

927 Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012

NINA Rapport

Karl Øystein Gjelland
Atle Rustadbakken
Thron O. Haugen
Odd Terje Sandlund



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012

Karl Øystein Gjelland
Atle Rustadbakken
Throno O. Haugen
Odd Terje Sandlund



Gjelland, K.Ø., Rustadbakken, A., Haugen, T.O. & Sandlund, O.T.
2013. Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012 – NINA Rapport
927. 27 s. + vedlegg

Trondheim, januar 2013

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2531-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Karl Øystein Gjelland

KVALITETSSIKRET AV

Ingeborg Palm Helland

ANSVARLIG SIGNATUR

Assisterende Forskningssjef Elisabet Forsgren

OPPDRAUGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Direktoratet for naturforvaltning

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Steinar Sandøy

FORSIDEBILETE

Morten Kraabøl

NØKKEWORD

Hedmark, Oppland, Mjøsa

Krøkle, sik, lagesild

Forskningsrapport

Bestandsovervåking fisk

Fiskebiologisk undersøkelse

KEY WORDS

Norway

*Osmerus eperlanus, Coregonus lavaretus, Coregonus albula,
trawl, gillnets, hydroacoustics, fish density estimation, target
strength, fish biomass estimation, fish population monitoring*

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkeldgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

Samandrag

Gjelland, K.Ø., Rustadbakken, A., Haugen, T.O. & Sandlund, O.T. 2013. Forsøk med trål og ekkolodd i Mjøsa, 2012 – NINA Rapport 927. 27 s. + vedlegg

Trål har i liten grad vore brukt ved undersøkingar av fiskesamfunn i norske innsjøar. Gjennom innføringa av Vanndirektivet har Norge forplikta seg til meir regulær oppfølging av den økologiske tilstanden i større vassførekomstar. Tettleik, rekruttering, artsfordeling og vekst hjå fisk er alle parametarar der ein kan forvente relativt rask respons på miljøendringar. Det er derfor viktig å ha datainnsamling med verktøy som gjev eit mest mogeleg representativt bilete av fiskebestandane. Ekkolodd er det viktigaste instrumentet for fiskemengdemåling i dag. Samanlikna med prøvefiskegarn som berre gir relative tettleiksmål som fangst per innsats, gir ekkoloddet kvantitative mål på fiskemengde per overflateareal og vassvolum. Men ekkoloddet gir ikkje direkte informasjon om art, og data frå ekkoloddkøyeringar må derfor alltid supplerast med data frå ein eller fleire fangstmetodar. I denne samanheng er trål ein viktig reiskap. Tråling gjev både biologisk materiale og kvantitativ informasjon om fisketettleik, samt at den kan fange godt på liten fisk som er vanskeleg å fange med garn. Målet med denne undersøkinga var å skaffe erfaring med tråling med ein ny og lett trål tilpassa ferskvassbruk. Samtidig ville me gjere undersøkingar med garnfangsting med multigarn, og bruk av fleire ekkolodd og frekvensar for å vurdere samsvaret dei imellom.

Undersøkinga blei gjennomført i Mjøsa, sør for Mjøsbrua 11.-14. september 2012. Det vart køyrt trål og ekkolodd (70 og 200 kHz) i tre netter og fiska med garn i to netter. Trål og flytegarnfisket blei gjennomført i djupneintervalla 0-6 m og 15-22 m. Samla var fangstane 805 fisk i trålen, 305 fisk i flytegarna, og 413 fisk i botngarn. Drøftinga av resultata fokuserer på den pelagiske fisken. Trålfangsten og garnfangsten utfyller kvarandre. Trålen fanga godt på 0+ krøkle, som ikkje vart fanga på garn. Samstundes fanga trålen lite fisk >15 cm, storleikar som utgjorde ein stor del av garnfangsten. Med berre ein av metodane (trål eller garn) ville me fått eit mykje dårlegare bilete av fiskesamfunnet. Fangstane i pelagialen var dominerte av krøkle. Grovt estimerte tettleikar ut frå trålfangstane var i same storleikssorden som akustisk estimerte tettleikar. Både i fangstar og med ekkolodd observerte me ein storleiksstrukturert fiskebestand. I storleiksfordelinga frå fangstane observerte me ein topp kring 30-35 cm bestående av sik, ein kring 19-23 cm bestående av lagesild og stor krøkle, ein topp kring 12 cm (krøkle), samt ein topp kring 5 cm (0+ krøkle). Tilsvarende var det fire toppar i ekkostyrkefordelinga, men ingen av dei vanleg brukte regresjonane mellom lengde og ekkostyrke gav god tilpassing mellom fiskelengde og ekkostyrke for alle toppane. Me observerte tydelege habitatskilnader mellom ulike artar og storleiksgrupper både i fangstar og med ekkolodd, ein klar indikasjon på at observasjonar med ekkoloddet kan brukast til å indikere ulik habitatfordeling mellom ulike storleiksgrupper og artar i fiskesamfunnet. Me fann vidare godt samsvar mellom resultata frå dei ulike ekkolodda (to 70 kHz og eit 200 kHz). Som forventet kunne 200 kHz også brukast til å skilje *Mysis* frå fisk.

Basert på erfaringane frå dette studiet vil me koma med følgjande tilrådingar for det vidare arbeidet med overvaking av fiskesamfunn i større innsjøar:

- Bruk av ekkolodd for mengdeberekning og storleiksamansetjing bør vere standard metode. Ingen andre metodar kan gje tilsvarende pålitelege data og tilsvarende god dekningsgrad innanfor eit forsvarleg budsjett.
- Ekkoloddundersøkingane må utfyllast med fangstdata. Resultata frå denne runden tydde på at både trål og garn må nyttast, men me trur at med vidare utvikling av trålen kan tråling åleine vere tilstrekkeleg for fiske i pelagialsona.
- Vellukka tråling krev erfaring, og me tilrår bruk av djupnesensorar for å ha kontroll med trålens oppførsel. Det vil også vere til nytte ved dokumentering av arbeidet. Me tilrår også å setje av noko ekstra tid og midlar til vidare utprøving av trål som metode, gjerne med ein trål som har større opningsareal enn den me prøvde ut i dette arbeidet.

- Det bør arbeidast målretta for å betre kunnskapen om samanhengen mellom ekkostyrke og fiskestorleik, for å kunne nytte meir av informasjonen ekkoloddet gjev om fiskebestandane.
- Det bør frå forvaltninga si side arbeidast aktivt for å utarbeide retningslinjer for konsistent design for undersøkingar, bruk av analysemetodar, og rapporteringsvariablar (inkludert terminologibruk) for større innsjøar. I denne samanhengen bør ein tenke på å få rapportert tilstrekkeleg mengde med rådata eller prosesserte data, slik at nye analysar av eksisterande data kan gjennomførast dersom eller når nye metodar og modellar vert tilgjengelege. Dette er særleg viktig for å heve samanlikningsgrunnlaget mellom ulike undersøkingar, anten det er mellom innsjøar eller mellom ulike aktørar som arbeider i same innsjø. Ikkje minst vil dette vere viktig for å kunne spore endringar i økologisk tilstand over tid, eller i høve til referansetilstand.

Karl Øystein Gjelland, Norsk institutt for naturforskning
Karl.Gjelland@nina.no

Abstract

Gjelland, K.Ø., Rustadbakken, A., Haugen, T.O. & Sandlund, O.T. 2013. Pilot survey with trawl and echosounding in Lake Mjøsa, 2012 – NINA Report 927. 27 pp. + attachments.

Trawling has only to a very limited degree been used for surveys of Norwegian freshwater fishes. Norway has through implementation of the EU Water Framework Directive, committed to do regular surveys of the ecological condition of major waterbodies. Fish abundance, recruitment, species composition and growth are all parameters where one can expect relatively rapid responses to environmental change. In order to achieve an unbiased picture of the fish community it is therefore of high importance to use tools that minimize selective sampling of certain groups. The echosounder does this, and is today the most important tool for fish abundance estimation. However, species information can only be inferred from the echosounder data, and not obtained directly. It is therefore necessary to complement echosounding by biological sampling, normally either by gillnets or by trawling. Trawling gives both biological samples and density information, and it may be effective on small fish that are difficult to catch by gillnets. The objective of the present work was to obtain experience with the use of a new lightweight trawl specifically made for freshwater research. We also wanted to do simultaneous sampling with multimesh gillnets and several echosounders, and to compare the results between the methods.

The survey was accomplished on the 11-14th of September 2012 in Lake Mjøsa, just south of the "Mjøsbrua" bridge crossing the lake close to Moelv. Pelagic and benthic gillnet fishing was performed for two nights, and trawling and echosounding (70 and 200 kHz) for three nights. In the pelagic, the depth intervals 0-6 m and 15-22 m was fished with gillnetting and trawl. Total catches were 805 fishes in the trawl, 305 in the pelagic gillnets, and 413 in the benthic gillnets. The further treatment has a focus on the pelagic catches. Trawl and gillnet catches was complementary to each other in size composition. Whereas the trawl effectively caught approx. 5 cm young of the years (0+) of smelt (*Osmerus eperlanus*) that were not caught in the gillnets, the trawl barely caught fish >15 cm, sizes that constituted a large part of the gillnet catches. With only one of the methods, we would have a strongly biased picture of the fish community and size structure. The pelagic catches were dominated by smelt. Coarse density estimations from the trawl catches was of the same order as the acoustic density estimates. A size-structured fish population was observed both within the catches and with the echosounder. Four size distribution peaks were observed in the catches, at 30-35 cm (whitefish *Coregonus lavaretus*), 19-23 cm (smelt and vendace *C. albula*), approx. 12 cm (smelt), and at approx. 5 cm (0+ smelt). Analogously, there were also four peaks in the target strength distribution observed with the echosounder, but none of the commonly used length to target strength relationship for the relevant species could fit all observed size peaks to all of the observed target strength peaks. We also observed clear habitat segregation in size groups both within catches and acoustic data, indicating that inference on species and size habitat distribution can be drawn from the change in target strength distribution with depth. We also found good concordance between the 70 and 200 kHz echosounders for target sizes corresponding to fish, whereas the 200 kHz echosounder also could be used to separate *Mysis* echoes.

Based on the experience from this study, we want to make the following recommendations for future monitoring of fish communities in larger lakes:

- Use of echosounder should be standard procedure. There are no real alternatives to get reliable, precise and cost-effective fish abundance estimates with a high degree of coverage.
- The echosounder surveys must be complemented with catch data. At present, our experience call for the use of both trawling and gillnets, but we believe that with a further development of the trawl used, trawling only should be sufficient.
- Real-time depth sensors attached to the trawl proved to be very helpful for the judgement of the trawl performance, and should be included also in future studies. Data from these will also aid in documentation of the work. Successful trawling demands some

experience, and we recommend allocating some extra time (and finances) for training of the personnel.

- More research on the relationship between fish length target strength is needed and should be encouraged, in order to have a better use of the vast information on size distributions gained with the echosounder.
- Efforts should also be made to work out survey, analyses, and reporting guidelines for the monitoring of larger lakes. A sufficient amount of raw or processed data should also be reported, in order to enable later re-analyses of existing data as new knowledge, models and methods emerge. Together, this will enhance the cross-lake, cross-study, and cross-institutions comparison of results and evaluation of ecological change in relation to reference conditions.

Karl Øystein Gjelland, Norwegian Institute for Nature Research
Karl.Gjelland@nina.no

Innhald

Samandrag	3
Abstract	5
Innhald	7
Forord	8
1 Innleiing	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Utfordringar	10
1.3 Målet med undersøkinga	10
1.3.1 Delmål	10
2 Metodar	11
2.1 Generelt	11
2.2 Garnfiske	11
2.3 Partrål	12
2.4 Ekkolodd	12
3 Resultat	15
3.1 Garnfangstar	15
3.2 Trålfangster	16
3.3 Ekkolodd	17
4 Diskusjon	21
5 Referanser	26
6 Vedlegg	28

Forord

Det har vore ei stor utvikling i metodikk for undersøkingar og overvaking av fiskebestandar gjennom dei siste 40 år. Frå bestandsanalysar som i mange tilfelle kunne basere seg på garnfangstar med eit fåtal relativt grove maskevidder, har me gjennom omfattande forskingsinnsats fått standardiserte multigarn med maskevidder i geometrisk serie som er laga for å fange jamt over heile storleiksspekteret. Desse garna er enkle å bruke og krev eit minimum av utstyr. Mykje god forskning og overvaking er basert på garnfiske. For bestandsovervaking i pelagiske fiskebestandar er det imidlertid fleire problem ein ikkje har kome forbi med garnfiske. Det eine er fangbarheita av liten fisk. Sjølv om ein nyttar små maskevidder, går den minste fisken seg i liten grad fast i garn og metoden kan derfor ikkje brukast for å måle rekruttering av første årsklasse (0+). Dette er problematisk, sidan ein blant anna går glipp av å kunne estimere overleving i ein kritisk fase av fiskens liv, men også sidan første årsklassen kan vere svært talrik og i somme samanhengar blir hevda å drive store bestandssvingingar gjennom å utkonkurrere eldre (eventuelt yngre) årsklassar. Eit anna problem med garnfangst er at den berre gjev relative tettleikar som fangst per innsatseining (FPI), og ikkje absolutte tettleikar. Dette kan gjere det vanskeleg å samanlikne verdiar mellom ulike innsjøar og til og med mellom ulike habitat innan same innsjø. Sjølv om mange studiar har rapportert signifikante korrelasjonar mellom FPI og andre mål på fisketettleik, er det ikkje tvil om at det er eit svært grovt mål som medfører stor usikkerheit om faktisk bestandsstorleik. I tillegg er garnsetjing og –tømming arbeidskrevjande, og i overvakings- og forvaltningssamanheng er det urealistisk å få til ei god dekningsgrad med garnfiske i store innsjøar.

