede i motsetning til omtrent 5 meter i kroget. Foreløpige resultater tyder på at målingene av fiskestimer inne i nota ble bedre, men var fortsatt ikke bar nok til å estimere for eksempel stimstørrelse eller tetthet. SN90 sonaren opererer mellom 70 og 110 kHz.

Resultatene fra propellstøyforskene tyder på at det å senke sonaren ned til 8 m dybde vil forbedre dataene. Det er fortsatt uklart hvor dypt luftboblene fra hovedpropellen går, men baugpropellen går sannsynligvis ikke mye dypere enn 8 m. Til tross for at man kommer under propellstøyet vil man fortsatt ha problemer med akustisk demping forårsaket av notlinet mellom sonaren og stimen. I våre målinger var nota strekt ut, men i fiskeri kan det ligge i folder foran sonaren og dempingen være enda kraftigere.



Figur 15. Skjermdump fra Simrad SN90 sonaren (Kongsberg Maritime). Et snitt gjennom stimen kan ses vertikalt og horisontalt. I tillegg vises data fra en enkel stråle gjennom stimen som et ekkogram. Øvre panel: nordsjøsildestim under utsetting av not; nedre panel: makrellstim under innhaling av not.

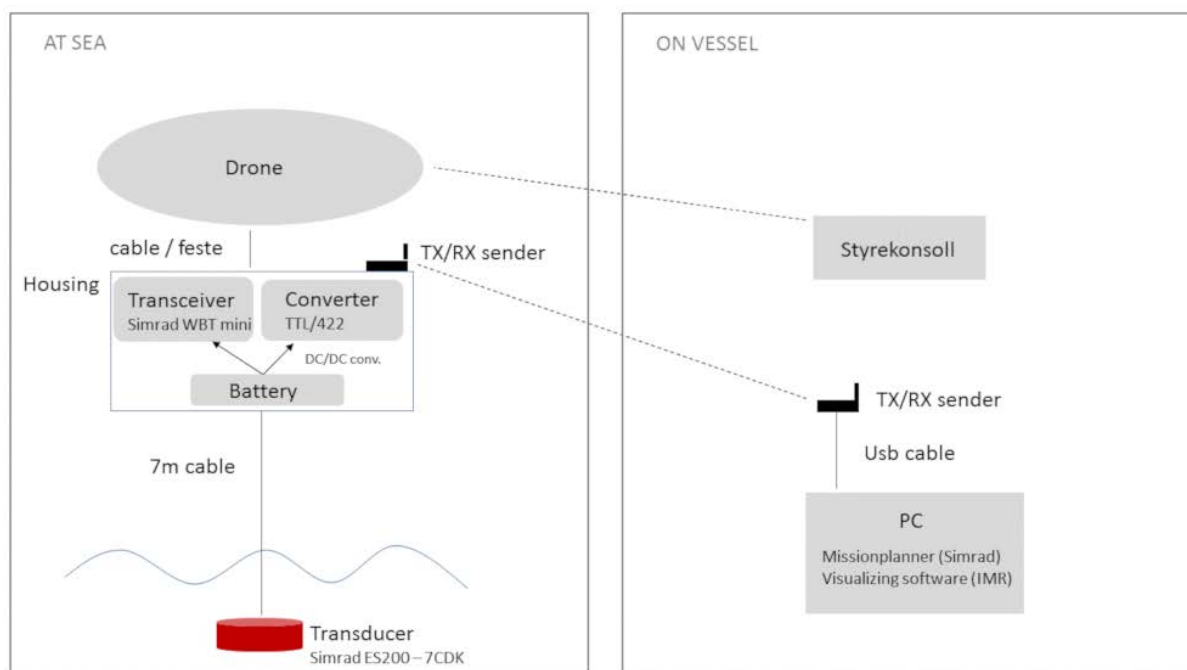
4.2 Ekkolodd senket inn i stimen

En alternativ løsning til fartøymontert instrumentering er instrumentering som festes i notveggen eller som blir satt ut i nota ved hjelp av undervannsfarkost eller drone. Man kan på den måten unngå både propellstøy og akustisk demping fra not. Utfordringer kan være overføring av store datamengder og visualisering i sanntid, montering om instrumentene festes i nota, samt vekten av flerstrålesonarer. Rask pågående utvikling innen fiskeriinstrumentering, trådløs dataoverføring og håndtering av store datamengder kan sannsynlig løse utfordringene i fremtid om det er interesse for å tilpasse metodikken til notfiske. Det er ikke usannsynlig at det i fremtiden vil være mulig å bruke mobil flerstråle sonar eller skanning sonar til sanntidsmåling av fiskestimer i nota eller bredbåndsakustikk til arts- og størrelsesestimering. Laserteknologi og stereokamerateknologi kan være gode alternativer til akustisk instrumentering.