For pelagiske fiskebestandar kan bruk av ekkolodd og trål i stor grad bøte på desse problema. Med ekkolodd og trål kan ein dekke store områder på kort tid. Ekkoloddet er ikkje storleiksselektivt, og trålen fangar godt der garn fangar dårleg (liten fisk). Saman utgjør desse metodane et kraftig og effektivt verktøy for overvaking av fiskebestandar, og internasjonalt er det desse metodane som vert brukt i store innsjøar. Sidan eit pioner-arbeid med ekkolodd og trål utført av Odd-Terje Sandlund og Torfinn Lindem i Mjøsa på byrjinga av 1980-talet, har trål i svært liten grad vore brukt i Norge. Dette kjem dels av at trålen var tung å bruke, og dels av at innsatsen for å overvake fiskebestandene i våre store innsjøar har vore relativt liten. Ekkolodd har vore noko meir i bruk, men det har ikkje vore gjort noko standardiseringsarbeid for å sikre overføringsverdien til resultata, eller kalibreringsforsøk mellom ulike typar ekkolodd, frekvensar, og fagpersonell frå ulike institusjonar. I mai 2012 inviterte DN alle norske vitskaplege ekkoloddbrukarar (samt resultatbrukarar frå forvaltninga) til ein workshop for å starte arbeidet med å samanlikne rutinar, samordne metodar, og evaluere potensialet for å fase ekkolodd inn i faste rammer for overvaking av fiskebestandar. Arbeidet presentert i denne rapporten er ei vidareutvikling av denne satsinga, på initiativ frå NINA, NIVA og UMB. Ein viktig del var å gjere seg erfaringar med bruk av ein ny og lettare partrål av ein type som er mykje brukt i Finland, og å samanlikne resultata med garnfangstar og resultat frå ekkoloddkøyring. Me ville også samanlikne metodar og resultat frå forskarar som har arbeidd med ekkolodd uavhengig av kvarandre over ei årrekke.

Dette prosjektet kom i stand som eit samarbeidsprosjekt mellom NINA, NIVA og UMB (Universitetet for Miljø- og biovitenskap), samt Universitetet i Tromsø som stilte eit 200 kHz ekkolodd til disposisjon for prosjektet. Me vil takke Direktoratet for Naturforvaltning for økonomisk støtte til prosjektet. Me takkar John Gunnar Dokk, Stein Ivar Johnsen og Ronni Bakken for stor hjelp i felt. Studentane Mari Berntsen, Gøran Bolme, Kristin Bøe, Henriette Othilie Bøe Kildahl, Morten Meland, Are Endal Rognes, Thomas Rohde, Silje Elvatun Sikveland, Inga Stamnes, Bjørn Sæther, Kirsten Marie Sødal, og Thomas Sørensen ved NATF340 på UMB fortener også stor takk for flott innsats og godt humør i felt! Velfortent takk også til Ingeborg P. Helland for gjennomlesing og kvalitetssikring.

Tromsø, januar 2012

Karl Øystein Gjelland, prosjektleiar

1 Innleiing

1.1 Bakgrunn

I samband med innføringa av Vassforskrifta har Norge forplikta seg til overvaking av økologisk tilstand i store vassdrag og innsjøar. Tilstanden til fiskebestandane er her ein viktig komponent, ikkje minst fordi fiskeressursane er av stor allmenn interesse. Tettleik, rekruttering, artsfordeling og vekst hjå fisk er alle parametarar der ein kan forvente relativt rask respons på miljøendringar. I overvakingssamanheng er det derfor viktig å ha datainnsamling med verktøy som gjev eit mest mogeleg representativt bilete av fiskebestandane.

Bruk av ekkolodd har i dag blitt eit svært viktig verktøy for kartlegging av pelagiske fiskebestandar (Simmonds & MacLennan 2005). Årsakene til dette er at store arealer og vassvolum kan undersøkast i løpet av kort tid, samt at metoden er uskadeleg for fisk. For større innsjøar fins det ingen alternative metodar som kan gje tilsvarende gode tettleiksestimat for fisk. Metoden baserer seg i prinsippet på å omsette returnert ekkoennergi til antal fisk, og storleiksfordeling i den undersøkte bestanden. Det fins ulike metodar for dette, men felles for dei alle er at dei ikkje kan skilje mellom ulike artar av fisk. Det er derfor avgjerande viktig å supplere ekkoloddundersøkingar med fangstdata (Simmonds & MacLennan 2005). Stort sett alle fangsttreiskap er forbunde med ein viss selektivitet som gjev forskyving i resultatet. Dette gjelder garnseriar, oversiktsgarn, storruser, trål og ringnot (Olin mfl. 2009, Emmrich mfl. 2010, Jurvelius mfl. 2011, Emmrich mfl. 2012). Fordi ekkoloddet observerer fisk av alle storleikar, er det viktig å velje ein fangstmetode eller kombinasjon av metodar som gir mest mulig representative fangstdata for alle storleiksgrupper.

Dersom ein kjenner forholdet mellom fiskens lengde og ekkostyrke, kan ein utifrå lengdefordeling i fangsten berekne gjennomsnittleg ekkoennergi for den enkelte fisk (Simmonds & MacLennan 2005). Dette har vore den tradisjonelle metoden for fiskemengdemåling med ekkolodd. Ein dividerer då integrert ekkoennergi med denne utrekna gjennomsnittlege ekkoennergien for enkeltfisk, og finn dermed antalet fisk pr areal eller volum. Denne metoden kan nyttast både på fisk som går i stim og på fisk i oppløyse førekomstar, men forutset at arts- og lengdefordeling i fangst er representativt for fiskesamfunnet som blir undersøkt.

Med innføringa av splittstråle-ekkolodd har ein fått ein god metode for å observere ekkostyrken frå enkeltfisk. Dette forutset at fisken ikkje går i stimar slik at det blir uråd å skilje mellom ekko frå enkeltfisk. Ved å dividere den integrerte ekkoennergien med gjennomsnittleg observert ekkostyrke for enkeltfisk, kan ein rekne ut tettleiken av fisk. For tettleiksestimering er denne metoden derfor uavhengig av fangster. Men den forutset at lengdefordelinga til enkeltfisk registrert av ekkoloddet er representativt for fiskesamfunnet som blir undersøkt (Simmonds & MacLennan 2005). Metoden er derfor god på nattetid når fisken går spreidd, men kan vere meir usikker dersom store deler av fiskesamfunnet går i stim slik det er vanleg på dagtid. Vidare gjev heller ikkje denne metoden direkte informasjon om artsfordelinga i fiskesamfunnet.

Dersom ekkoloddet kan skilje ut ekko frå enkeltfisk, kan ein også bruke den observerte ekkostyrkefordelinga for å få eit bilete av storleiksfordelinga i fiskebestanden. Sidan ulike fiskeartar gjerne har ulik gjennomsnittslengde, kan ein derfor også bruke den observerte ekkostyrkefordelinga som ein indikasjon på artsfordelinga. Det er då viktig å kjenne forholdet mellom fiskelengde og ekkostyrke. Slike regresjonslikningar fins utleidd av teoretiske betraktningar, samt gjennom empiriske tilnærmingar. Dette forholdet er frekvensavhengig, og også i nokon grad artsspesifikt. Det er store forskjellar mellom artar med og utan svømmeblære, fordi gassfylte blærer gir mykje sterkare ekko enn berre fiskevev (Simmonds & MacLennan 2005). Det kan vidare vera vesentlege forskjellar mellom fysostome og fysokliste fiskeartar, det vil seie fiskar med og utan opning mellom svømmeblære og svelgregionen. Utover desse store linjene i artslektskap, kan det også vere forskjellar mellom artar, avhengig av fiskens feittinnhald og utforming av kropp og svømmeblære.

1.2 Utfordringar

Ein av dei store utfordringane i samband med innsjøundersøkingar er såleis å skaffe fangstar som er representative for fiskesamfunnet. I Norge har slike undersøkingar i dei seinare år i stor utstrekning basert seg på garnfangstar med oversiktsgarn eller garnseriar med geometrisk auke i maskevidder (Appelberg mfl. 1995). Fleire arbeid viser imidlertid at større fisk er overrepresentert i slike fangstar og at mengda av liten fisk vert kraftig underestimert (Olin mfl. 2009, Prchalova mfl. 2009, Jurvelius mfl. 2011). Dette skuldast at både individas åtferd og utstyrets selektivitet endrar seg med fiskens størrelse. Trål er eit alternativ til fiske med oversiktsgarn. Trålen har ofte motsett seleksjon som garn; stor fisk har lettare for å unnslepe trålen enn liten fisk. Her er faktorar som trålehastigheit, tråloppning og maskevidde i fangstposen viktig (Somerton mfl. 2011). Generelt sett er trålen vurdert som mindre selektiv enn garnfangst. I tillegg er trålen betre eigna til å undersøke større areal over eit kortare tidsintervall enn garn, og innsatsen per fanga fisk er gjerne vesentleg mindre.

Ei anna stor utfordring i samband med innsjøundersøkingar og bruk av ekkolodd er å ha ein påliteleg modell for samanhengen mellom fiskelengde og ekkostyrke. Det fins i dag fleire ulike modellar for viktige fiskeslag som lagesild, sik og krøkle (t.d. Lindem & Sandlund 1984, Rudstam mfl. 2003, Mehner 2006, Peltonen mfl. 2006). Problemet er at fleire av desse modellane kan gje svært ulike resultat i storleikssamansetjing og i tettleiks- og biomasseestimat. Det er derfor eit behov for å få verifisert kva modellar som eignar seg best for fiskesamfunn i norske innsjøar.

Ei tredje viktig utfordring er å utarbeide felles retningslinjer for innsjøundersøkingar der det skal nyttast ekkolodd. Her er både studiedesign, førebuing, gjennomføring, etterprossessering, databehandling og rapportering viktige nøkkelpunkter. Felles retningslinjer/standardisering her er særleg viktig for at undersøkingar mellom ulike år, ulike innsjøar, og ulike mannskap/aktørar skal vere samanliknbare. I Dei store sjøar i Nord-Amerika er standardiserte retningslinjer på plass, medan det europeiske standardiseringsarbeidet mellombels har stansa på grunn av finansielle problem. Sjølv med desse standardiseringsarbeida på plass, må det utarbeidast retningslinjer som tilpassar bruken for norske forhold.

1.3 Målet med undersøkinga

Hovudmålet med denne undersøkinga var å legge grunnlaget for bruk av trål kombinert med ekkoloddundersøkingar i norske innsjøar, med sikte på å kunne gjennomføre full undersøking av pelagiske fiskesamfunn i Mjøsa og andre store norske innsjøar i 2013 og åra framover.

1.3.1 Delmål

I tillegg var det fire delmål:

1. Skaffe erfaring med bruk av partrål i ulike djupnesjikt.
2. Samanlikne trålfangstar med garnfangstar i ulike djupnesjikt.
3. Samanlikne resultat mellom 70 og 200 kHz og mellom to båtlag for metodekalibrering.
4. Basert på erfaringar frå dette arbeidet, gi råd i høve til retningslinjer for bestandsundersøkingar i norske innsjøar.

2 Metodar

2.1 Generelt

Feltarbeidet vart gjennomført 11.-14. september 2012. All tråling, garnfiske og ekkoloddkøyring vart utført i området like sør for Mjøsbrua (Fig. 1). Feltarbeidet vart integrert med eit feltkurs (NATF340) ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). Dette gav gode synergjar; me fekk studenthjelp til å handtere fisk, og studentane fekk prøve og vere med på feltarbeide som inkluderte garnfiske, tråling og ekkoloddkøyring. I denne rapporten er punktum (.) brukt som desimalteikn.

2.2 Garnfiske

Prøvefiske med garn var gjennomført i nettene mellom 12. og 14. september (Fig. 1). Det vart fiska med 13 stk. nordiske botngarn (12 maskevidder frå 5 til 55 mm, kvart maskepanel 2.5 m langt og 1.5 m djupt) kvar natt på ulike djup ned t.o.m. 40 m. Det vart fiska pelagialt med flytegarn dei same to nettene som botngarnfisket. Det blei fiska med to seriar å to nordiske flytegarn (11 maskevidder i geometrisk stigning frå 6.25 til 55 mm, kvart maskepanel 2.5 m langt og 6 m djupt). Den eine serien vart satt i overflata (0-6 m), den andre i djupneintervallet 15-21 m, i områda vist på kartet (Fig. 1). Garn- og trålfangster vart opparbeida av studentane under kyn- dig rettleiing. Enkelte fangstar vart frosne ned og opparbeida sidan på labfasilitetar på UMB.

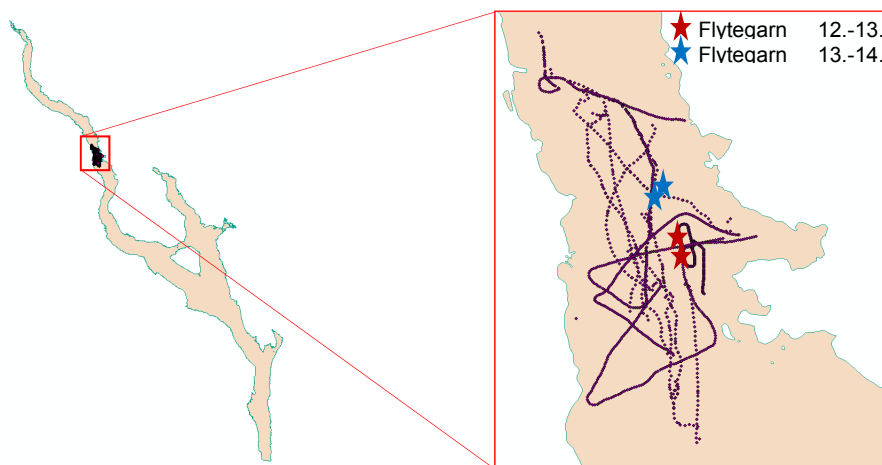
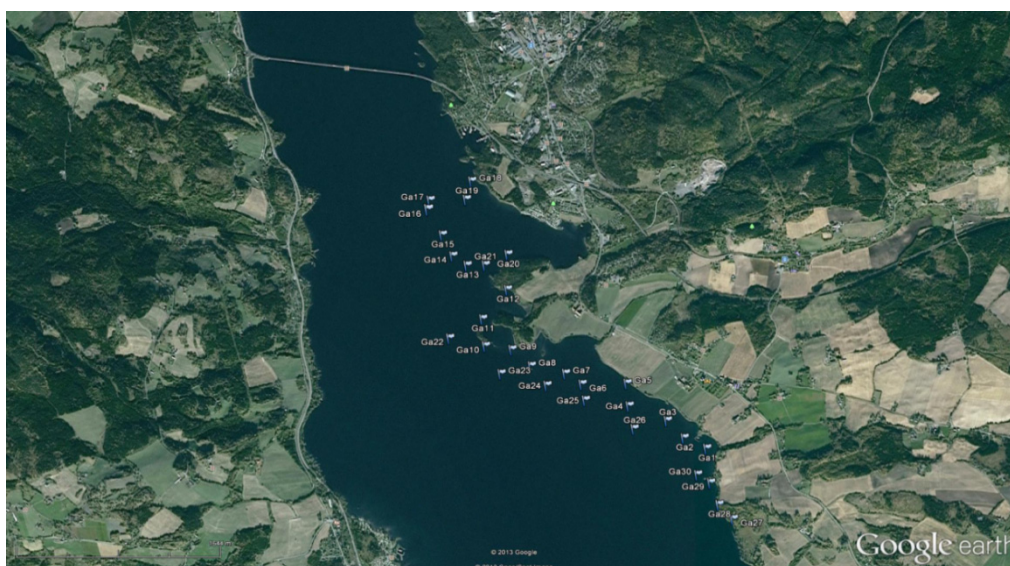


Fig. 1. Området undersøkt i dette arbeidet, rett sør for Mjøsbrua. Øvst: Flaggsymbola indikerer garnfiskestasjonane. Nedst: Linjene viser logg frå den eine båten over transekt undersøkt med ekkolodd og for ein del av dei også med trål.

2.3 Partrål

Det har vore brukt trål i Mjøsa ved tidlegare undersøkingar, men den trålen som har vore brukt er stor og veldig tung å handtere manuelt. NINA har derfor gått til innkjøp av ein ny og lettare trål, som er meir eigna å handtere frå relativt små båtar utan kranutstyr. Den nye trålen har også mindre maskevidde i fangstposen enn den gamle (5 mm i den nye mot 10 mm i den gamle), og skal derfor vere betre eigna til å fange 0+-årsklassen av sik og lagesild. Trålen er laga etter teikningar (Vedlegg 1) som er grunnlaget for partrål brukt av finske forskerar i innsjøfiske, dei har gode erfaringar med denne tråltypen (Tommi Malinen, Universitet i Helsinki, pers.med.). Ein viktig del av undersøkinga var å få erfaring med denne nye trålen, og å evaluere utforming og funksjon. Partrålen vart trukken av to 19 fots båtar med henholdsvis 90 og 75 hk motor (Vedlegg 2). Dette fungerte godt, me opplevde ikkje at motorkrafta begrensa trålaktiviteten. Båtane er vanlege fritidsbåtar, og ikkje spesielt rigga for tråling. Trålvingene var utstyrt med 25 m lange tauskev, og deretter inntil 150 m lange tau fram til trekkbåtane. Manøvreringa av trålen fungerte best når me festa trekktau til trålen i eit skrev bak båten, slik at trekkpunktet vart nær motoren, utan for mykje sidedrag. For overflatetråling fungerte det godt med 50-75 m trekktau, når me skulle tråle på djupare vatn måtte me ha ut meir tau. 125 m trekktau fungerte godt for å tråle på omlag 17-22 m. I tillegg utstyrte me trålen med blytampar som lodd for lettare å senke trålen til ønska djup, dette hjelpte også til med å halde tråløpninga oppe. Tråløpninga vart kontinuerleg overvaka av trålsensorar utlånt frå Simrad AS, desse var essensielle for forståelsen av korleis trålen oppførte seg under trekking. Også i overflata var det gunstig å ha på litt blytampar for å halde tråløpninga større under trekking. Me brukte 7 kg bly i kvart nedre hjørne på trålen under overflatetrekking, og 17.5 kg i kvart nedre hjørne på djupare vatn. Trålen har ei kvadratisk opning på 5x5 m (teoretisk opningsareal 25 m²) når den er utstrekt på land. I praktisk bruk er opninga mindre, på grunn av påstand på tauverket under trekking. Når trålen gjekk fint varierte opninga mellom omlag 3.5 og 4 m (realisert opningsareal 12-15 m²).

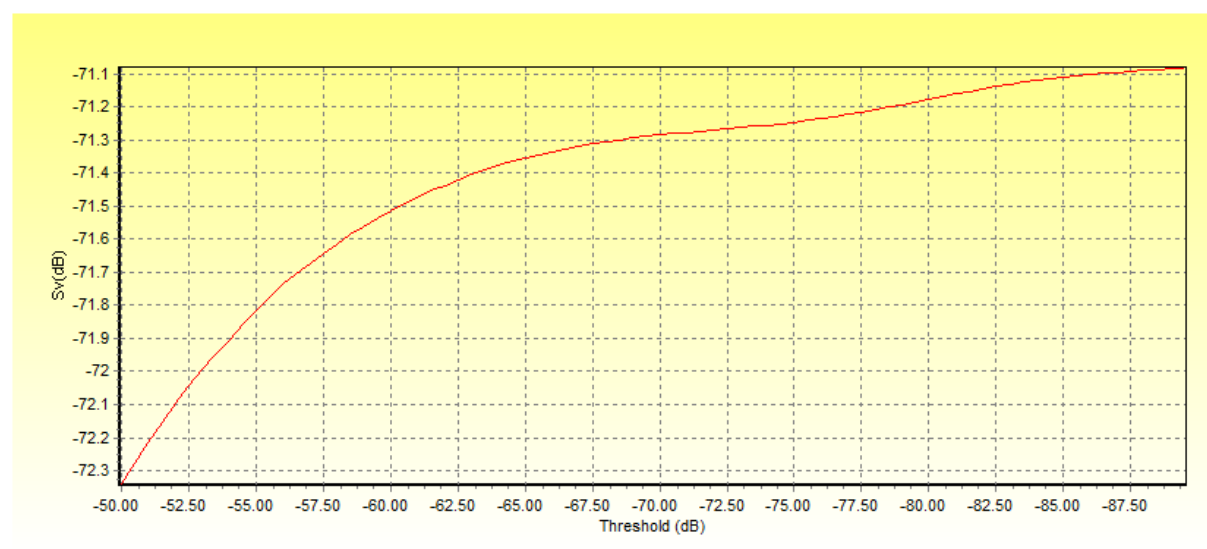
I løpet av feltarbeidet gjorde me ni tråltrekk. Det første vart gjort i overflata i dagslys, for å ha godt arbeidslys i starten. Me fekk trålen til å gå fint i overflata, men fanga ingen fisk i det første trekket. Det var heller ingen overrasking, fordi observasjonar på ekkoloddet tilsa at fisken stod djupare på dagtid. Dei resterande tråltrekk vart gjort i kvelds- og nattemørket, alle med fangst så nær som eitt. I dette tilfellet hadde ei oppdriftskule hekta seg inn i dei nedre trålmasker, og effektivt sørge for at tråløpninga snurpa seg igjen under trekking. Dette vart dessverre ikkje oppdaga før etter trekking, då trålen skulle tas inn. Kvart tråltrekk tok om lag 1 time frå utsett til den var oppe og tømt, me hadde då ei trekketid på ønska djup på 25-40 minutt (sjå vedlegg 3 for tråltider og djupner). For det meste trakk me trålen med ein hastigheit på mellom 1.7 og 2 knop, men me prøvde oss litt fram med å variere mellom 1.3 og 3 knop. Ved 3 knop trakk tråløpninga seg meir saman, omlag 2-2.5 m, og me klarte ikkje å halde trålen på djupt vatn med dette tempoet. Meir motorpådrag gav også meir støy på ekkolodda. Ved 1.3-1.5 knop sank trålen under trekking.

2.4 Ekkolodd

Dei to forskingsbåtane var utstyrt med kvart sitt 70 kHz ekkolodd (Simrad EY60), begge utstyrt med svingar med 11° opningsvinkel (Simrad ES70-11). I tillegg var det eine fartøyet utstyrt med 200 kHz ekkolodd med 7° svingar (Simrad EY60 med ES200-7c). 70 kHz-svingaren og 200 kHz-svingaren var plassert på kvar si side av båten. Det var derfor ikkje overlapp, eller berre delvis overlapp for større djup, mellom dei to ekkolodd-strålane. Alle ekkolodda hadde lydstrålen retta vertikalt nedover. Pulsengde og effekt var henholdsvis 512 µs og 400 W for 70 kHz på Lag 1. For lag 2 var pulslengda 256 µs og 400 W på 70 kHz, og 256 µs og 120 W for 200 kHz. Fartøyet med både 70 og 200 kHz køyrde med synkronisert pingrate på 2.5 ping s⁻¹, det andre fartøyet køyrde med pingrate på 1 ping s⁻¹. Det vart køyrt transekter med ekkolodd før, under og etter trålkast. Under tråling var fartøya relativt nær kvarandre, og det eine 70 kHz ekkoloddet vart slått av for å unngå interferens mellom dei to 70 kHz ekkolodda. Ekkolodda blei kalibrert på staden.

Ekkostyrke vert målt som tilbakespreiingsareal σ_{bs} [m^2], men vert som regel presentert i logaritmisk domene som TS (target strength, dB re 1 m^{-1} , vanlegvis presentert som dB), der $TS = 10 \cdot \log_{10}(\sigma_{bs})$ (MacLennan mfl. 2002). Der me presenterer gjennomsnittleg TS er det lineært gjennomsnitt som er brukt, det vil seie $\overline{TS} = 10 \cdot \log_{10}(\overline{\sigma_{bs}})$. Integrert ekkoenergi vert målt som tilbakespreidingsareal per volum ($\text{m}^2 \text{m}^{-3}$, eller m^{-1}), kalt tilbakespreidingskoeffisienten s_v . I det logaritmiske domenet er den kalt gjennomsnittleg tilbakespreidingsstyrke S_v [dB re 1 m^{-1} , vanlegvis presentert som dB], $S_v = 10 \log_{10}(\overline{s_v})$ (MacLennan mfl. 2002). Fisketettleik blir rekna ved å dividere tilbakespreidingskoeffisienten med gjennomsnittleg tilbakespreidingsareal, $s_v \cdot \overline{\sigma_{bs}}^{-1}$ (# fisk m^{-3} , ofte multiplisert med 1000 til # fisk 1000 m^{-3}). Gjennomsnittleg tilbakespreiingsareal kan reknast ut frå alle enkelttekkodeteksjonar (SED, single echo detections) innanfor eit område, eller ved berre å nytta SED frå spora fisk, eller ved å basere den på forventade verdiar utifrå fangsdata gjennom empiriske eller teoretiske samanhengar mellom fiskestørleik og TS . Riktig tersking på TS og S_v er viktig for å få integrert mest mogeleg ekkoenergi frå fisk, samstundes som ein unngår å integrere ekkoenergi frå dyreplankton eller å bruke falske SED frå akustisk støy.

Alle ekkolodd-data vart etterprosessert i Sonar 5 (Balk & Lindem 2011). Etterprosessering av ekkolodd-data vart gjort i fleire trinn. I innleiande analysar undersøkte me ekkostyrkefordeling for SED og for integrert ekkoenergi, for å finne høvelege tersklar for dei endelege analysar. Integrert ekkoenergi vart undersøkt med såkalla Eckman-tersking (Eckmann 1998), det vil seie å plote integrert ekkoenergi ved suksessivt å senke terskelen for integrering (Fig. 2). Eckmannterskinga viste at effekten av å senke terskinga minskar ned mot ca. -70 dB, ved terskel -75 dB byrja integrert ekkoenergi å stige kraftigare igjen (Fig. 2). Dette indikerte at -70 dB var ein høveleg terskel. Både liten fisk (yngel) og svevemygglarver (*Chaoborus*) kan ha ekkostyrke mellom -60 dB og -70 dB (Knudsen mfl. 2006), medan *Mysis* gjerne har TS frå -74 dB og nedover (Rudstam mfl. 2008). Svevemygglarver førekjem ikkje i zooplanktonovervakings i Mjøsa (Jarl Eivind Løvik, NIVA, pers. med.) truleg som resultat av effektiv fiskepredasjon.