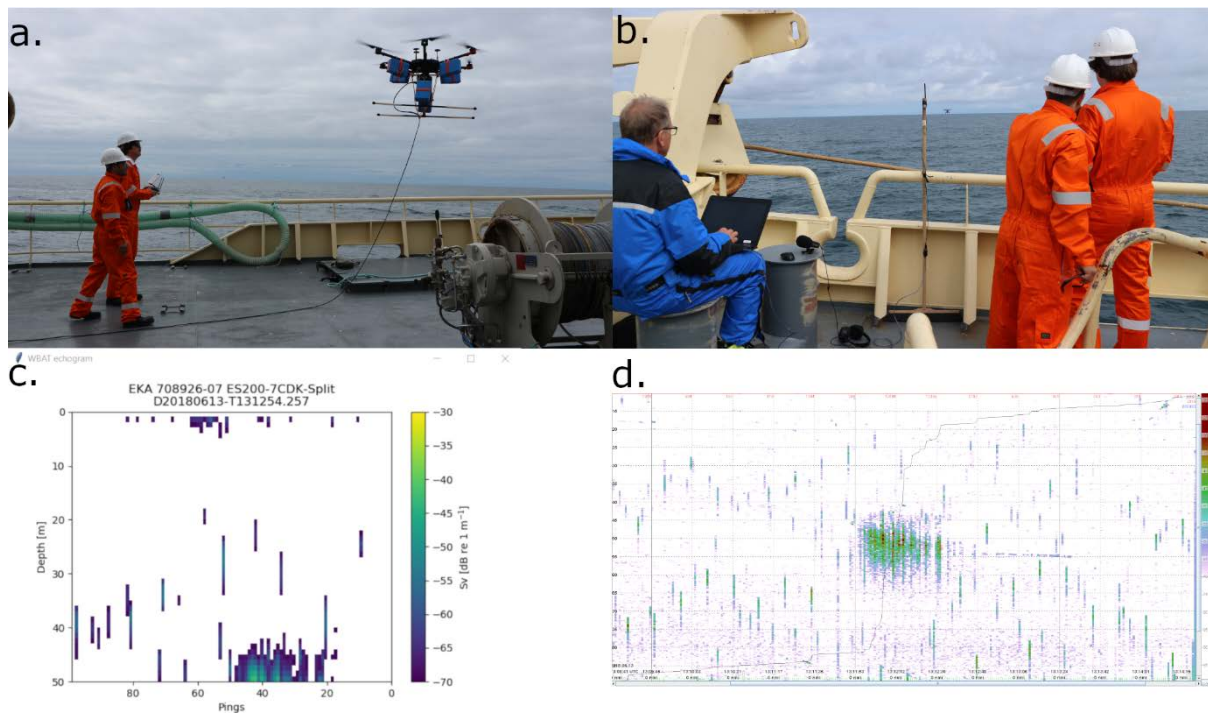
Etter ønske fra referansegruppen i prosjektet har man begynt å se på muligheter for å senke ekkolodd i nota. Et enkeltstråle-ekkolodd inne i noten vil kunne måle fisken på kortere avstand, noe som vil gi høy oppløsning. Det vil også være mulig å måle fisken vertikalt, noe som gir bedre tetthetsestimater enn horisontal måling. Sammenlignet med flerstråle sonar mister man oversikten over stimen ettersom bare en liten del av stimen blir målt. Likevel kan ekkoloddet flyttes rundt i noten, og sammen med tetthet kan det gi en indikasjon på mengde fisk. Dette kan være et godt første steg mot akustisk fangstovervåking inne i nota.

I samarbeid med Birdview AS og Simrad har Havforskningsinstituttet utviklet et system der fiskestimer kan måles med vitenskapelig ekkolodd (Simrad WBT mini transceiver med Simrad ES200 – 7CDK svinger) festet under flyvende drone (Figur 16). Deler av rådataene blir overført og visualisert i sanntid, i tillegg til at rådataene lagres i en minnebrikke på transceiver for etter-prosessering. Utfordringen var å bygge om WBT mini slik at vekten ble redusert (Figur 17). Transceiver var montert i en peli-case boks sammen med batteri og radio modem. Denne ble så festet til dronen. Svinger hang i en 7 m lang kabel under dronen ved flyging. Når dronen stoppet opp ble svinger senket i vannet og ekkoloddet (WBT) ble startet for å måle fiskestimer. WBT mini ble operert fra en PC på båten via et radiomodem. Det var da mulig å starte/stoppe pinging og sende komprimerte S_v data til båten.