Figur 2: Endring i integrert ekkoenergi (S_v) ettersom terskelen suksessivt blir senka. Auken i integrert ekkoenergi vert mindre etterkvart som terskelen blir senka, og er minst imellom -70 og -75 dB. Ved ytterlegare å senke terskelen, vert auken igjen større. Det indikerer at ei ny organismegruppe blir integrert ved så låg tersking. I dette tilfellet er det *Mysis* som byrjar gjere seg gjeldande ved omlag -75 dB.

Generelt bør terskelen for enkelttekkodeteksjonar vere minst 6 dB høgare enn terskelen for ekkointegrasjon (Balk & Lindem 2011). Fordelinga av enkelttekko frå spora fisk (det vil sei enkelttekko som med høg sannsynlegheit kan tilskrivas organismar og liten sannsynlegheit kan

skuldast akustisk støy) tilsa at -60 dB var ein høveleg terskel for enkeltekko-deteksjonar (sjå resultat-kapittelet). Basert på Eckmann-tersklinga (Fig. 2) og sporing av fisk satte me derfor tersklane for integrering og enkeltekkodeteksjonar til henholdsvis -70 og -60 dB. Kriterier for enkeltekkodeteksjonar var (Balk & Lindem 2011): Maksimum einvegs gain kompensering 3 dB, medium multippel topp filtrering, minimum ekkolengde 0.6, maksimum ekkolengde 1.3, maksimum faseavvik 0.5. I analysane vart det brukt ei standard analyselengde (ESDU, elementary sampling distance unit) på 250 m. For alle analysar vart marginen mot botnen satt til 2 m, det vil seie at fisk som stod nærare botnen enn 2 m er ikkje med i ekkoanalysane. For sporing av enkeltfisk var minimumskravet (med maksimum ping-gap i parentes): 2 (0) SED for fisk nærare enn 16 m, 3 (1) SED for fisk mellom 16-20, og 4 (2) SED for fisk på meir enn 20 m djup. Maksimum vinkelavvik var 2 på tvers av fartsretninga, og ingen avgrensing i fartsretninga.

3 Resultat

3.1 Garnfangstar

I botngarna vart det fanga 10 ulike fiskeartar. Hork var den mest talrike, etterfylgt av abbor, mort, krøkle og sik (Tabell 1). Det meste av abbor, mort, sik og gjedde var over 20 cm, medan all hork og brorparten av krøkla var under 15 cm (Fig. 3). Lagesilda vart fanga i dei djupe garna (snitt 26.9 m $\pm$ 2.7 SD).

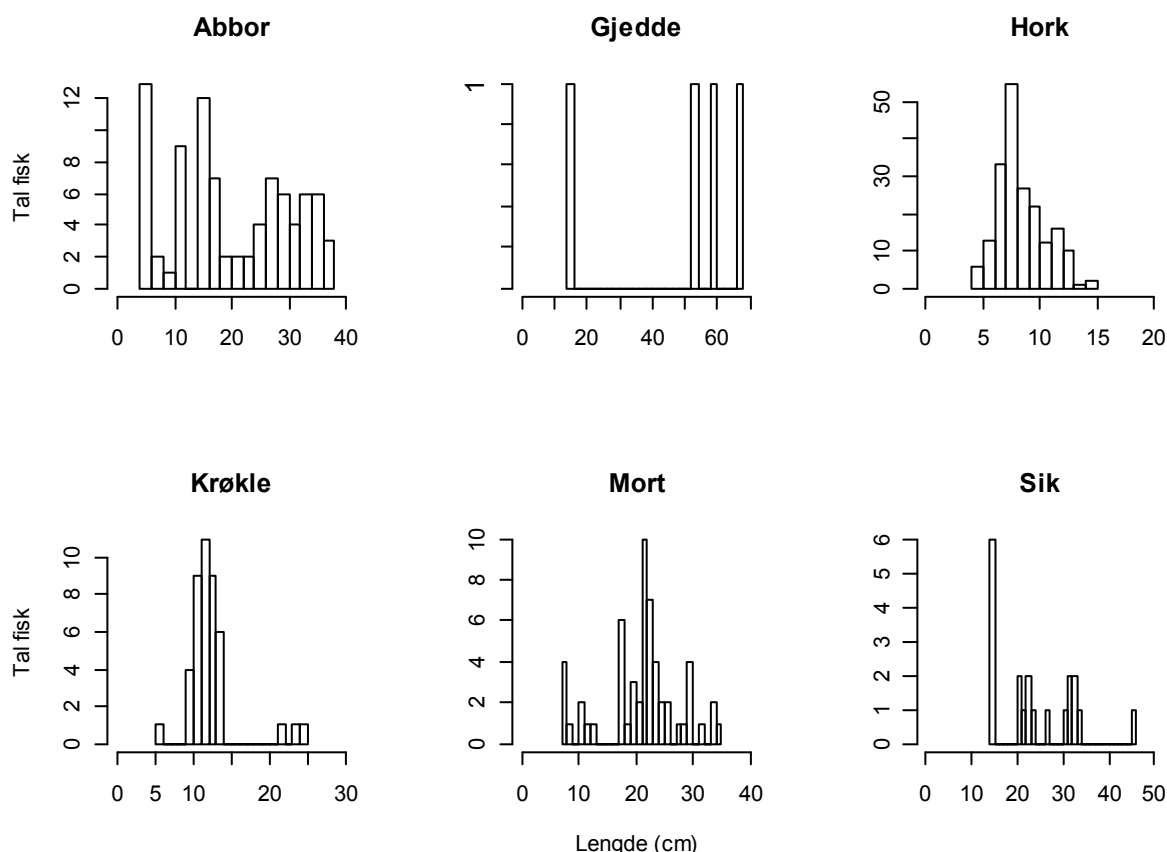


Fig. 3: Lengdefordeling blant fisk fanga på botngarn, med 4 eller fleire i fangsten. I tillegg vart det fanga tre lagesild (20.5-22.6 cm), to laue (15.8-17.8 cm), ei lake (15.5), og ein vederbuk (42.5 cm).

Totalt vart det fanga 305 fisk i flytegarna, dei fleste av desse i 0-6 m djupneintervallet (Tabell 1). Medan fangsten på 0-6 m bestod av fisk under 15 cm med eitt unntak, var det eit vesentleg innslag av større fisk i 15-21 m intervallet (Fig. 4). Krøkle var den dominerande arten i begge djupneintervalla det vart fiska i. Flytegarfangstane hadde likevel eit større innslag av andre artar enn trålfangsten, i hovudsak sik, men også fire laue og ei lagesild. Fisk under 9 cm var fråverande i flytegarfangstane, men mangetallig i trålen. Dette sjølv om både 5, 6 og 8 mm maskevidder skulle kunne fange fisk av denne storleiken.

Tabell 1: Oversikt over fangsten tatt i trål, flytegarn og botngarn i Mjøsa 11.-14. september 2012. I alt vart det sett 26 garnnetter med botngarn og 4 garnnetter med flytegarn (FG).

	Abbor	Aure	Gjedde	Hork	Krøkle	Lagesild	Lake	Laue	Mort	Niøye	Sik	Vederbuk	Total
Trål					818					6	1		825
FG 0-6 m					241			4			2		247
FG 15-21 m		2			38	1					17		58
Botngarn	86		4	197	43	3	1	2	56		20	1	413
Total	86	2	4	197	1140	4	1	6	56	6	40	1	1543

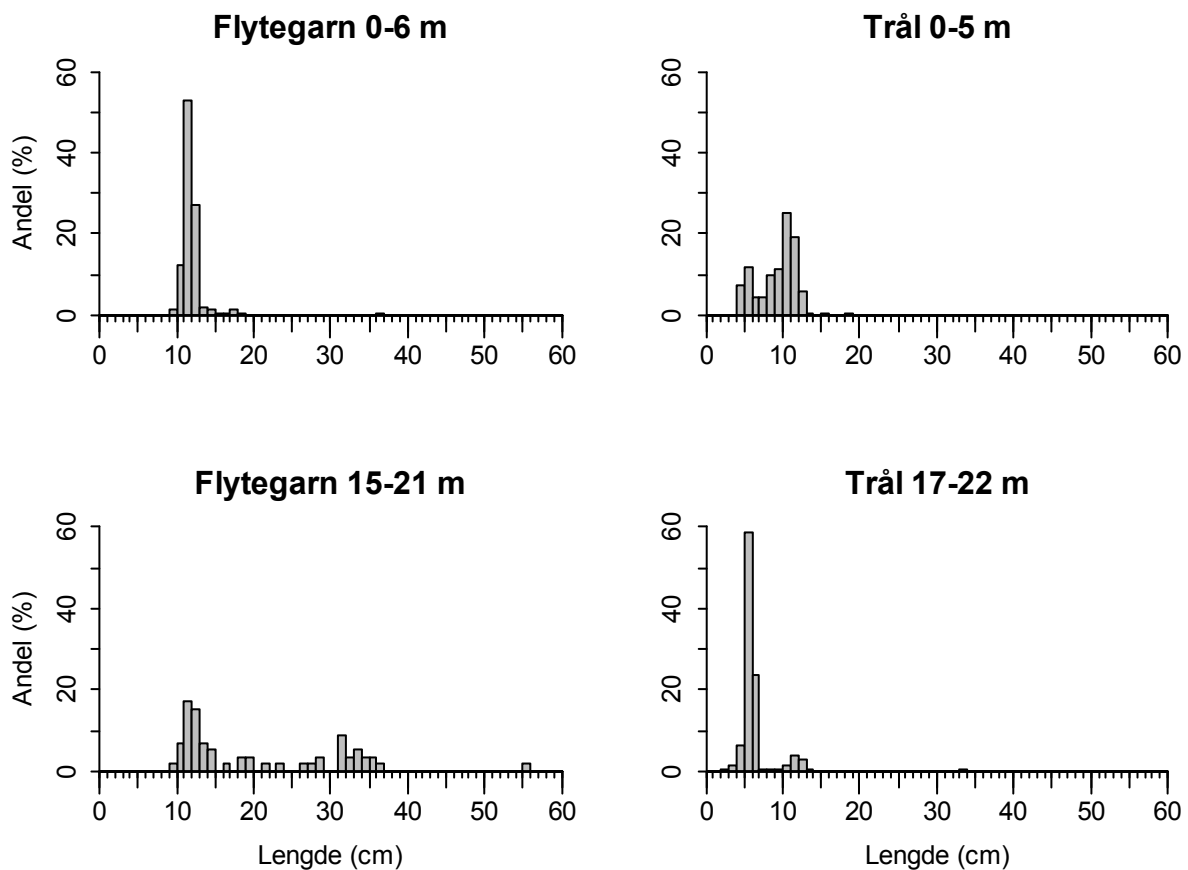


Fig. 4: Lengdefordeling i flytegarfangstar og trålfangstar. Alle artar er inkludert i lengdefordeling, med unntak av seks niøye (14-20.5 cm) tatt i trål på 17-22 m. I flytegarfangsten på 0-6 m inngår fire laue (15.4-17.2 cm), på 15-21 m 17 sik (27-36 cm), to aure (37 og 56 cm) og ei lagesild (21.7 cm). Trålfangsten på 0-5 m bestod utelukkande av krøkle, på 17-22 m vart det også tatt ein sik (33.4 cm).

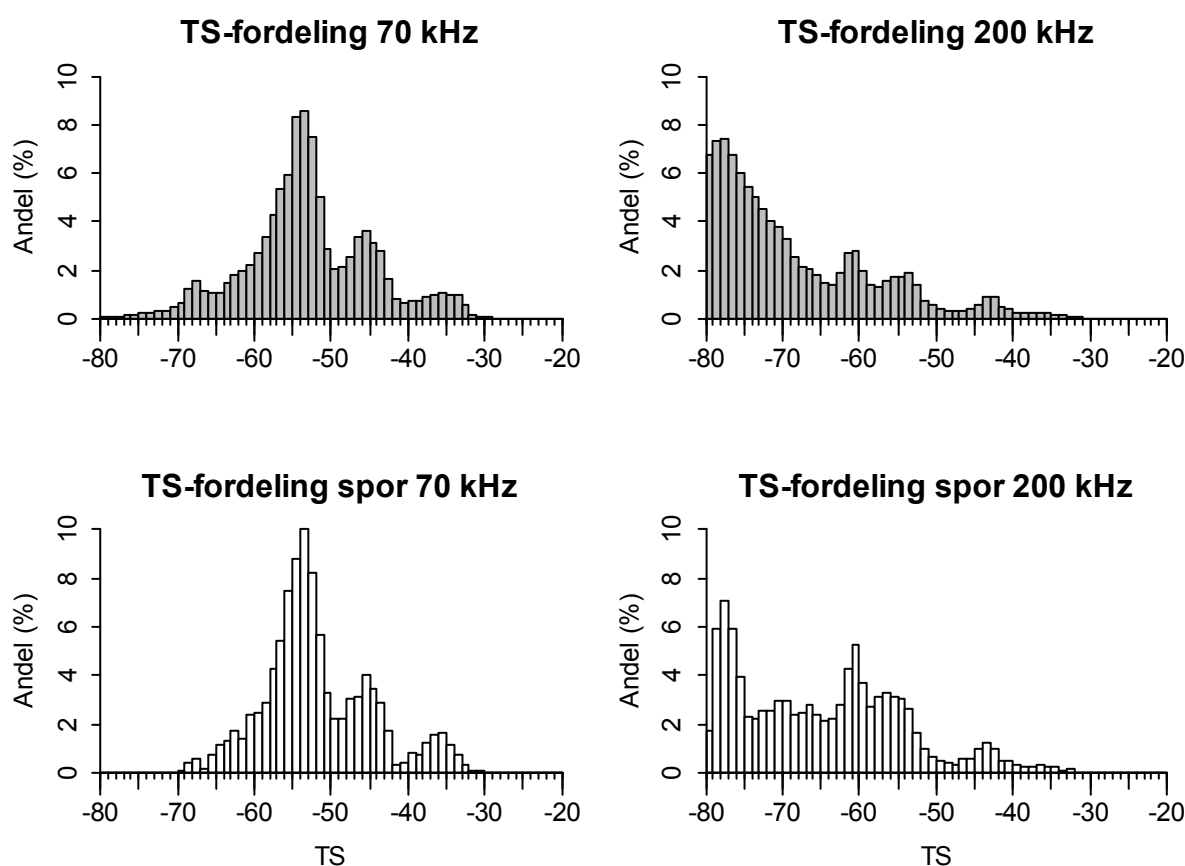
3.2 Trålfangster

Trålfangstane betra seg etter kvart som me fekk erfaring med utsett og bruk, og fekk den til å gå med god opning under trekking. For dei vellukka trålkasta i nattemørket varierte fangsten mellom 21 og 418 fisk per trekk, eller mellom 1 og 17 fisk per 1000 m³ tråla vatn. Krøkle var den klart dominerande fiskearten i trålfangstane; av 825 fanga fisk var 818 krøkle (99.15 %), 6 niøye (0.7 %), og 1 sik (0.1 %). Innslaget av niøye var både overraskande og interessant, fordi

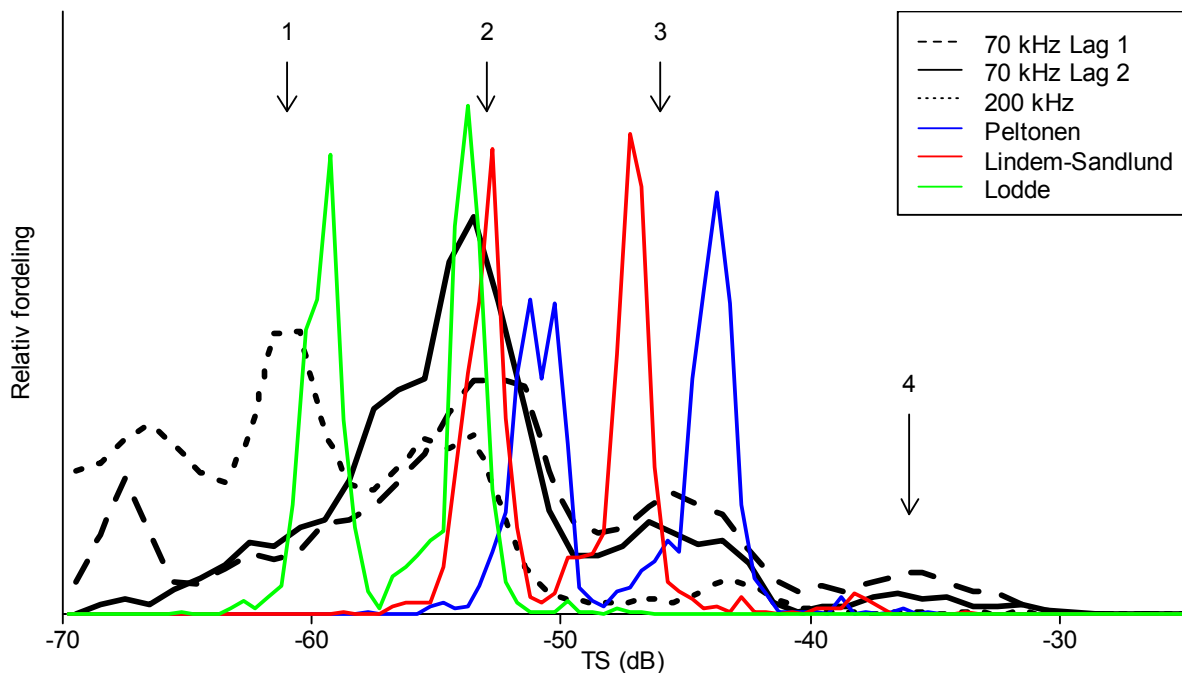
denne arten ikkje blir fanga på garn (Sandlund m fl. 1985). Overraskande var det også at me ikkje fanga ei einaste lagesild i trålen. Det var to storleiksgrupper som dominerte krøklefangstane; ei 0+-gruppe på omlag 5 cm lengde, og ei gruppe litt større krøkle på rundt 10 cm (Fig. 4). Med unntak av ein sik på 33.4 cm, var all trålfanga fisk under 20 cm.

3.3 Ekkolodd

For ekkostyrker over om lag -60 dB var det godt samsvar mellom toppane i ekkostyrkefordeling for 70 kHz og 200 kHz på forskingsbåten som hadde begge frekvensar (Fig. 5 og 6). Fullstendig samsvar kan ikkje forventast, både på grunn av ulikt volum av ekkostrålane, lite eller ingen overlapp mellom dei, og potensielt ulik frekvensrespons frå ulike organismar og/eller storleik på organismane. 200 kHz ekkoloddet hadde derimot mange fleire enkelttekkodeteksjonar <-60 dB.

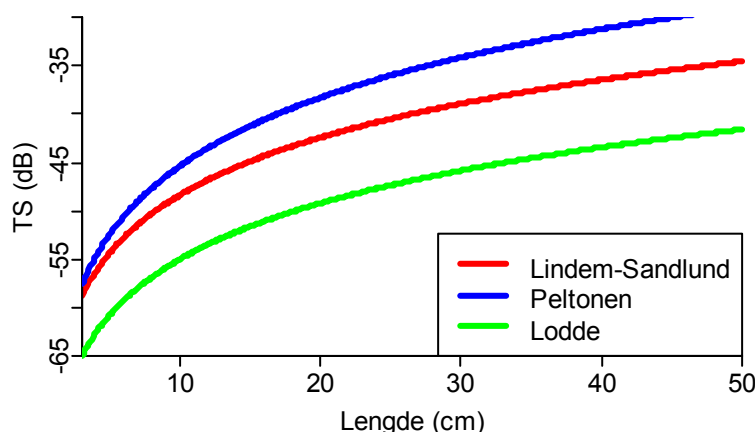


Figur 5: Fordeling i ekkostyrke (TS, target strength) frå 70 og 200 kHz ekkolodd på det eine forskingsfartøyet. Øvst er fordelinga frå alle enkelttekkodeteksjonar, nedst er fordelinga berre frå ekkodeteksjonar som er identifisert som spor. Fordelen med sporing er at det aller meste av falske ekkodeteksjonar (støy) vert filtrert vekk.



Figur 6. Ekkostyrkefordeling mellom 6-30 m (teikna i svart), samanlikna med forventa ekkostyrkefordeling etter ulike lengde-ekkestyrkeforhold (teikna i fargar). Følgjande 4 toppar i ekkostyrke vart identifisert og tolka som mogelege fiskeekko: -61 dB (1), -53 dB (2), -46 dB (3), -36 dB (4). Ein topp kring -67 dB på 200 kHz og den eine 70 kHz vart tolka som for det meste av støy. Det var også 4 toppar (ikkje markert med nr eller pil) i storleiksfordelinga i fangsten; 5 cm (krøkle), 12 cm (krøkle), rundt 19-23 cm (krøkle, lagesild), og 30-35 cm (sik). Følgjande likningar vart brukt for og rekne forventa TS utifrå pelagiale fangstar (garn og trål, det er ikkje gjort forsøk på å vekte for innsats): $TS=23.4\log_{10}(L)-68.7$ (krøkle, Peltonen mfl. 2006, blått), $TS=19.7\log_{10}(L)-68.1$ (krøkle, lagesild og sik, Lindem & Sandlund 1984, raudt), og $TS=19.1\log_{10}(L)-74$ (lodde, Dalen & Nakken 1983, grønt).

For å evaluere kor godt ulike aktuelle TS-lengderegresjonar passa for observert ekkostyrkefordeling i høve lengdefordeling i fangst, samanlikna me fleire ulike modellar. Me har valt å presentere tre av desse; $TS=23.4\log_{10}(L)-68.7$ (basert på krøkle i Finland, Peltonen mfl. 2006), $TS=19.7\log_{10}(L)-68.1$ (basert på krøkle, lagesild og sik i Mjøsa, Lindem & Sandlund 1984), og $TS=19.1\log_{10}(L)-74$ (basert på lodde (slekting av krøkle) i Barentshavet, Dalen & Nakken 1983) (Fig. 6). I tillegg vurderte me også $TS=20\log_{10}(L)-65.9$ (Peltonen mfl. 2006), den gav relativt like resultat som den andre Peltonen-regresjonen og er ikkje presentert. Rudstam mfl. (2003) sin regresjon $TS=19.9\log_{10}(L)-67.8$ for amerikansk krøkle (*Osmerus mordax*) er svært lik Lindem-Sandlundregresjonen og er heller ikkje presentert. Peltonen-regresjonen gav to kraftige TS-toppar som begge var noko høgare enn to kraftige TS-toppar observert på alle tre frekvensar (-53 dB og -46 dB, Fig. 6). Desse toppane kan truleg tilskrivas krøkle på henholdsvis omlag 5 og 12 cm (Fig. 4 & 6). Lindem-Sandlund-regresjonen viste tilsvarende toppar. Denne passa betre for 5 cm/-53 dB toppen, men såg ut til å underestimere 12 cm/-46 dB toppen noko. For lengdegruppa av sik rundt 30-35 cm underestimerte begge desse modellane den observerte TS-toppen på om lag -36 dB. Lodde-modellen skilde seg klart frå dei to førre modellane. Krøkle er nærare i slekt med lodde enn med dei andre artane, og lodde er kjent for å ha låg TS (jf. Jørgensen 2004). Loddemodellen gav ekkostyrketoppar for krøkle som høvde rimeleg med den observerte ekkostyrketoppen på om lag -61 dB på 200 kHz, og med -53 dB toppen for alle frekvensar. Forskjellen i forventa TS for ei gitt lengde er stor mellom dei ulike modellane (Fig. 7).



Figur 7. TS-responsen (ek-kostyrke) til dei tre regresjonane presentert i Figur 6. Forskjellen i forventa TS er om lag 10 dB for ein 20 cm fisk.

Frå 0 til ca. 30 m djup var det ein klar auke i TS (Fig. 8). Deretter var TS meir stabil nedover i djupet. Det meste av den minste fisken (<-50 dB) stod mellom 0 og 20 m djup i overkant av sprangskiktet, og kan tilskrivas krøkle. Gruppa med den største krøkla (20-25 cm) gav truleg ekko mellom -40 og -50 dB, og kan vere vanskeleg å skilje frå lagesild. Den største fisken stod på omlag 10-40 m, det meste i sprangskiktet, dette rimar med sikfangsten i storleik og djup (Fig. 8). Det var også ei konsistent storleiksgruppe nedover i djupet under sprangskiktet, dette spekulerer me i om kunne vere lagesild. Laue fekk me berre på 0-6 m, den er truleg lite representert i sporinga. Me fekk mindre spor på 70 kHz enn på 200 kHz, særleg på større djup. Dette heng saman med det større pulsvolumet til 11° (70 kHz) i høve 7° svingaren (200 kHz), som aukar sannsynet for å ha fleire fisk i pulsvolumet samstundes og dermed forhindrar isolering av ekko frå einskildfisk.

Gjennomsnittleg ekkostyrke, tilbakespreidingsstyrke og fisketettleik for dei to båtlag og begge frekvensar er jamført for tre djupneintervall i Fig. 9. For å unngå interferens kunne ikkje begge 70 kHz-ekkolodda køyre nær kvarandre, men dei vart køyrt i same område, til dels dei same transekt, og målte derfor på det same fiskesamfunnet. Trass ein del variasjon mellom resultata for dei enkelte ESDU og djupneintervall, var det godt samsvar mellom målingane. Den største forskjellen i estimert fisketettleik fann me for 200 kHz i høve 70 kHz i 12-30 m djupneintervallet, dette var relatert til lægre gjennomsnittleg ekkostyrke (Fig. 9).