Konseptet ble testet i felt sommeren 2018 og små sildestimer ble målt. Det var en del problemer med styringen av dronen på grunn av forstyrrelser fra båten som påvirket kompasset. Det vil også være behov for en drone med lenger flytid og som tåler bedre regn og vind. Det er planlagt videre forsøk sommeren 2019.



Figur 16. Systemdiagram for drone med ekkolodd



Figur 17. Birdview AS opererer flyvende drone med ekkolodd (Simrad ES200 – 7CDK transducer og WBT mini transeiver) (a). Data blir overført fra drone til pc gjennom radiolink (b). Dataene blir visualisert (c). Rådata lagret i instrumentboksen under dronen etterprosesseres i lss (d).

5 Anbefalinger og konklusjoner

Fangstmåling under fiske med not er utfordrende, men vil gi bedre kontroll over fangsten til fiskerne samt ny kunnskap og metodikk som kan gjøre fremtidens notfiskerier enda bedre. I denne rapporten har vi sett på to av problemstillingene; propellstøy og forstyrrelse fra ekkoer fra notvegger. Det er andre kilder til støy som kan påvirke akustisk måling under notfiske, for eksempel elektrisk støy fra maskineri og fra bølger og fartøybevegelse, men som ikke blir dekket i dette prosjektet. Vi har gjort kontrollerte forsøk som ikke nødvendigvis er helt likt det som skjer i kommersielt fiskeri. Likevel har forsøkene gitt nyttig informasjon om ekkostyrke og utbredelse av propellstøy samt ekkostyrke, akustisk demping og frekvensrespons av notlin, informasjon som kan hjelpe oss videre med utvikling av akustisk fangstovervåking. Under konkluderer vi med en liste over alternative løsninger som kan bedre akustisk fangstovervåking.

- **Senke ned fartøymontert sonar:** Montering av sonar dypere enn dagens praksis for å unngå propellstøy har blitt diskutert tidligere, og dette ble testet på Eros der sonaren ble montert i senkekjølen. Til tross for forbedring i målingene var det klart at det ikke løste alle problemer. Våre resultater tyder på at det å montere sonaren i 8 – 10 m dyp sannsynligvis løser problemet med baugpropellstøy, men det er mer usikkert hvor dypt ned man må for å komme under hovedpropellstøy. Det er også kun noen få fiskebåter som har senkekjøle, i tillegg til at det kan være risikabelt å ha senkekjølen nede under fiske. Dermed kan det være utfordrende å montere sonaren dypere på en praktisk måte.
- **Måle stimene når propellene er av:** Et alternativ er å utnytte tidsperioder da propellene ikke er i gang til fangstmåling. Resultatene viste at baugpropellstøy forsvinner innen noen minutter, mens hovedpropellstøy blir værende noe lenger tid i vannet. Det er usikkert om propellene er slått av i lange nok tidsperioder under fisket for at man skal få gode stimmålinger. Sonarmålinger i felt tyder på at til tross for at propellene er slått av er stimdataen ofte av dårlig kvalitet.
- **Alternativ fartøymontert instrumentering:** Selv om man finner en løsning på problemene med propellstøy, har man fortsatt problemet med demping av de akustiske signalene som forårsakes av notlinet mellom svinger og fisk. I våre forsøk målte vi en 6 - 8 dB reduksjon i ekkostyrken (S_v) når målingene ble gjort gjennom et enkelt lag av notlin med tråd nr. 12. Dempingen kan være betydelig kraftigere når nota ligger i folder foran sonaren eller når trådet er tykkere, likt den som brukes i tørka. Det kan finnes alternative instrumenter som ikke blir berørt i like stor grad av luftboblestøy og akustisk refleksjon fra not. Høyfrekvent sonar (for eksempel Aris, <http://www.soundmetrics.com/Products/ARIS-Sonars>) eller laser og kamerateknologi (for eksempel Utofia, <https://www.utofia.eu/>) kan være interessante alternativ.
- **Montering av instrumentering i notveggen:** Gjennom å montere instrumentering i notveggen løser man problemene med akustisk støy rundt fartøyet. Samtidig som man sparer utviklingstid, penger og arbeidskraft som kreves for å sette ut instrument med drone eller undervannsfarkost. Det kan være en utfordring å montere instrument i notveggene slik at man får gode stimmålinger og at man har kontroll på retningen av de akustiske strålene i forhold til fartøy, not og stim. Det kan også være vanskelig å feste og løsne instrumenter montert midt i nota under fiske. Likevel kan det være verdt å utforske muligheter av å for eksempel feste trålsonar i notveggen (for eksempel Furunos Seine Explorer eller trål sonarer eller Simrads FM90 multistråle trål sonar).