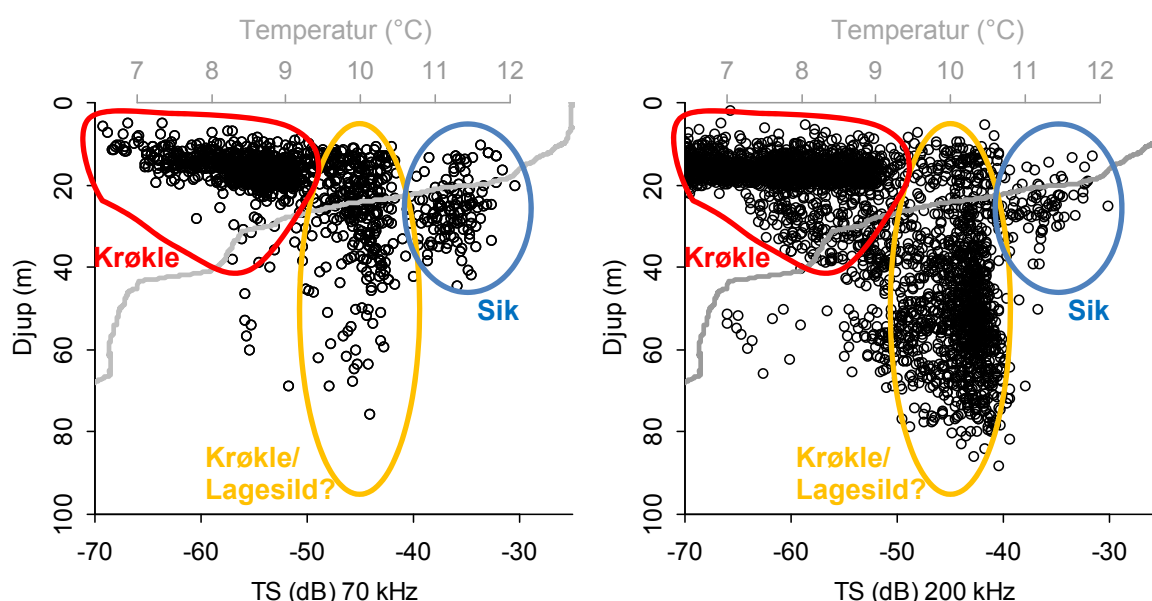


Fig. 8. Ekkostyrkefordeling (TS) hos spora fisk i høve djup og temperatur. Data frå 70 kHz til venstre, 200 kHz til høgre. Temperaturkurva er vist i grått, med skala på toppen av figuren. Største temperaturfallet var frå 12 °C på 18 m til 8 °C på 30 m, her definert som sprangskiktet.

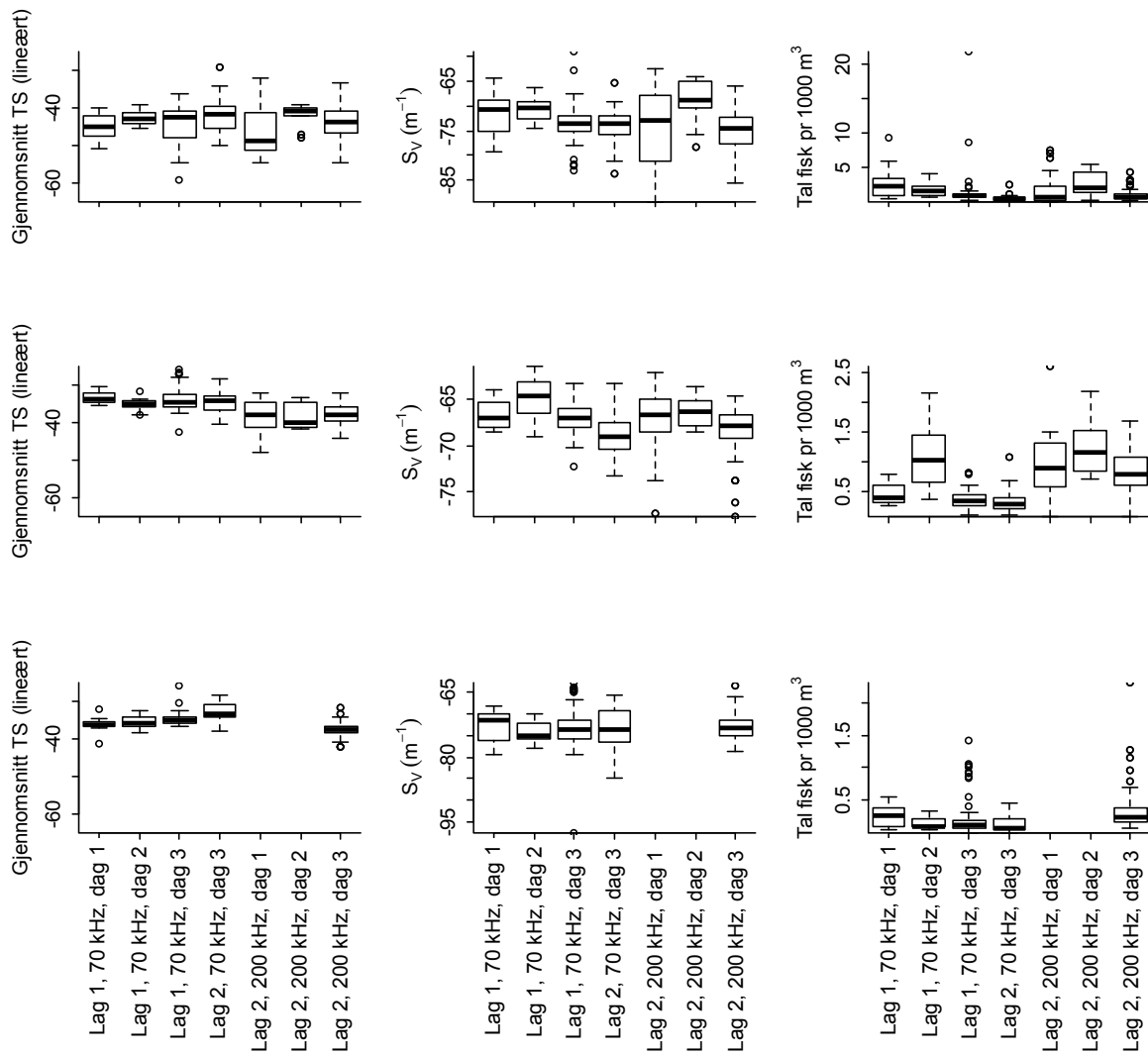


Fig. 9. Venstre kolonne: Gjennomsnittlig ekkostyrke, ($TS > -60$ dB), målt som logartimen til gjennomsnittlig tilbakespreidingsareal for enkelttekkodeteksjonar). Midtre kolonne: Gjennomsnittlig tilbakespreidingsstyrke S_v (også lineært gjennomsnitt). Høgre kolonne: Gjennomsnittlig fisketettleik, utrekna ved å dividere gjennomsnittlig tilbakespreidingsareal med gjennomsnittlig tilbakespreidingskoeffisient for djupneintervallet (og multiplisert med 1000). Øvre rad: 4-12 m djupneintervall, midtre rad: 12-30 m, nedre rad: 30-60 m. Boksane er basert på daglege samanslåtte data frå kvar ESDU-strekning (250 m) for kvart båtlag og frekvens.

4 Diskusjon

Prosjektet var ei vellukka utprøving av tråling og jamføring av ekkoloddata som gjev mykje nyttig lærdom å ta med seg for planlegging av undersøkingar av pelagiske fiskebestandar. Trålen fanga ei storleiksgruppe av fisk som var nær fråverande i garnfangsten (5 cm krøkle), denne var talrik og utgjorde ein viktig del av bestandsstrukturen. Ein god indikasjon på at trålen fungerte godt fekk me også ved at tettleikane estimert frå tråltrekka var i same storleiksorten som tettleikane observert med ekkolodd. Takka vere bruken av djupnesensorar på trålen, kunne me finna fram til kombinasjonar av vektor, hastigheit og taulengder som fungerte for å få trålen til å gå slik me ønska. Trålen har relativt lite areal i opninga, og sik, krøkle og lagesild >15 cm såg ut til å vere underrepresentert i trålfangsten. Dette kan truleg betrast ved å forlenge trålen samt auke arealet av tråloppninga. På den andre sida er garnfangster kjent for å selektare for stor fisk, og andelen av stor sik i fiskesamfunnet er truleg mindre enn kva det går fram av garnfangstane. Likevel indikerte ekkostyrke-observasjonane at det var ei betydeleg mengde av fisk også i denne storleiksgruppa.

Det var imidlertid klare indikasjonar på at tilgjengelege TS-lengderegresjonar som burde vere relevante for den dominerande krøkla i denne undersøkinga, ikkje gjev tilfredsstillande resultat. Biologisk sett kan ein forvente seg berre små forskjellar i TS-respons frå nærståande artar med relativt lik morfologi, medan artar som har vesentleg forskjellig morfologi og biologi skal forventas å vere meir forskjellig (Sommonds & MacLennan 2005). Såleis kan ein forvente at det er liten forskjell mellom sik og lagesild, medan krøkle potensielt skil seg meir i TS frå desse to artane. Det er gjort ein del arbeid på krøkle og TS-lengderegresjonar, men etter det me kjenner til er alt basert på *in situ* observasjonar med samanlikning av observert TS-distribusjon samanhaldt med fangsmateriale og også til dels forventade responsar (jf. Lindem & Sandlund 1984, Argyle 1992, Rudstam mfl. 2003, Parker-Stetter mfl. 2006, Peltonen mfl. 2006). Etter det me kjenner til, har ingen verifisert modellane med kontrollerte eksperiment med enkeltfisk av kjent storleik og vinkel i høve lydstrålen, slik det har vore gjort med mellom anna lodde (Jørgensen 2004). Me observerte ein topp i ekkostyrke på om lag -61 dB for spora ekkomål/organismar som er vanskeleg å forklare som anna enn fisk. *Chaoborus* (svevemygg) har ekkostyrke i området -60 til -64 dB og vises mykje betre på 200 enn på 70 kHz (Knudsen mfl. 2006), men sidan *Chaoborus* ikkje fins i Mjøsa kan ikkje den vere forklaringa for våre resultat. Ei anna potensiell feilkjelde kan vere gassblærer som blir sloppe frå fisk på veg opp mot overflata som ein del av dagleg vertikalmigrasjon. Dette er eit kjent fenomen (Knudsen & Gjelland 2004), og me observerte dette ved solnedgang den første kvelden. Ved stasjonære opptak såg me at gassblærene hadde TS mellom -60 og -65 dB. Men resultatene våre er basert på registreringar i mørket, etter at vertikalmigrasjonen er ferdig. Sporing frå opptak når me låg i ro i mørket verifiserte at objekta med ekkostyrke rundt -61 dB ikkje var luftblærer som steig mot overflata, men objekt som svømte horisontalt og også nedover. Toppen rundt -61 dB var ikkje tydeleg på 70 kHz, men den var der og kom betre fram dersom me avgrensa sporinga til over 20 m, der den minste fisken stod. Dessutan hadde me heller ikkje vekta for det aukande volumet av strålen nedover i djupet. Me underestimerte derfor andelen av mål i denne gruppa, sidan desse ekkostyrkene tiltok med djupet. Storleiken på svømmeblæra er den viktigaste faktoren for ekkostyrken. Lodde og krøkle har liknande svømmeblæra (Fahlén 1968), og det er derfor ikkje utenkeleg at dei kan ha liknande ekkorespons. O'Driscoll og Rose (2001) observerte -61 dB som topp for 5 cm 0+ lodde med 38 kHz ekkolodd. Bimodal ekkofordeling frå enkeltfisk har vore observert både for krøkle og lodde (Jørgensen 2004, Parker-Stetter 2006), og det kan tenkast at toppen på -61 dB som me observerte er ein del av ei bimodal fordeling hjå enkeltfisk på denne frekvensen. Resultata tyder på at utan nærare oppfølging med kontrollerte eksperiment, undersøkingar på allopatrisk krøkle, og/eller fleirfrekvens undersøkingar av same fiskespor, er det vanskeleg å kome til botns i dette.

Ein av dei store fordelane med ekkolodd er at ein kan undersøke storleiksfordelinga til fisk over store områder på kort tid utan å måtte fange fisk, og bruke resultatene til å skilje mellom artar og årsklassar. Våre observasjonar indikerte også klar habitatsegregering mellom ulike storleiksgrupper, som me i grove trekk allokerde til krøkle og sik i dei øvste 30 m, og lagesild under.

Dette kan me forklare med den generelle trenden for aukande TS med fiskestorleik. Men korrespondansen mellom toppar i observert TS og forventa TS utifrå publiserte samanhengar me testa, var ikkje veldig god. For å kunne utnytte potensialet i TS-fordelinga til betre å kunne skilje mellom artar og grupper av fisk, er det derfor viktig å arbeide for å skaffe kome fram til lengde-TS-regresjonar som er verifisert til å høve godt med dei undersøkte artar. Ein veg å gå for å få til dette er å gjere eksperimenter med individ av kjent storleik, ein annan er å arbeide målretta i allopatriske bestandar med god storleiksspreiing.

Krøkle, lagesild, og sik (Fig. 10) var alle viktige artar i fangstane i 1978-1980 (Sandlund mfl. 1985). Det var derfor overraskande at me nesten ikkje fanga lagesild i denne undersøkinga. Lagesild såg ut til å ha gått ein del attende i 1990-1991 (Sandlund mfl. 1992). Ifølge lokale fiskarar kan ein få bra med lagesild på større djup. Me fiska ikkje djupare enn 40 m verken med garn eller trål, og dette kan vere ei medforklaring på våre låge lagesildfangstar. Ekkostyrkemålingane frå spora fisk viste imidlertid mange fisk med ekkostyrke i storleiksorden -40 til -45 dB på djupner større enn 30 m. Dette er ei storleiksgruppe som høver godt med 15-25 cm lagesild. Dette er den storleiksgruppa av lagesild som er vanleg å finne pelagisk (Lindem & Sandlund 1984; Sandlund mfl. 1985, 1992). Det er derfor rimeleg å anta at ein del av fisken som stod djupare enn 30 m var lagesild, men den kan vere vanskeleg å skilje frå krøkle fordi den største krøkla (20-25 cm) truleg også har ekkostyrke i det same området. Dersom ein stor del av den djupare andelen utgjorde lagesild, er dette i stor kontrast til observasjonane frå 1978-1979, då stod så å seie all lagesild i 0-40 m djupneintervallet. Det kan derfor sjå ut til at lagesild har endra habitatbruken kraftig frå å gå i dei øvre vassmassar til å gå i djupare vassmassar. Me må likevel understreke at me ikkje hadde nok fangstmateriale til å verifisere dette.



Fig. 10. Bilete av krøkle, sik og lagesild, dei viktigaste pelagiske artane i Mjøsa (foto: Odd Terje Sandlund).

Det er ingen tvil om at sik i storleiksorten 30-35 cm utgjorde den øvste toppen i ekkostyrkefordelinga. Den relative andelen av denne storleiksgruppa ser ganske lik ut som i 1979 og 1990, basert på grafisk samanlikning med resultatane presentert i Sandlund mfl. (1992). Enkelte større aurar kan førekomme, men dei utgjør ikkje mange nok i antal til å visast i fordelinga. Pelagisk sik i denne undersøkinga vart stort sett fanga på 15-21 m djup, og ekkostyrkefordelinga på spora fisk indikerte at sik haldt seg grunnare enn 40 m. Dette er i tråd med Sandlund mfl. sine observasjonar frå 1978-1979, der pelagisk sik i all hovudsak vart fanga grunnare enn 40 m. Det ser derfor ut til at sik, i motsetning til lagesild, har oppretthalde sitt habitatval.

Det gode samsvaret mellom dei to 70 kHz ekkolodda var lovande, og forventet. Med kalibrert utstyr skal ein forvente å få liknande ekkostyrkefordeling, integrert energi og tettleiksestimat innanfor same område. Ved i tillegg å bruke 200 kHz, kan ein oppnå større oppløysing ved å redusere pulslengda. Det gjer det lettare å spore enkeltfisk ved tette førekomstar, men har si begrensing på større djup fordi ein då må auke pulslengda for å unngå for mykje støy. Ein annan stor fordel ved også å bruke 200 kHz er at ein då også kan integrere zooplankton som *Mysis* og *Chaoborus*. Dette var ikkje eit mål for dette studiet, men resultatane viste at me kunne på-

vise *Mysis* med ekkostyrke frå -74 dB og nedover med dette ekkoloddet. Dette er i tråd med publiserte ekkostyrkeverdiar for *Mysis relicta* (Rudstam mfl. 2008) samt tidlegare funn i Mjøsa med same type 200 kHz som me nytta (Pichlova-Ptacnikova et al 2009). Ved bruk av fleire frekvensar vertikalt vil det vere ein fordel å montere svingarane nær kvarandre og til same plate, slik at ein kan spore og observere same fisk på fleire frekvensar. Det vil gje auka analysekraft på frekvensresponsen, men var dessverre ikkje gjort i denne undersøkinga. Det vil også vere viktig å få innført bruk av tiltsensorar på svingaren. TS avheng av fiskens vinkel i høve lydstrålen, og dersom ulike undersøkingar nyttar ulik vinkel på svingaren kan dette gje utslag i ulik ekkofordeling.

Bruk av fangst pr innsatseining i garnfangster har i lang tid vore det vanlege tettleiksmålet for dei fleste norske fiskebestandar. Det har imidlertid vore retta sterk kritikk mot kvaliteten på slike tettleiksmål (Dennerline mfl. 2012), sjølv om andre har funne gode samanhengar (Emmrich mfl. 2012). For det vidare arbeidet med overvaking av fiskebestandar i større norske innsjøar vil det vere særskilt viktig å inkludere bruk av ekkolodd. Ingen andre metodar kan gi tilsvarende kvantitative gode data på fisketettleik og bestandsstorleik. Ekkoloddet kan kostnadseffektivt dekke store arealer i løpet av kort tid. Mange trålfangster kan gjennomførast på ei natt og også dekke relativt store områder, medan garnfangster er arbeidsintensivt og berre er realistisk å få gjennomført på meir begrensa områder. Likevel har garnfangst ein fordel med at det er lettare å få tak i større fisk. Forhåpentlegvis kan dette la seg rette med ein trål med større opningstverrsnitt enn den me brukte i denne undersøkinga. Av våre erfaringar ser me at informasjonen frå trål og garn utfylde kvarandre. Me fekk på denne måten ei mykje betre innsikt i fiskesamfunnet enn me ville gjort dersom me hadde basert oss på berre den eine metoden. Både tråling, garnfiske og ekkolodd fungerer best om natta. Utover at det er ei uhøveleg arbeidstid, er dette ein stor fordel på fleire måtar: Alle metodane undersøker då fiskesamfunnet til same tid på døgeret, noko som er ei føresetnad for å få ei god jamføring mellom resultatane frå dei ulike metodane. Fisker går i oppløyste førekomstar på natta, og det gjev mykje betre forhold for gode bestandsestimat. Dette er godt kjent frå før (t.d. Appenzeller & Leggett 1992, Sandlund mfl. 1992, Simmonds & MacLennan 2005, Winfield mfl. 2007), og me observerte også stim-danning under dei få ekkotransektane som blei køyrt på dagtid i samband med det første tråltrekket i denne undersøkinga. Me fekk heller ikkje fangst i trålen i dette trekket gjort i dagslys, medan det var fangst i alle trekk i mørket. Vindforholda er også som regel betre på natta, noko som også betrar kvaliteten på ekkolodddata, og også gjer det lettare å arbeide med trålsetjing og opptak.

Det vil også vere viktig å få til ei metodestandardisering så langt råd, samstundes som det er viktig med rom for lokal tilpassing. Bruk av pulslengde er eit godt eksempel på dette. I utgangspunktet er det ein fordel å halde pulslengda på ekkoloddet nede, fordi det gjev mindre pulsvolum og dermed større sjanse for å kunne isolere ekko frå einskildfisk. Men på større djup er det nødvendig med ei lengre pulslengde for og halde støynivået nede. I denne undersøkinga brukte me to ulike pulslengder (256 og 512 μ s), og resultatane var likevel fullt jamførbare både i ekkostyrke og fisketettleik. Rett kalibrering av ekkoloddet er ein føresetnad for dette. Likeeins er det ein fordel å køyre med høg pulsrate for å kunne spore fisk. Men igjen er dette problematisk over større djup, fordi ein då vil kunne få falske ekko. I utgangspunktet skal både høg og låg pulsrate gi likeverdige bestandsestimat, men fordelene ved å kunne spore fisk er at ein får eit betre bilete av individuelle fiskestorleikar. Val av opningsvinkel er ein tredje faktor som er djupne-avhengig. Ein vid opningsvinkel er gunstig i dei øvre vasslag, fordi ein då raskt får eit stort samplingsvolum. Men på større djup vert det med stor opningsvinkel uråd å isolere enkeltfisk, og dermed vil ein miste mogelegheita til å få ei god storleiksoversikt på fisk i djupområda. Kriterier for enkeltfiskdeteksjon kan også måtte variere noko, avhengig av svingartype, pulslengde, frekvens og sendestyrke. Kriteria som vart brukt i dette studiet er middels strenge, og vil fungere godt for dei fleste høve.

Val av metode for tettleiksestimering er truleg det valet som vil få størst innverknad på resultatane. Me anbefalar å nytte gjennomsnittleg observert ekkostyrke for dette formålet, anten lineært gjennomsnitt for alle enkelttekkdeteksjonar over terskel, eller aller helst lineært gjennomsnitt

av enkeltekko for spora fisk dersom dette let seg gjere, fordi det vil redusere innverknaden av eventuelt støy. Bruk av forventta gjennomsnittleg ekkostyrke utifrå TS-lengderegresjonar bør unngåast dersom det let seg gjere, fordi det foreløpig er knytta store usikkerheiter til validiteten til desse regresjonane for ferskvasssfisk. Ikkje minst gjeld dette krøkle. Me argumenterer også for at ein ikkje berre bør rapportere fisketettleik åleine, men også s_v -verdiar (tilbakespeidingskoeffisienten). Dei ulike akustiske estimeringsmetodane som har vore nemnt her baserer seg alle på dette målet, uavhengig av valet av metode for utrekning av gjennomsnittleg ekkostyrke frå enkeltfisk. Eit godt alternativ kan vere å rapportere s_a eller s_A , henholdsvis arealtilbakespreiingskoeffisienten og nautisk (eventuelt metrisk) arealspreiingskoeffisient. Desse måla baserer seg på s_v -veriar integrerte integrert over djup, men sidan dei skiljer seg med ein faktor på 4π i tillegg til potensielle forskjellar i arealnemning, er det ekstremt viktig å vere klar på kva mål som er brukt. Me anbefaler å bruke definisjonane gitt i MacLennan mfl. (2002), med unntak av å byte nautiske mil ut med metriske mål.

Basert på erfaringane frå dette studiet vil me koma med følgjande tilrådingar for det vidare arbeidet med overvaking av fiskesamfunn i større innsjøar:

- Bruk av ekkolodd for mengdeberekning og storleiksamansetjing bør vere standard metode. Ingen andre metodar kan gje tilsvarande pålitelege data og tilsvarande god dekningsgrad innanfor eit forsvarleg budsjett.
- Ekkoloddundersøkingane må utfyllast med fangstdata. Resultata frå denne runden tydde på at både trål og garn må nyttast, men me trur at med vidare utvikling av trålen kan tråling vere tilstrekkeleg.
- Vellukka tråling krev erfaring, og me tilrår bruk av djupnesensorar for å ha kontroll med trålens oppførsel. Det vil også vere til nytte ved dokumentering av arbeidet. Me tilrår også å setje av noko ekstra tid til vidare utprøving av trål som metode, gjerne med ein trål som har større opningsareal enn den me prøvde ut i dette arbeidet.
- Det bør arbeidast målretta for å betre kunnskapen om samanhengen mellom ekkostyrke og fiskestorleik, for å kunne nytte meir av informasjonen ekkoloddet gjev om fiskebestandane.
- Det bør frå forvaltninga si side arbeidast aktivt for å utarbeide retningslinjer for konsistent design for undersøkingar, bruk av analysemetodar, og rapporteringsvariablar (inkludert terminologibruk) for større innsjøar. I denne samanhengen bør ein tenke på å få rapportert tilstrekkeleg mengde med rådata eller prosesserte data, slik at nye analysar av eksisterande data kan gjennomførast dersom eller når nye metodar og modellar vert tilgjengelege. Dette er særleg viktig for å heve samanlikningsgrunnlaget mellom ulike undersøkingar, anten det er mellom innsjøar eller mellom ulike aktørar som arbeider i same innsjø. Ikkje minst vil dette vere viktig for å kunne spore endringar i økologisk tilstand over tid, eller i høve til referansetilstand.