- **Utsetting av instrumentering inn i nota:** I dette prosjekt har man gjort noen innledende forsøk med å måle fiskestimer med ekkolodd montert under flyvende drone. Tanken er at man skal bruke systemet til måling av stimetthet og -atferd inne i nota. Fordelen med å sette ut instrumentene i nota er at man kan komme nærmere fisken og dermed få høyere oppløsning i dataene. Noe som gjør det enklere å skille mellom not- og fiske-ekkoer samtidig som det åpner opp muligheter for arts- og størrelsesidentifikasjon med bredbåndsakustikk. Det kreves videre utviklingsarbeid før akustisk instrumentering kan settes ut i nota på måte som er praktisk for fiskerne, men allerede nå kan systemet som ble utviklet bidra til bedre vitenskapelig kunnskap om stimenes atferd inne i nota. Det gjenstår å undersøke om flyvende eller undervannsdrone er mest praktisk og hvilken instrumentering som kan tilpasses en drone og gi nyttig informasjon fangsten.

6 Referanser

- Anon 2008. Act of 6 June 2008 no. 37 relating to the management of wild living marine resources ("The marine resources act"). Ed. by I. a. F. Norwegian Ministry of Trade.
- Au, W. W. L., and Jones, L. 1991. Acoustic reflectivity of nets - implications concerning incidental take of dolphins. *Marine Mammal Science*, 7: 258-273.
- CRISP. 2017. Annual Report. 40 pp.
- Crowder, L. B., and Murawski, S. A. 1998. Fisheries bycatch: Implications for management. *Fisheries*, 23: 8-17.
- Demer, D. A., Berger, L., Bernasconi, M., Bethke, E., Boswekk, K., Chiu, D., Domokos, R., et al. 2015. Calibration of Acoustic Instruments. ICES Document 326.
- Foote, K. G. 1999. Extinction cross-section of Norwegian spring-spawning herring. *Ices Journal of Marine Science*, 56: 606-612.
- Gezelius, S. S. 2006. Monitoring fishing mortality: Compliance in Norwegian offshore fisheries. *Marine Policy*, 30: 462-469.
- Gorska, N., Korneliussen, R. J., and Ona, E. 2007. Acoustic backscatter by schools of adult Atlantic mackerel. *Ices Journal of Marine Science*, 64: 1145-1151.
- Horne, J. K. 2000. Acoustic approaches to remote species identification: a review. *Fisheries Oceanography*, 9: 356 - 371.
- Korneliussen, R., Ona, E., Eliassen, I. K., Heggelund, Y., Patel, R., Godo, O. R., and Giertsen, C. 2006. The Large Scale Survey System—LSSS. *In Proceedings of the 29th Scandinavian Symposium on Physical Acoustics*. Ustaoset.
- Korneliussen, R. J., Heggelund, Y., Eliassen, I. K., and Johansen, G. O. 2009. Acoustic species identification of schooling fish. *Ices Journal of Marine Science*, 66: 1111-1118.
- MacLennan, D. N., Fernandes, P. G., and Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *Ices Journal of Marine Science*, 59: 365-369.
- Nishimori, Y., Iida, K., Furusawa, M., Tang, Y., Tokuyama, K., Nagai, S., and Nishiyama, Y. 2009. The development and evaluation of a three-dimensional, echo-integration method for estimating fish-school abundance. *Ices Journal of Marine Science*, 66: 1037-1042.
- Pedersen, G., Handegard, N. O., and Ona, E. 2009. Lateral-aspect, target-strength measurements of in situ herring (*Clupea harengus*). *Ices Journal of Marine Science*, 66: 1191-1196.
- R-Core-Team 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rasband, W. S. 1997-2018. Image J. U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA.
- Tenningen, M., Macaulay, G. J., Rieucou, G., Pena, H., and Korneliussen, R. J. 2017. Behaviours of Atlantic herring and mackerel in a purse-seine net, observed using multibeam sonar. *Ices Journal of Marine Science*, 74: 359-368.
- Tenningen, M., Pena, H., and Macaulay, G. J. 2015. Estimates of net volume available for fish shoals during commercial mackerel (*Scomber scombrus*) purse seining. *Fisheries Research*, 161: 244-251.
- Trevorrow, M. V., Vagle, S., and Farmer, D. M. 1994. ACOUSTICAL MEASUREMENTS OF MICROBUBBLES WITHIN SHIP WAKES. *Journal of the Acoustical Society of America*, 95: 1922-1930.
- Vatnehol, S., Pena, H., and Ona, E. 2017. Estimating the volumes of fish schools from observations with multi-beam sonars. *Ices Journal of Marine Science*, 74: 813-821.

Retur: Havforskningsinstituttet, Postboks 1870 Nordnes, NO-5817 Bergen

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
Institute of Marine Research

Nordnesgaten 50 – Postboks 1870 Nordnes
NO-5817 Bergen
Tlf.: +47 55 23 85 00
E-post: post@hi.no

www.hi.no