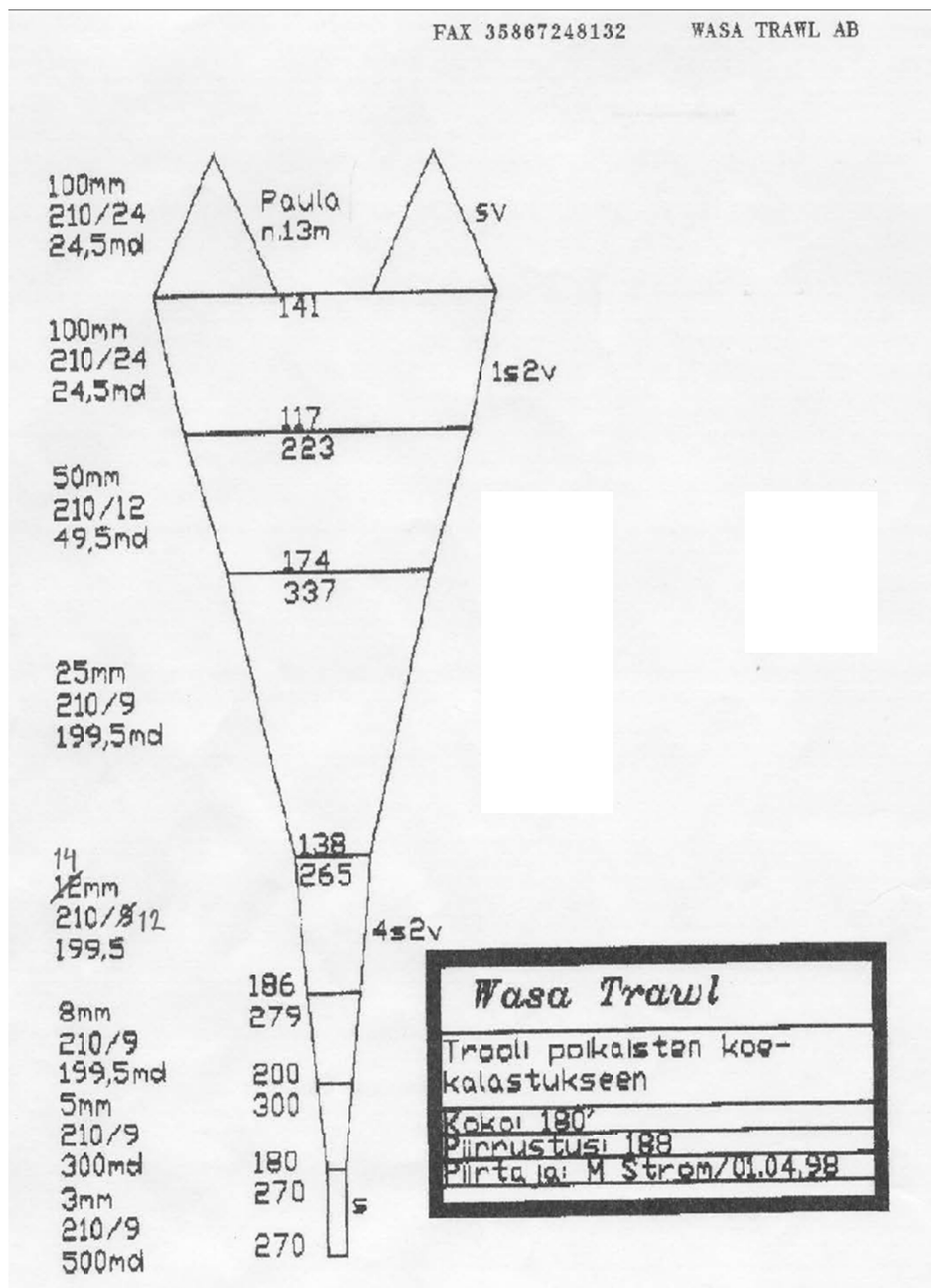
5 Referanser

- Appelberg, M., Berger, H. M., Hesthagen, T., Kleiven, E., Kurkilahti, M., Raitaniemi, J. & Rask, M. 1995. Development and intercalibration of methods in Nordic freshwater fish monitoring. - *Water Air and Soil Pollution* 85 (2): 401-406.
- Appenzeller, A. R. & Leggett, W. C. 1992. Bias in hydroacoustic estimates of fish abundance due to acoustic shadowing: evidence from day-night surveys of vertically migrating fish. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49 (10): 2179-2189.
- Argyle, R. L. 1992. Acoustics as a tool for the assessment of Great Lakes forage fishes. - *Fisheries Research* 14 (2-3): 179-196.
- Balk, H. & Lindem, T. 2006. Sonar4, Sonar5 and Sonar6 post processing systems. Operator manual version 6.0.1. - Lindem Data Acquisition, Oslo, Norway.
- Dalen, J. & Nakken, O. 1983. 1983/B: 19. 30 s.
- Dennerline, D. E., Jennings, C. A. & Degan, D. J. 2012. Relationships between hydroacoustic derived density and gill net catch: Implications for fish assessments. - *Fisheries Research* 123: 78-89.
- Eckmann, R. 1998. Allocation of echo integrator output to small larval insect (*Chaoborus* sp.) and medium-sized (juvenile fish) targets. - *Fisheries Research* 35 (1-2): 107-113.
- Emmrich, M., Helland, I. P., Busch, S., Schiller, S. & Mehner, T. 2010. Hydroacoustic estimates of fish densities in comparison with stratified pelagic trawl sampling in two deep, coregonid-dominated lakes. - *Fisheries Research* 105 (3): 178-186.
- Emmrich, M., Winfield, I. J., Guillard, J., Rustadbakken, A., Vergès, C., Volta, P., Jeppesen, E., Lauridsen, T. L., Brucet, S., Holmgren, K., Argillier, C. & Mehner, T. 2012. Strong correspondence between gillnet catch per unit effort and hydroacoustically derived fish biomass in stratified lakes. - *Freshwater Biology* 57 (12): 2436-2448.
- Fahlén, G. 1968. The gas bladder as a hydrostatic organ in *Thymallus thymallus* L., *Osmerus eperlanus* L. and *Mallotus villosus* Müll. - *FiskDir.Skr.Ser.HavUnders.* (14): 199-228.
- Jurvelius, J., Kolari, I. & Leskela, A. 2011. Quality and status of fish stocks in lakes: gillnetting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods. - *Hydrobiologia* 660 (1): 29-36.
- Jørgensen, R. 2004. The effects of behaviour on the acoustic target strength of capelin (*Mallotus villosus*) and implications for acoustic abundance estimation. - Institute of Aquatic Biology, Norwegian College of Fishery Science, University of Tromsø, Tromsø.
- Knudsen, F. R. & Gjelland, K. Ø. 2004. Hydroacoustic observations indicating swimbladder volume compensation during the diel vertical migration in coregonids (*Coregonus lavaretus* and *Coregonus albula*). - *Fish.Res.* 66 (2-3): 337-341.
- Knudsen, F. R., Larsson, P. & Jakobsen, P. J. 2006. Acoustic scattering from a larval insect (*Chaoborus flavicans*) at six echosounder frequencies: Implication for acoustic estimates of fish abundance. - *Fisheries Research* 79 (1-2): 84-89.
- Lindem, T. & Sandlund, O. T. 1984. New methods in assessment of pelagic freshwater fish stocks - coordinated use of echosounder, pelagic trawl and pelagic nets. - *Fauna* 37: 105-111.
- MacLennan, D. N., Fernandes, P. G. & Dalen, J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. - *ICES Journal of Marine Science* 59 (2): 365-369.

- Mehner, T. 2006. Prediction of hydroacoustic target strength of vendace (*Coregonus albula*) from concurrent trawl catches. - Fisheries Research 79 (1-2): 162-169.
- O'Driscoll, R. L. & Rose, G. A. 2001. In situ acoustic target strength of juvenile capelin. - ICES Journal of Marine Science 58 (1): 342-345.
- Olin, M., Malinen, T. & Ruuhijärvi, J. 2009. Gillnet catch in estimating the density and structure of fish community—Comparison of gillnet and trawl samples in a eutrophic lake. - Fisheries Research 96 (1): 88-94.
- Parker-Stetter, S., Rudstam, L. G., Thomson, J. L. S. & Parrish, D. L. 2006. Hydroacoustic separation of rainbow smelt (*Osmerus mordax*) age groups in Lake Champlain. - Fisheries Research 82 (1-3): 176-185.
- Peltonen, H., Malinen, T. & Tuomaala, A. 2006. Hydroacoustic in situ target strength of smelt (*Osmerus eperlanus* (L.)). - Fisheries Research 80 (2-3): 190-195.
- Pichlova-Ptacnikova, R., Fjeld, E., Haugen, T. O. & Borgå, K. 2009. Role of vertically Migrating relict in uptake of contaminants from sediments and prey in lake Mjøsa (Norway). Poster presentation at the annual ASLO Aquatic Science Meeting, 25-30 January 2009, Nice, France. (<http://www.sgmeet.com/aslo/nice2009/viewabstract2.asp?AbstractID=5901>).
- Prchalova, M., Kubecka, J., Riha, M., Mrkvicka, T., Vasek, M., Juza, T., Kratochvil, M., Peterka, J., Drastik, V. & Krizek, J. 2009. Size selectivity of standardized multimesh gillnets in sampling coarse European species. - Fisheries Research 96 (1): 51-57.
- Rudstam, L. G., Knudsen, F. R., Balk, H., Gal, G., Boscarino, B. T. & Axenrot, T. 2008. Acoustic characterization of Mysis relict at multiple frequencies. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 65 (12): 2769-2779.
- Rudstam, L. G., Parker, S. L., Einhouse, D. W., Witzel, L. D., Warner, D. M., Stritzel, J. L., Parrish, D. L. & Sullivan, P. J. 2003. Application of in situ target-strength estimations in lakes: examples from rainbow-smelt surveys in Lakes Erie and Champlain. - ICES Journal of Marine Science 60 (3): 500-507.
- Sandlund, O. T., Næsje, T. F. & Lindem, T. 1992. Ekkoloddregistreringer av pelagisk fiskebestand i Mjøsa 1990-91. 0802-4103 / 82-426-0251-4. Directorate for Nature Management, Trondheim. 1-15 s.
- Sandlund, O. T., Næsje, T. F., Klyve, L. & Lindem, T. 1985. The vertical distribution of fish species in Lake Mjøsa, Norway, as shown by gill-net catches and echo sounder. - Rep.Inst.Freshw.Res.Drottningholm 62: 137-149.
- Simmonds, J. & MacLennan, D. N. 2005. Fisheries acoustics. 2. utg. - Blackwell, London.
- Somerton, D. A., Williams, K., von Szalay, P. G. & Rose, C. S. 2011. Using acoustics to estimate the fish-length selectivity of trawl mesh. - ICES Journal of Marine Science 68 (7): 1558-1565.
- Winfield, I. J., Fletcher, J. M. & James, J. B. 2007. Seasonal variability in the abundance of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)) recorded using hydroacoustics in Windermere, UK and its implications for survey design. - Ecology of Freshwater Fish 16 (1): 64-69.

6 Vedlegg

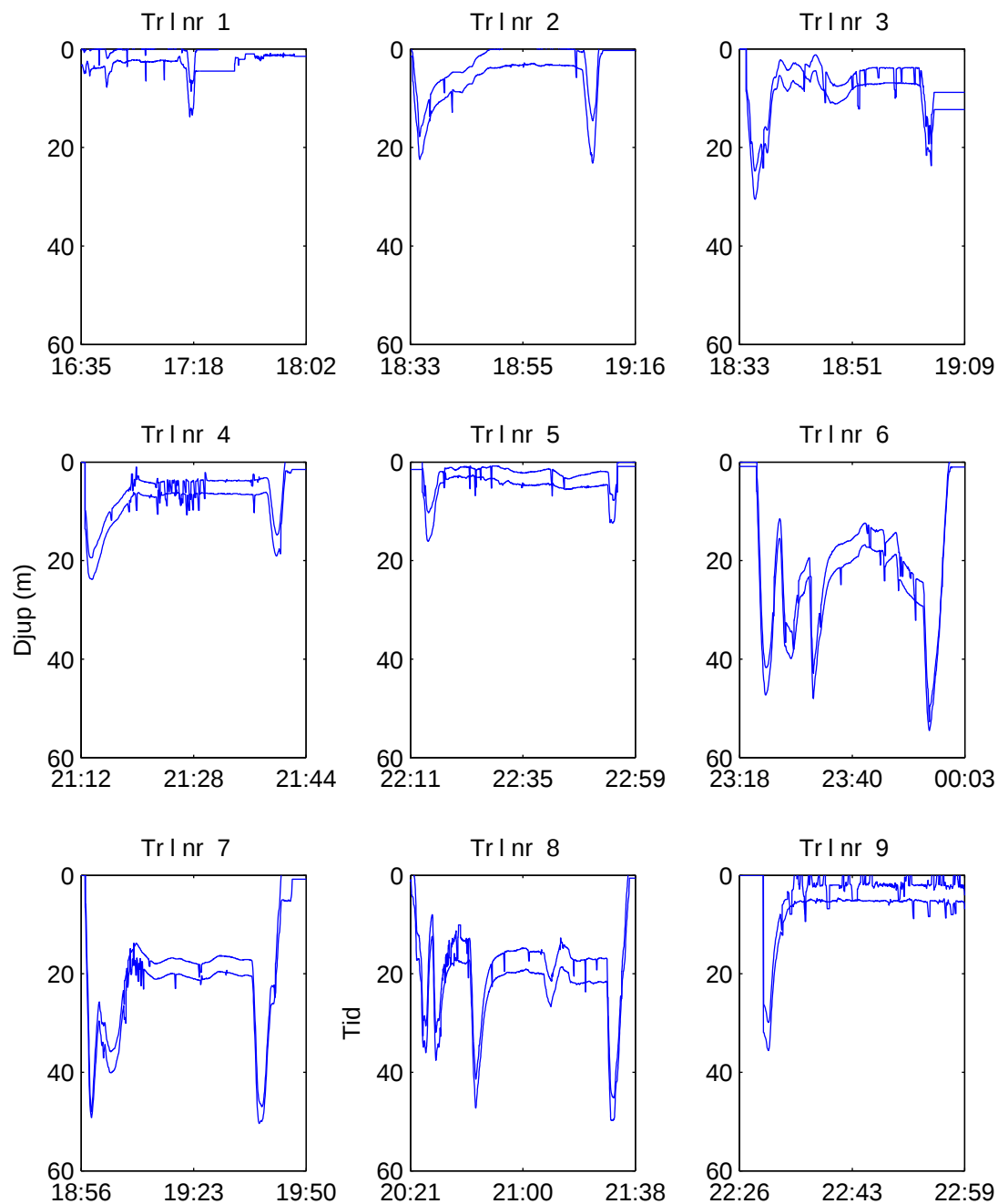
Vedlegg 1: Trålteikningar. Maskevidda i fangstposen er 5 mm, produsenten fekk ikkje tak i 3mm. Me fekk også gjort fangstposen dobbelt så lang som indikert på teikninga, og i tillegg sat inn lås for å hindre rømming når trekkinga stoppa.



Vedlegg 2: Dei to båtane som blei brukt til å trekke trålen og til å køyre ekkolodd-transekt.
Foto: Atle Rustadbakken.



Vedlegg 3. Djupner for tråltrekka. Ein sensor var festa i øvre del av trålen, og ein i nedre del av trålen. Dataene er akustisk overført gjennom vatn, og veldig brå skifter ("spikes") i signal skuldast støy/urein signaloverføring. Klokkeslett på x-aksen (UTC-tid, legg på to timar for å få norsk tid), djup på y-aksen.





Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-4262531-1

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger