

A23131 - Åpen

# Sluttrapport

## Utvikling av et seleksjonssystem til flytetrålfiske etter kvitfisk

Et prosjekt finansiert av FHF

### Forfatter(e)

Eduardo Grimaldo

Manu Sistiaga



**SINTEF Fiskeri og Havbruk AS**

Fiskeriteknologi

2012-09-19

SINTEF Fiskeri og havbruk AS

Postadresse:  
Postboks 4762 Sluppen  
7465 TrondheimSentralbord: 40005350  
Telefaks: 93270701fish@sintef.no  
www.sintef.no/fisk  
Foretaksregister:  
NO 980 478 270 MVA

# Sluttrapport

## Utvikling av et seleksjonssystem til flytetrålfiske etter kvitfisk

Et prosjekt finansiert av FHF

**EMNEORD:**Fiskeri  
Trål  
Flytetrål  
Seleksjon**VERSJON**

V6

**DATO**

2012-09-19

**FORFATTER(E)**Eduardo Grimaldo  
Manu Sistiaga**OPPDRAGSGIVER(E)**

FHF

**OPPDRAGSGIVERS REF.**

Rita Maråk

**PROSJEKTNR**

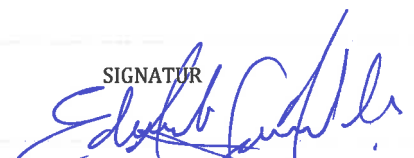
SFH 830237

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**

63

**PROSJEKTLEDER**

Eduardo Grimaldo

**SIGNATUR****KONTROLLERT AV**

Svein Helge Gjørsvind

**SIGNATUR****GODKJENT AV (STILLING, NAVN)**

Forsknings sjef, Vegar Johansen

**SIGNATUR****RAPPORTNR**

A23131

**ISBN**

978-82-14-05442-2

**GRADERING**

Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**

Åpen



# Historikk

---

<b>VERSJON</b>	<b>DATO</b>	<b>VERSJONSBEKRIVELSE</b>
V6	2012-09-19	[Tekst]

# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>8</b>
2.1	Kunnskapsfront inni trålseleksjon .....	8
<b>3</b>	<b>Problem stilling og formål</b> .....	<b>10</b>
3.1	Bakgrunn for prosjektet .....	10
3.2	Overordnede mål .....	11
3.3	Forventet nytteverdi for næringa .....	11
3.4	Prosjekt organisering .....	11
3.5	Styringsgruppe .....	11
3.6	Styringsgruppen mandat .....	12
<b>4</b>	<b>Prosjektgjennomføring og kvalitetssikring</b> .....	<b>13</b>
4.1	Gjennomførte aktiviteter .....	13
4.2	Kvalitetssikring .....	13
<b>5</b>	<b>Innledende seleksjonsforsøk ombord på F/F "Jan Mayen"</b> .....	<b>14</b>
5.1	Materialer og metoder .....	14
5.2	Dataanalyser .....	16
5.3	Resultater .....	16
5.4	Diskusjon og konklusjon .....	19
<b>6</b>	<b>Utvikling av en samplingmetode for innsamling av seleksjonsdata i flytetrålfiske</b> .....	<b>20</b>
6.1	Utvikling av en to-belg flytetrål for sampling .....	20
6.2	Dekknnett- og innernett design.....	20
6.3	Småskala tester .....	21
6.4	Resultater.....	24
6.4.1	Effekt av fangstmengde.....	24
6.4.2	Effekt av tauehastighet.....	24
6.4.3	Effekt av split parameter" .....	24
6.5	Diskusjon og konklusjon .....	27
<b>7</b>	<b>Fullskala forsøk ombord på M/T "Atlantic Star"</b> .....	<b>28</b>
7.1	Materialer og Metoder .....	28
7.1.1	Fartøy og utstyr .....	28
7.1.2	Analyse .....	30
7.2	Resultater.....	31
7.2.1	Fangstsammensetning.....	31
7.2.2	Andel undermålsfisk .....	33
7.2.3	Seleksjon .....	33
7.2.4	Energibesparelse .....	35

7.2.5	Håndteringsegenskaper .....	35
7.3	Diskusjon og konklusjoner.....	35
<b>8</b>	<b>Fullskalaforsøk med fangstbegrensing ombord på F/F "Helmer Hansen" .....</b>	<b>37</b>
8.1	Materialer og metoder .....	38
8.1.1	Prinsipp for begrensing av fangsten .....	38
8.1.2	Konsept for fangstbegrensing.....	39
8.2	Resultater.....	40
8.2.1	Akustisk basert system .....	41
8.2.2	Tynntråd basert system.....	43
8.3	Diskusjon og konklusjoner: .....	44
<b>9</b>	<b>Fullskala forsøk ombord på M/T "Ramoen" .....</b>	<b>45</b>
9.1	Materialer og metoder .....	45
9.2	Resultater.....	47
9.2.1	Seleksjon i flytetråd.....	49
9.2.2	Seleksjon i bunnetråd.....	52
9.3	Diskusjon og konklusjoner.....	54
<b>10</b>	<b>Hovedkonklusjoner .....</b>	<b>56</b>
<b>11</b>	<b>Forslag til tiltak og videreføring av prosjektet.....</b>	<b>57</b>
<b>12</b>	<b>Prosjekts leveranser.....</b>	<b>58</b>
<b>13</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>59</b>

# 1 Sammendrag

Trålnæringen har i de siste årene vist interesse for å utvikle en ny trål som tillater fangst av torsk, hyse og sei uten bunnpåvirkning. Dette vil sterkt redusere slepemotstand og dermed drivstoff forbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp. Ett av problemene med flytetrål er at seleksjonsegenskapene med de eksisterende seleksjonssystemene – dvs. rigide sorteringsrister – blir redusert når det fiskes i relativt høye tettheter av fisk, som er en forutsetning for lønnsomt flytetrålfiske. Gjennom dette prosjektet har vi brukt all opparbeidet kunnskap om bunntrålsselektivitet (i Nordsjøen, Østersjøen, og i Barentshavet) for å utvikle et nytt seleksjonssystem, basert på fleksible nettpaneler (Exit Windows eller T90-masker), som kan brukes i flytetrålfisket etter torsk, hyse og sei. Prosjektet hadde en ramme på 5,7 mNOK, en varighet på to og et halvt år, og ble finansiert av Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF prosjektnummer: 900447). Prosjektet ble utført ved SINTEF Fiskeri og havbruk AS i samarbeid med UIT-Norges Fiskerihøgskole og Fiskeridirektoratet.

Seleksjonsresultatene for torsk ved bruk av sekk med Exit Windows og T90 sekk vurderes som svært bra ut fra forvaltningshensyn. Resultatene viser at både sekken med Exit Windows og T90 sekken effektivt selekterer ut småfisk, selv ved svært høy fisketetthet, og begge sekker gir en rimelig stabil seleksjon uansett fangstmengde.

Ved svært høy tetthet av fisk gir ikke sorteringsrister like gode resultater som Exit Windows eller T90 sekk, hovedsakelig fordi eksisterende rister har mindre sorteringsareal enn sekken med Exit Windows og T90 sekken. I tillegg gir rista et blokkerings-problem som gjør at mengdesensorene ikke gir informasjon om den reelle fangstmengden. På den annen side kan overlevelse av fisk som sorteres ut av trålen være bedre ved bruk av rist. En flytetrål har vesentlig lavere tauemotstand pr. kvadratmeter åpningsareal enn en bunntrål. Dersom tilgjengeligheten av fisk pelagisk er god kan mer utstrakt bruk av flytetrål medføre et mer energiøkonomisk og miljøvennlig trålfiske totalt sett.

Det er også funnet at det er behov for å kontrollere fangstmengde, spesielt ved høy tetthet av fisk, både for å unngå problematisk store hal men også for å bevare tilfredsstillende kvalitet på hele fangsten.

## Abstract

The trawl industry has in recent years been interested in the development of a mid-water trawl that allows the capture of cod, haddock and saithe without seabed contact. This will greatly reduce the drag resistance and thus fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions. One of the problems of fishing with sorting grids is that mandatory sorting grids, originally designed for bottom trawling, have capacity problems when installed in mid-water trawls, and therefore give poorer size selectivity. Through this project we have used all the accumulated knowledge on bottom trawl selectivity (in the North Sea, Baltic Sea and the Barents Sea) to develop a new selection system based on flexible net panels (Exit Windows or T90-meshes), which can be used in mid-water trawl fishery for cod, haddock and saithe. The project had budget of 5.7 MNOK, a duration of two and a half year, and was entirely financed by the Fishery and Aquaculture Industry Research Fund (FHF project no. 900447). The project has been carried out by SINTEF Fisheries and Aquaculture in collaboration with the University of Tromsø and the Norwegian Directorate of Fisheries.

The size selectivity results for cod by using the codend with Exit Windows and the T90 codend are very good from a management perspective. Both codends effectively sorted out most of the small fish, even at very high density of fish, and both codends provided a fairly stable selection, no matter the size of the catch.

Grid selectivity at very high density of fish does not give as good results as Exit Windows or T90 codend do. Mandatory sorting grids have considerable less sorting area than the Exit Windows and the T90 codend, and therefore the fish accumulates in front of the grid and do not fall back to the codend. As a consequence, the catch sensors can not give the real picture of the total catch. On the other hand, the survival of the fish escaping from the sorting grid may be higher than for the two other systems. From the energy point of view the mid-water trawling has a considerably lower towing resistance per m<sup>2</sup> mouth area. Therefore, sufficient amounts of fish are accessible mid-water, mid-water trawling may contribute to a more energy efficient and environmentally friendly trawls fishery in total.

In addition, a need for controlling the catch size has been identified, in order to avoid hauls of excessive size and to ensure acceptable catch quality, especially when fishing at high densities of fish.

## 2 Innledning

### 2.1 Kunnskapsfront innen trålseleksjon

Alle tekniske reguleringer innen redskapsselektivitet baseres på antagelsen om at fisk som slippes ut av trålen overlever (Armstrong et al., 1990; Suuronen, 1995; Suuronen, 2005). Likevel har flere studier vist at fisk kan eksponeres for fysiologisk stress og fysiske skader under fangst- og fluktprosess, noe som gjør kan redusere sannsynligheten for overlevelse (Soldal et al., 1993; Sangster et al., 1996; Suuronen, 2005). Et effektivt seleksjonssystem som ikke bare øker sannsynligheten for overlevelse, men som også gjør at fisk tilbringer minst mulig tid inni trålen, er målet. Ideelt sett bør ikke fisk komme i kontakt med den bakerste del av trålposen der sjansen for å bli skadet er høyest.

Diamant-masker oppfyller ikke disse betingelsene, fordi mesteparten av seleksjonsprosessen skjer gjennom et begrenset område av åpne masker rett foran fangsten (O'Neill et al., 2003, Grimaldo et al 2008), og fordi en betydelig andel av fisken først slippes ut av posen på vei opp mot og i sjøoverflaten (Tschernij og Suuronen, 2002; Suuronen, 2005; Madsen et al., 2008; Grimaldo et al, 2009). Under slike omstendigheter er fisk som slippes ut trolig eksponert for ekstra stress og skader, og har vesentlig mindre sannsynlighet for å overleve (Breen et al). Diamant-masker har i tillegg høy seleksjonsvariabilitet fordi materiell relaterte faktorer (materiell type - nylon, polyetylen, polypropylen -, trådtykkelse, osv.) har stor innflytelse på seleksjon; men ikke minst på grunn av ytre faktorer, spesielt fangststørrelse og tauehastighet, som gjør at maskene strekkes og legges sammen (reduksjon i effektiv maskeåpning).

Exit Windows paneler og sorteringsrister har en potensiell fordel i forhold til poser laget av diamant-masker. De kan plasseres lenger frem i trålposen, så fisk har en mulighet sjansen til å unnsnippe før de går i den bakerste del av posen. I tillegg er det vist at overlevelse av fisk som sorteres ut med Exit Windows paneler og med rister er høyere enn for fisk som sorteres ut med diamant masker (Suuronen et al., 1996; Ingólfsson et al., 2002). I Østersjøen har flere forsøk med svenske modeller av Exit Windows paneler vist at disse har betydelig bedre seleksjonsegenskaper enn poser med konvensjonelle diamantmasker (Larsson, 1994; Tschernij et al., 1996). Disse panelene ble laget av stiv tråd og ble montert på sidene i trålposen. Tilsvarende resultater ble oppnådd ved å montere kvadratmasker på sidene av trålposen (Dansk modell) (Lowry et al., 1995). Resultatet var at begge systemer ble påbudt i juni 1995 i EU (EC regulering 3362/94, 20, desember 1994). I 2002 ble side panelene erstattet av et enkelt topp panel (BACOMA window). Den nye BACOMA posen består av et stort panel av kvadratmasker montert på trålposens overpanel (Tschernij and Suuronen, 2002; and Dahm et al., 2003).

I Nordsjøen har det blitt gjennomført eksperimenter med Exit Windows og kvadratmasker siden tidlig på 1980-tallet (Robertson, 1983; Robertson and Stewart, 1988). På 1990-tallet gjennomførte Hillis et al. (1991), Ulmstrand and Larsson (1991), Briggs (1992), Thorsteinsson (1992) og Madsen et al. (1999) eksperimenter med bruk av Exit Windows paneler, og disse ble påbudt for skotske trålere i 2000 og for alle EUs trålere i 2001 (EU regulering 850/1998). Senere eksperimenter med Exit Windows har prøvd å forbedre seleksjons-egenskapene til disse (Zuur et al., 2001; Graham and Kynoch, 2001; Graham et al., 2003, 2004; Madsen and Staehr, 2005; O'Neill et al., 2006).

I Norge har man siden slutten av 1980-tallet arbeidet med å utvikle sorteringsrist som monteres inne i trålens forlengelse. Den første varianten, kalt Sort-X, ble utviklet ved Norges Fiskerihøgskole (Larsen 1990, Larsen & Isaksen 1993, Larsen 1992, 1995, 1996, Larsen & Gamst 1995, Larsen et al. 1992, 1999, 2000). Fra 1994 ble Sort-X sorteringsrist tillatt brukt i torsketral i Barentshavet og et permanent påbud om bruk (for alle nasjoner) kom i



1997. Forskere ved PINRO i Murmansk utviklet i 1995 (Lisovsky et al. 1996) en alternativ sorteringsrist som fikk navnet Sort-V, og som bestod av bare en rist (mot 3 ledd i Sort-X). Havforskningsinstituttet tilpasset den russiske teknologien til norsk trål, og dette systemet fikk navnet Enkelrist for torske-trål (Isaksen et al. 1995, 1996, 1998a, 1998b, Misund et al. 2001). SINTEF Fiskeri og Havbruk startet i 1998 et prosjekt med å utvikle en sorteringsrist for torske-trål i glassfiberarmerte nylonspiler (Angell 1999), og senere forsøk med denne Fleksirista ga seleksjonskarakteristika som var på høyde med både Sort-X og Enkelrist (Angell et al. 2000, 2001a, 2001b). Fordelene med Fleksirist-systemet er mange sammenlignet med de tyngre stålristene. Fleksirist er ikke utsatt for deformasjoner på samme måte som faste konstruksjoner, den er mindre plasskrevende og den har lav vekt og er lettere å håndtere (spesielt i dårlig vær). På grunn av alle disse fordeler ble Fleksirist-systemet tillatt som et alternativ til Sort-X og Fleksirist i 2002. Siden 1998 vært det blitt gjennomført EU prosjekt med utvikling av en stiv, leddet rist av glassfiberarmert nylon som går under navnet Eurogrid. Denne sorteringsristen er primært utviklet med tanke på konsumfisket med trål med mindre fartøyer i Nordsjøen. Flere nasjoner, inkl. Norge, deltok i dette arbeidet, men de målte sorteringseffektene varierte ganske mye og kunne ikke sammenlignes med det som er oppnådd med stålriste i Nordsjøfiskeriene (Bertelsen et al. 1998, Larsen et al. 2000, Isaksen et al. 2003). I pelagisk trålfiske etter makrell har sorteringsriste av stål gitt tilfredsstillende sorteringsresultater (Misund 1998). På den annen side viste liknende eksperimenter i Østersjøen at overlevelsen av utsorterte sild var like nedslående med rist som med ordinær maskeseleksjon i posen (Suuronen et al. 1996).

Siden 2002 har Exit Windows paneler vist seg å ha stabile og like skarpe seleksjonsegenskaper som Enkelrist for torsk og hyse. Trålposer med Exit Windows blir ikke påvirket av ytre faktorer som fangststørrelse og tauehastighet, i motsetning til trålposer av diamantmasker (Grimaldo et al, 2007 og 2008). Det er funnet at Exit Windows- og Enkelrist-systemer sorterer ut mesteparten av all undermåls fisk under tauing (mer enn 75 % for torsk og 92 % for hyse), dvs. mens trålen fisker på bunnen. Forsøk med poser av diamant masker (135 og 155 mm maskevidde) har vist at over 80 % av all undermåls fisk først ble sortert ut av trålen under hiving og i overflaten (Grimaldo et al, 2009).

## 3 Problemstilling og formål

### 3.1 Bakgrunn for prosjektet

Bestanden av nordøstarktisk torsk og nordøstarktisk hyse er nå i god forfatning. For øyeblikket er gytebestanden høy for begge arter, og det er relativt mye umoden hyse i bestanden. Det ser altså forholdsvis lyst ut for hysebestanden de nærmeste årene dersom den forvaltes i henhold til vedtatte regler. Ved å redusere fiskepresset på den mindre fisken kunne man likevel utnytte bestandens vekstpotensial bedre. Alle tekniske reguleringer for å forbedre redskapsselektivitet baseres på antagelsen om at fisk som slippes ut av trålen overlever (Armstrong et al., 1990; Suuronen, 1995; Suuronen, 2005). Derfor bør fisk i et effektivt seleksjonssystem ikke komme i kontakt med den bakerste del av trålposen der sjansen for skade er høyest (Soldal et al., 1993; Sangster et al., 1996; Suuronen, 2005). Diamant-masker oppfyller tydeligvis ikke disse betingelser fordi mesteparten av seleksjonsprosessen skjer gjennom et begrenset område av åpne masker rett foran fangsten (O'Neill et al., 2003, Grimaldo et al. 2008). Dessuten er det vist at seleksjonen i trålposer laget av diamant-masker er sterkt avhengig av hivingsoperasjonen av trålen, og enda viktigere, at en betydelig andel av fisken først slipper ut av posen nær- og i overflaten (Tschernij og Suuronen, 2002; Suuronen, 2005; Madsen et al., 2008; Grimaldo et al., 2009). Under slike forhold er fisk som slippes ut trolig eksponert for ekstra stress og skader, og har vesentlig mindre sannsynlighet for å overleve. Diamant-masker gir i tillegg betydelig variasjon i seleksjons-parametre fordi faktorer som materialtype (nylon, polyetylen, polypropylen m.fl.), tråddykkelse m.m. har stor innflytelse på seleksjon, og fordi fangststørrelse og tauehastighet gjør at maskene strekkes og lukkes (reduksjon i effektiv maskevidde). Exit Windows paneler og sorteringsrister har en potensiell fordel over poser laget av diamant masker. De kan plasseres strategisk lenger fram i trålposen, så fisk gis sjanse til å flykte før de går inn i den bakerste del av posen. I tillegg er det vist at overlevelsen av fisk som sorteres ut med Exit Windows paneler og med sorteringsrister er høyere for diamant masker (Suuronen et al., 1996; Ingólfsson et al., 2002). I Østersjøen ble Exit Windows paneler påbudt i juni 1995 i EU (EC regulering 3362/94, 20, desember 1994). I 2002 ble side-paneler erstattet av et singel topp-panel (BACOMA window). Den nye BACOMA posen består av et stort kvadratmaske-panel montert i overpanelet på trålposen (Tschernij and Suuronen, 2002; and Dahm et al., 2003). I Nordsjøen ble Exit Windows paneler påbudt for skotske trålere i 2000 og for alle EUs trålere i 2001 (EU regulering 850/1998). I Norge har sorteringsrist vært påbudt siden 1997 i alt fiske i Barentshavet for å verne fisk under minstemål.

For å møte utfordringene knyttet til energieffektivitet og uheldig påvirkning på bunn og fauna, har trålnæringen i de siste årene vært interessert i en flytetrål som tillater fangst av torsk, hyse og sei uten bunnpåvirkning. Fordi tråldørene og bunngearet i en flytetrål ikke har friksjon med havbunnen, kreves det mindre energi enn i en bunntrål, med påfølgende reduksjon i drivstoffutgifter og NO<sub>x</sub>-utslipp. I tillegg vil muligheten til å kombinere bunn og pelagisk trål gi næringen en større fleksibilitet, effektivitet og bedre økonomi, samtidig som en får en miljømessig gevinst både på kvalitet og fiskebestander.

Dette prosjektet skal fokusere på seleksjonsproblematikk knyttet til flytetrål. Flere forsøk med flytetrål har vist at seleksjonsegenskapene til eksisterende sorteringsrister blir redusert ved høy tetthet av fisk, fordi ristarealet blir for lite. En mulig løsning kunne være å øke arealet av eksisterende rister, men dette ville gjøre håndteringsoperasjon på dekk mye vanskeligere (på grunn av en mye større og tyngre rist), spesielt i dårlig vær. Derfor skal dette prosjektet også fokusere på å utvikle et seleksjonssystem som er lett og enkelt å håndtere på dekk.

### 3.2 Overordnede mål

Hovedmålsettingen med dette prosjektet er å utvikle et seleksjonssystem basert på EW (Exit Window) eller T90 i flytetrålfisket etter hvitfisk.

Spesifikke mål er:

- Utvikle et seleksjonssystem basert på fleksible nettpaneler (Exit Windows eller T90), som 1) har betydelig større sorteringskapasitet enn dagens ristsystemer (Sort-X, Enkelrist, Fleksirist), 2) fungerer under høy tetthet av fisk, og 3) reduserer risiko under håndtering (spesielt i dårlig vær).
- Det nye seleksjonssystemet skal sortere ut undermåls fisk foran bakerste del av trålposen. På denne måten økes overlevelsessevne hos fisk som slippes ut.
- Det nye seleksjonssystemet skal være lett og enkelt å håndtere på dekk.
- Utvikle et spesielt tilpasset fangstbegrensningssystem for å unngå at det tas for store hal.
- Vurdering av energiforbruk ved bruk av flytetrål.

### 3.3 Forventet nytteverdi for næringa

Dette prosjektet vil gi næringa et seleksjonssystem til bruke i flytetrålfiske, som er lett (laget av fleksible materialer), enkelt å håndtere på dekk (med tanke på HMS), og med like gode seleksjonsegenskaper som dagens sorteringsrister, og som fungerer tilfredsstillende også ved høy tetthet av fisk.

Utvikling av en selektiv flytetrål etter hvitfisk vil bidra til å løse noen av de utfordringene trålnæringen har hatt i det siste årene knyttet til energieffektivitet og uheldig påvirkning på bunn og fauna. Fordi en flytetrål ikke har kontakt med havbunnen kreves den mindre energi å taue enn en tilevarende stor bunntrål, med påfølgende potensial for å redusere drivstofforbruk og NOx-utslipp. I første omgang ser muligheten til å kunne kombinere bunn- og flytetråling ut til å være mest aktuelt. Dette vil kunne gi næringen en større fleksibilitet, effektivitet og bedre økonomi samtidig som en får en miljømessig gevinst både på kvalitet og fiske bestander.

### 3.4 Prosjektorganisering

Prosjektet er blitt gjennomført av SINTEF Fiskeri og Havbruk i samarbeid med Universitetet i Tromsø (Norges Fiskerihøgskole), Fiskeridirektoratet (Utviklingsseksjonen) over en tidsperiode på 30 måneder (29. april 2010 – 29. oktober 2012).

Dr. Eduardo Grimaldo (SINTEF Fiskeri og Havbruk) var prosjektleder og hadde ansvar for planlegging, gjennomføring og prosjektrapportering.

### 3.5 Styringsgruppe

Styringsgruppen i prosjektet består av fiskere, redere, forskere, to representanter fra Utviklingsseksjonen i Fiskeridirektoratet og en fra Fiskeri og Havbruksnæringens Forskningsfond (FHF). Styringsgruppens sammensetning ble vedtatt under møtet i Ålesund (25.mars.2010) og består av følgende personer:

- Eduardo Grimaldo, SINTEF Fiskeri og havbruk
- Svein Helge Gjørund, SINTEF Fiskeri og havbruk
- Tormund Grimstad, Nordnes AS
- Hedin Joensen, Nordfjord Havfiske AS
- John Willy Valdemarsen, Havforskningsinstituttet
- Terje Jørgensen, Havforskningsinstituttet
- Roger Larsen, Universitetet i Tromsø
- Dagfinn Lilleng, Fiskeridirektoratet
- Robert Misund, Fiskeridirektoratet
- Pål Roaldsnes, Roaldnes AS.
- Joakim Martinsen / Rita Marå, FHF (Observatør).

### 3.6 Styringsgruppen mandat

- Styringsgruppen skal sikre at prosjektet fremmer utviklingen av et alternativt seleksjonssystem til felles beste for norsk fiskerinæring.
- Styringsgruppen skal påse at prosjektet innrettes og organiseres på en slik måte at konseptet kan bli et reelt alternativ til rist i Barentshavet.
- Styringsgruppen skal bidra til faglig utvikling av prosjektet, og får mandat til å videreutvikle og spisse prosjektets målsetninger.
- Styringsgruppen skal vurdere resultatene av prosjektet og foreslå justeringer, videreføring eller evt. terminering av prosjektet overfor FHF. Prosjektet kan for eksempel foreslås terminert dersom det viser seg at det foreslåtte konseptet ikke fremstår som et reelt alternativ til rist.

For en bedre koordinering av aktivitetene mellom SINTEF Fiskeri og Havbruk og Havforskningsinstituttet i flytetralrelaterte prosjekter, skal prosjektene: 1) Hvorfor reduseres fangsteffektiviteten til enkelte tråler når fangsten øker – redusert vannstrøm gjennom trålen (bøtteeffekt) eller innsnevring av forlengelsen foran posen? FHF 2009-2010, og 2) Problemstillinger knyttet til et pelagisk trålfiske etter torsk og hyse, FHF, 2009-2010. samordnes gjennom en felles styringsgruppe. Denne gruppen vil bestå av fiskere, redere, forskere, to representanter fra Utviklingsseksjonen (Fiskeridirektoratet) og en fra Norges Fiskerlag. Styringsgruppen holdt følgende møter i løpet av 2010-2011:

- Bergen (24. januar 2010),
- Ålesund (25. mars 2010),
- Trondheim (07. juni 2010),
- Trondheim (04. februar, 2011),
- Trondheim (20 september, 2011).

## 4 Prosjektgjennomføring og kvalitetssikring

### 4.1 Gjennomførte aktiviteter

Følgende aktiviteter har blitt gjennomført i løpet av prosjektet:

- Innledende seleksjonsforsøk om bord på F/F "Jan Mayen" (mars-april 2010).
- Utvikling av sampling-metode for innsamling av seleksjonsdata i flytetrålfiske (juni 2010)
- Fullskala seleksjonsforsøk ombord på M/T "Atlantic Star" (oktober-november 2010)
- Fullskala forsøk med fangstbegrensing ombord på F/F "Helmer Hansen" (tidligere F/F "Jan Mayen") (mai 2011)
- Fullskala seleksjonsforsøk ombord på M/T "Ramoen" (oktober 2011)
- FISHTECH konferanse (september 2012)

### 4.2 Kvalitetssikring

Prosjektet ble kvalitetssikret på følgende måter:

- Prosjektsalget, gjennomføringen og rapporteringen ble kvalitetssikret ved å følge kvalitetsrutinene beskrevet i SINTEFs styringssystem.
- Prosjektplan, fremdrift, foreløpige resultater og konklusjoner har blitt presentert og diskutert periodevis (i avholdte møter) med styringsgruppen.
- Metodene som ble brukt for innhenting av seleksjonsdata er godkjente og anbefalte metoder av "International Council for the Exploration of the Sea (ICES)". I tillegg ble en spesielt designet dobbel-belg flytetrål testet i småskala før den ble brukt i fullskala forsøk.
- Analysemetodene for seleksjonsdata som ble brukt er som anbefalt i detinternasjonale forskningsmiljøet.
- Tolkningen av resultatene og konklusjonene er underbygd av undervannsoptak med video.
- Alle rapportene er kvalitetssikret ihht. SINTEFs styringssystem.

## 5 Innledende seleksjonsforsøk ombord på F/F "Jan Mayen"

To forsøk ble gjennomført ombord på F/F Jan Mayen (63.8 m LOA, 4080 HK) i løpet av mars og april 2010. Formålet med disse forsøkene var innledende tester av en T90 sekk ved bunntråling etter torsk. Fiskefeltene var utenfor kysten av Troms.

Resultatene fra disse forsøkene ble publisert i en egen rapport av Sistiaga og Larsen (2010). I det følgende er det gitt et kort sammendrag av denne rapporten.

### 5.1 Materialer og metoder

Utstyret som ble brukt under begge forsøkene besto av en bunntrål type Alfredo 5 modifisert for sampling, to Injector Scorpion bunntråldører på 8,0 m<sup>2</sup> og 3100 kg hver, 80 m sveiper, 16,5 m dobbeltsveip (butterfly rigg), 88,7 m bunngir med 14 stålbobbins (61 cm diameter) og en 21,3 m rockhopper.

To metoder ble benyttet for å estimere seleksjonsparametrene av den T90 sekken: "Dekknnett metoden" og "Paired-gear metoden". Begge er standard metoder ved studier av seleksjon i trålredskap (Wileman et al., 1996).

- "Paired-gear metoden" baseres på direkte sammenligning av fangstens størrelsessammensetning av to sekker: en test sekk og en kontroll sekk. Til dette kan det brukes enten en singel trål med to belger og to sekker, eller to trål med en sekk hver som taues samtidig/parallelt som dobbelt trål eller av 2 fartøy ved siden av hverandre. På en to-belg trål festes testsekken (T90 sekken i dette tilfellet) på en side og en kontrollsekk med 60 mm maskevidde (blindsekk) som fanger fisk i alle størrelser på den andre siden.
- "Dekknnett metoden" baseres på å feste en blindsekk over den eksperimentelle sekken. På denne måten fanges alle små fiskene som sorteres ut av den eksperimentelle sekken i dekknettet.

Sampling-trålen hadde to belger som ble laget av 80 mm PE netting (Ø 2.2 mm tråd), en headline på 37,7 m og fiskeline på 21,3 m. En belg av denne trålen ble brukt til å teste en 135 mm (nominell) maskevidde T90 sekk laget av 138mm PE netting (Ø 8mm enkelttråd). Den andre belgen ble brukt som kontroll. Sekkens aktuelle maskevidde ble målt under hvert tokt med en Omega Gauge (Fonteyne et al., 2007).

I tillegg til kontroll sekken ble et 25 m langt dekknett montert utenpå T90-sekken for å fange opp all småfisk som slapp ut gjennom sekken masker. Vi benyttet kvadratmasker i dekknettene fordi dette gir god stabilitet i fasongen og dermed unngår å påvirke fiskens atferd under sorteringsprosessen. Konstruksjonen sparer også en mengde nett i forhold til vanlig maskeretning (diamantmasker). Åpningen og fasongen på dekknettene ble opprettholdt ved hjelp av en 6 kg kjetting langs bunnen, 3 stk. 8" fløytkuler langs overkanten og 6 kiter (3 på hver side). For å holde dekknettene godt utspilt i hele lengden (og spesielt rundt sekkene) ble det montert 12 kiter ca. 9 m bak fronten. Kitene ble jevnt fordelt langs dekknettens omkrets. Dekknettene er basert på en konstruksjon vist i Grimaldo et al. (2008) (Fig 1).

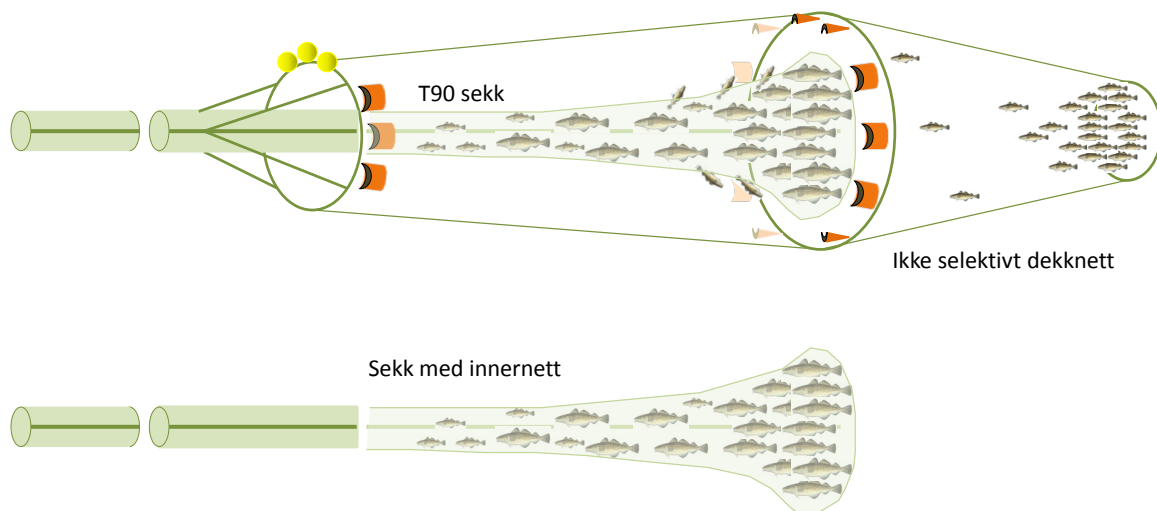


Fig. 1 Beskrivelsen av oppsett for innsamling av seleksjonsdata.

Fisken fra trålposen og dekknettet og kontrollsekken ble tømt i separate binger ombord og målt til nærmeste cm nedenfor. Dataene som er tatt målinger av torsk (*Gadus morhua*), hyse (*Melanogrammus aeglefinus*) og sei (*Pollachius virens*). All fisk ble målt, dvs. ingen subsampling. Detaljerte informasjon om hver hal er vist i Tabell 1.

Tabell 1: Detaljerte data for hvert hal som ble gjennomført om bord F/F Jan Mayen i perioden mars-april 2010. "Catch test" er mengde fisk i T90 sekken.

Cruise	Haul nr.	Towing time (min)	Catch test (kg)	Position start	Position finished	Depth start (m)	Depth finish (m)	Wind (m/s)
March	2	35	2520.0	70° 07' N / 17° 10' E	70° 09' N / 17° 10' E	260	240	12
March	3	20	955.2	70° 04' N / 17° 07' E	70° 07' N / 17° 11' E	280	241	10
March	4	25	1470.9	70° 06' N / 17° 10' E	70° 08' N / 17° 11' E	250	236	10
March	5	20	4269.8	70° 06' N / 17° 10' E	70° 07' N / 17° 11' E	270	240	14
March	6	20	1173.0	70° 06' N / 17° 10' E	70° 08' N / 17° 11' E	250	252	15
March	9	-	2529.5	70° 06' N / 17° 17' E	70° 08' N / 17° 23' E	129	91	15
March	10	-	361.0	70° 07' N / 17° 17' E	70° 08' N / 17° 24' E	237	197	5
March	11	-	3224.7	70° 06' N / 17° 09' E	70° 07' N / 17° 11' E	258	246	16
April	1	20	481.3	70° 13' N / 17° 15' E	70° 14' N / 17° 19' E	229	235	3
April	2	40	381.9	70° 17' N / 17° 25' E	70° 15' N / 17° 20' E	260	241	4
April	3	50	4540.9	70° 09' N / 17° 21' E	70° 08' N / 17° 30' E	148	101	3
April	4	25	356.9	70° 08' N / 17° 36' E	70° 08' N / 17° 32' E	107	148	4
April	5	55	1095.8	70° 11' N / 17° 34' E	70° 12' N / 17° 25' E	205	205	5
April	6	45	313.2	70° 12' N / 17° 18' E	70° 12' N / 17° 27' E	218	214	3
April	7	55	2560.6	70° 09' N / 17° 23' E	70° 08' N / 17° 33' E	143	114	5
April	8	45	1604.4	70° 08' N / 17° 32' E	70° 07' N / 17° 26' E	99	87	5
April	9	60	598.1	70° 11' N / 17° 35' E	70° 12' N / 17° 24' E	223	211	4
April	10	90	1148.5	70° 12' N / 17° 18' E	70° 10' N / 17° 34' E	212	191	7
April	11	75	884.3	70° 09' N / 17° 33' E	70° 10' N / 17° 22' E	148	174	5
April	13	55	1591.7	70° 01' N / 17° 21' E	70° 00' N / 17° 43' E	100	107	5
April	14	35	1800.5	70° 00' N / 17° 17' E	70° 01' N / 17° 10' E	103	117	9
April	16	65	1456.5	70° 02' N / 17° 38' E	70° 04' N / 17° 48' E	83	85	5
April	17	60	1435.9	70° 09' N / 17° 14' E	70° 11' N / 17° 24' E	146	181	3
April	18	45	594.9	70° 08' N / 17° 15' E	70° 09' N / 17° 15' E	135	148	5
April	19	65	2685.9	70° 10' N / 17° 24' E	70° 09' N / 17° 14' E	163	146	8
April	20	75	343.0	70° 12' N / 17° 19' E	70° 12' N / 17° 33' E	220	209	4
April	21	65	1362.9	70° 10' N / 17° 27' E	70° 09' N / 17° 15' E	164	135	6
April	22	120	789.8	70° 09' N / 17° 16' E	70° 10' N / 17° 34' E	139	186	4
April	23	90	898.3	70° 09' N / 17° 36' E	70° 10' N / 17° 22' E	175	158	7

## 5.2 Dataanalyser

Seleksjonsdata ble analysert ved hjelp av dataprogrammet SELNET. Seleksjonsanalysen baseres på to-trinns prosedyren som er anbefalt av ICES i "Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears" (Wileman et al., 1996).

Det første trinnet består i å estimere seleksjonsparametrene og kovariansmatrisen til alle individuelle hal, ved å tilpasse dataene til en logistisk (logit) modell som beregner retensjonen (tilbakeholdelsen) per størrelsesklasse. Dette er den mest brukte modellen ved slike analyser og er definert som:

$$r(l) = \left( \frac{\exp(\alpha + \beta l)}{1 + \exp(\alpha + \beta l)} \right)$$

hvor  $\alpha$  og  $\beta$  er parametre som må estimeres, og  $l$  representerer fiskelengden.

For dataene som ble samlet inn med "paired-gear metoden" ble SELECT metoden (Millar and Walsh, 1992) benyttet til å estimere "split" parameteren  $p$ . Denne parameteren måler fangstevnen av "Test sekken" i forhold til "Kontroll sekken".

For en fisk som blir fanget av trålen definerer  $p$  sannsynligheten for at den havner i testsekken av trålen. Parameteren  $\varphi(l)$  vil da, basert på  $p$  og  $r(l)$ , gi sannsynligheten for at en fisk av størrelse  $l$  som blir fanget av trålen havner i testsekken, og ikke i kontrollsekken.

$$\varphi(l) = \frac{p \cdot r(l)}{(1 - p) + p \cdot r(l)}$$

Middelseleksjonslengden  $L50$  og seleksjonsintervallet  $SR$  er de mest brukte seleksjonsparametrene, og ved bruk av disse to parameterne kan man definere en seleksjonskurve.  $L50$  viser til lengden av en fisk som har 50 % sannsynlighet av å bli fanget i test sekken, mens  $SR$  defineres som bredden på intervallet  $L75 - L25$ . Ved hjelp av  $\alpha$  og  $\beta$ , kan en lett kalkulere  $L50$  og  $SR$  med følgende likninger:

$$L50 = \frac{-\alpha}{\beta} \quad SR = \frac{2 \ln(3)}{\beta}$$

I det andre trinnet beregnes gjennomsnittlige seleksjonsparametre som beskrevet i Fryer (1991). Her tas både variasjonen i hvert hal, og variasjonen mellom halene, i betraktning. På denne måten kan data fra ulike seleksjonsforsøk sammenlignes og resultatene vurderes opp mot hverandre.

## 5.3 Resultater

Maskemålingene av T90 sekken viste at det ikke var vesentlige forskjeller (på 95 % konfidensintervall) mellom målinger tatt i mars (tokt 1:  $136 \pm 2$ mm) og målingene i april (tokt 2:  $137 \pm 2$ mm).



Totalt 11 hal ble gjennomført i løpet av mars-toktet, hvorav 8 gyldige hal som ble inkludert i seleksjonsanalyse, og 3 ugyldig hal som måtte forkastes (på grunn av tekniske feil med utstyret). I april-toktet ble 23 hal gjennomført, hvorav 19 gyldige og 4 ugyldige.

Størrelsesseleksjon ble estimert for torsk, hyse og sei. For torsk varierte L50 fra 46.3 til 61.1 cm, mens SR varierte fra 5.8 til 17.7 cm. For hyse varierte L50 fra 43.8 til 55.6 cm, og SR fra 5.4 til 14.5 cm. For sei varierte L50 mellom 48.8 og 53.8 cm. Seleksjonsresultatene for torsk, hyse og sei er presentert i Tabell 2 (individuelle resultater per hal).

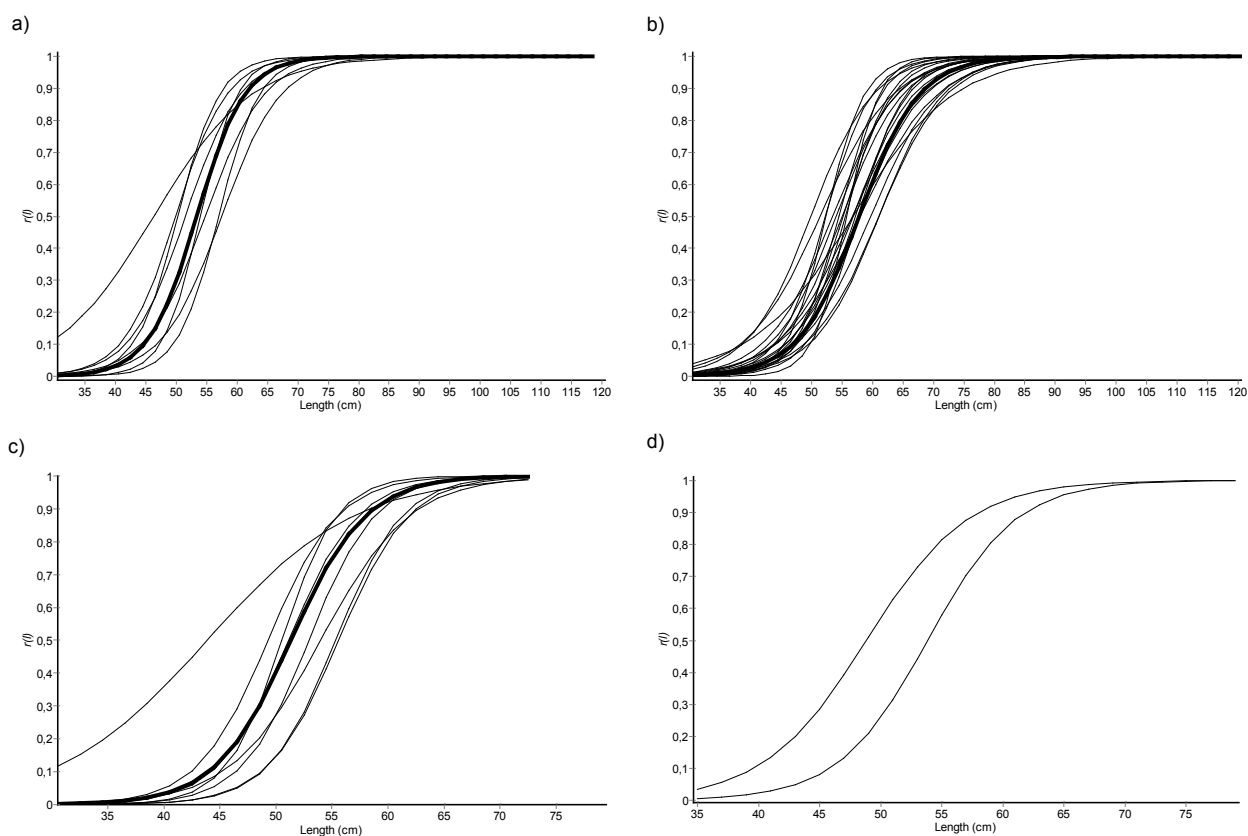
For torsk var de gjennomsnittlige L50 og SR verdiene hhv. 53.4 cm og 8.6 cm for tokt 1, og hhv. 58.8 cm og 11.4 cm for tokt 2. For hyse var den gjennomsnittlige L50 og SR 51.3 cm og 7.4 cm (Tabell 3 og Figur 2).

Tabell 2: Seleksjonsresultater for individuelle hal.

Species	Cruise	Haul nr.	L50	SR	AIC	p-value	Dev.	dof	R <sup>2</sup>	Catch test (kg)	Total nr.	Test nr.	Cover nr.
Cod	1	2	49.89	9.22	354.19	0.992	35.38	58	0.661	2577.9	913	847	66
Cod	1	3	56.95	7.42	187.75	0.998	32.86	59	0.888	976.6	317	247	70
Cod	1	4	54.78	10.59	204.14	1.000	34.63	66	0.913	1503.6	360	302	58
Cod	1	5	50.26	7.48	301.14	1.000	40.18	74	0.946	4366.4	1110	1039	71
Cod	1	6	46.30	17.71	113.40	1.000	25.60	61	0.643	1202.1	199	173	26
Cod	1	9	51.51	9.83	227.19	1.000	20.36	69	0.901	2580.6	673	629	44
Cod	1	10	57.45	10.74	59.25	0.993	27.93	49	0.713	368.0	104	84	20
Cod	1	11	53.98	6.68	289.55	1.000	34.54	67	0.964	3291.5	1087	1008	79
Cod	2	1	61.06	11.56	171.15	0.994	25.57	46	0.930	490.9	202	136	66
Cod	2	2	57.63	8.64	139.78	0.997	21.34	42	0.889	389.8	174	128	46
Cod	2	3	52.40	6.87	213.29	1.000	26.88	61	0.848	4642.0	1094	1058	36
Cod	2	4	61.04	12.24	94.56	0.881	29.81	40	0.732	363.7	116	90	26
Cod	2	5	56.67	12.80	298.56	0.994	37.76	62	0.923	1117.2	386	308	78
Cod	2	6	56.78	18.15	198.40	0.803	29.55	37	0.646	320.1	173	117	56
Cod	2	7	49.90	11.21	365.04	1.000	25.29	68	0.814	2612.8	867	802	65
Cod	2	8	55.73	5.87	65.78	1.000	15.18	57	0.681	1638.9	288	273	15
Cod	2	9	57.67	12.07	246.10	0.878	41.34	53	0.782	610.3	268	190	78
Cod	2	10	55.02	10.96	348.12	1.000	25.06	55	0.943	1172.7	482	389	93
Cod	2	11	55.16	9.02	221.25	1.000	28.38	64	0.945	902.3	367	278	89
Cod	2	13	53.48	11.65	142.83	1.000	23.63	60	0.636	1620.7	387	362	25
Cod	2	14	51.39	13.12	158.39	0.993	32.43	55	0.697	1834.1	454	429	25
Cod	2	16	54.48	7.55	136.78	0.999	35.29	66	0.894	1484.2	411	379	32
Cod	2	17	54.02	10.94	420.05	0.969	40.50	59	0.926	1466.1	595	485	110
Cod	2	18	59.70	12.40	265.52	0.968	30.78	47	0.919	607.0	278	182	96
Cod	2	19	52.31	8.38	253.22	1.000	27.47	73	0.941	2737.8	787	722	65
Cod	2	20	57.99	13.88	178.33	0.972	30.33	47	0.823	350.0	177	112	65
Cod	2	21	55.51	8.05	290.29	0.998	39.75	69	0.947	1390.4	516	417	99
Cod	2	22	56.77	11.00	466.69	0.488	56.65	57	0.767	807.2	490	307	183
Cod	2	23	57.16	9.55	248.32	1.000	31.29	68	0.951	915.8	365	252	113
Haddock	1	2	52.93	6.50	622.79	0.802	27.79	35	0.974	2577.9	830	190	640
Haddock	1	3	50.52	5.42	357.40	0.936	20.00	31	0.960	976.6	480	121	359
Haddock	1	4	51.11	6.88	687.27	0.748	30.02	36	0.981	1503.6	826	248	578
Haddock	1	5	49.27	6.86	1806.30	0.260	36.71	32	0.987	4366.4	1846	678	1168
Haddock	1	6	43.85	14.54	929.42	0.474	30.84	31	0.906	1202.1	758	436	322
Haddock	1	9	53.98	8.78	541.61	0.666	27.12	31	0.900	2580.6	719	133	586
Haddock	1	10	55.59	6.89	71.89	0.980	14.81	28	0.600	368.0	177	15	162
Haddock	1	11	55.32	6.60	57.50	0.824	22.78	30	0.598	3291.5	210	13	197
Saithe	2	3	53.84	8.02	1022.80	0.341	40.98	38	0.964	4642.0	963	458	505
Saithe	2	8	48.83	9.19	316.98	0.816	28.31	36	0.869	1638.9	312	207	105

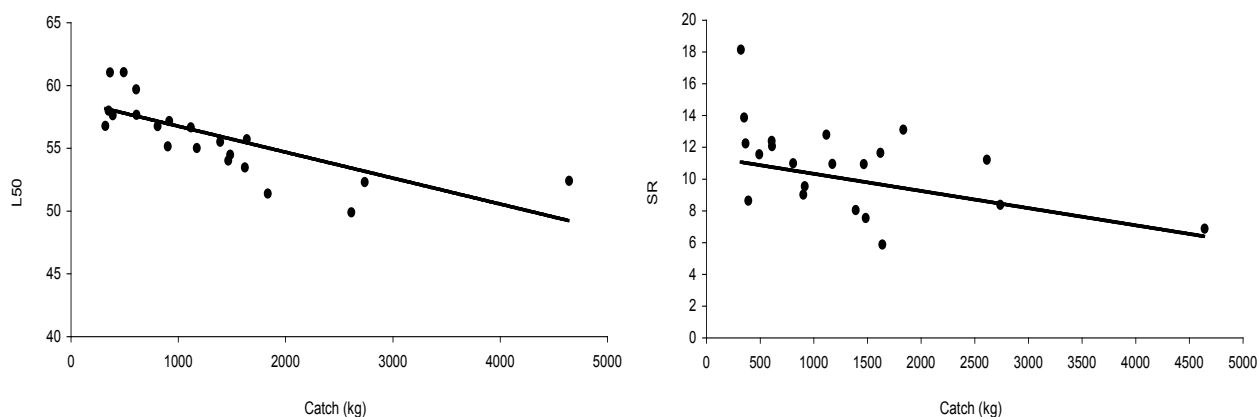
Tabell 3: Gjennomsnittlige seleksjonsparametre for torsk (tokt 1 og tokt 2) og hyse (tokt 1) med 95 % konfidensintervaller (i parentes).

Species	Cruise	Model	Mean L50 (cm)	<i>p</i> -value (L50)	Mean SR (cm)	<i>p</i> -value (SR)
Cod	1	L50 = Intercept	53.36	<0.000	8.64	<0.000
		SR = Intercept	(50.76 - 55.97)		(7.06 - 10.23)	
Cod	2	L50 = Intercept - 0.020658 * Catch (kg)	58.83	<0.000	11.41	<0.000
		SR = Intercept - 0.010814 * Catch (kg)	(57.61 - 60.04)		(9.97 - 12.86)	
Haddock	1	L50 = Intercept	51.34	<0.000	7.36	<0.000
		SR = Intercept	(48.33 - 54.34)		(5.15 - 9.58)	



Figur 2: Gjennomsnittlig (fet type) og individuelle seleksjonskurver for torsk under mars-toktet (a) og april-toktet (b), hyse (c) og sei (d).

Seleksjonsdata for torsk under april-toktet viste en betydelig fangsteffekt for både L50 og SR. Fangsten var negativt korrelert med både L50 og SR (Fig 3).



Figur 3: Negativ fangsteffekt for seleksjonsparametrene L50 og SR, torsk, april-tokt.

## 5.4 Diskusjon og konklusjon

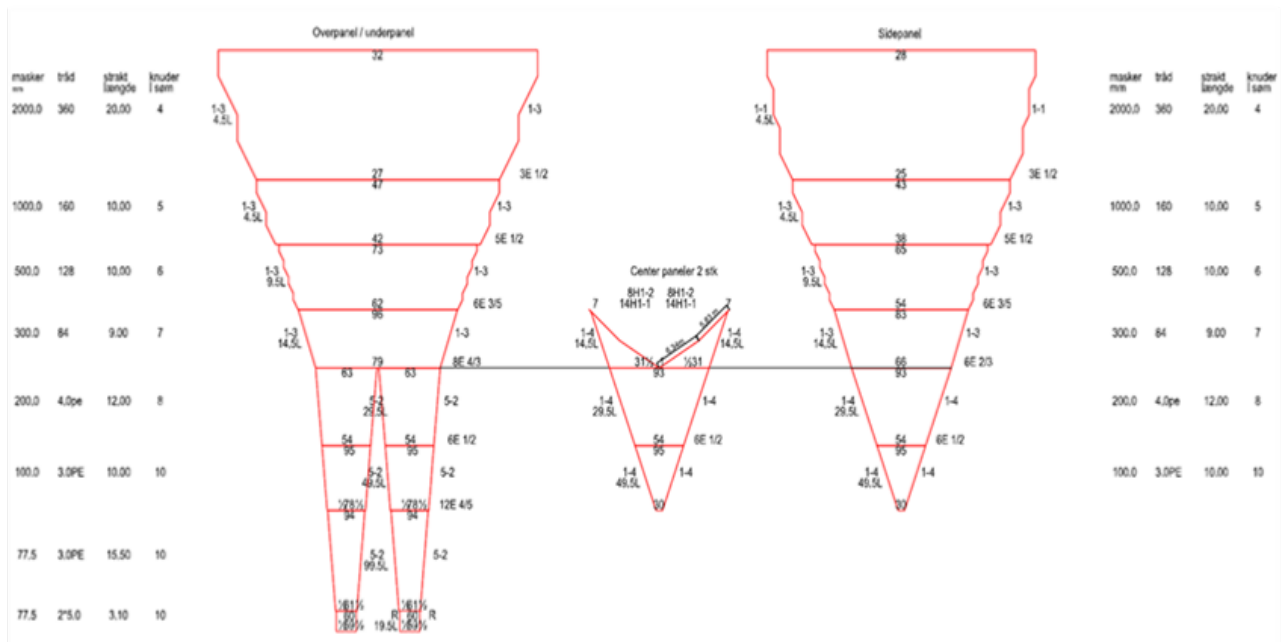
Seleksjonsresultatene for torsk i bunntål med T90 sekk er i tråd med tidligere forsøk og vurderes som svært gode ut fra forvaltningshensynene. Gjennomsnittlig middelsseleksjonslengde L50 var signifikant forskjellige for mars- og april-toktene. Denne forskjellen kan forklares med endringen i den fysiske tilstanden til fisken mellom toktene. Perioden januar-mars er den viktigste gytesesongen for torsk, og under mars-toktet var flere individer fremdeles ennå gytemodne. Til april-toktet var mye av torsken ferdig gytt. I tillegg viste resultatene en klar sammenheng med fangstmengde for både L50 og SR på torsk. En slik sammenheng ble ikke funnet for mars-toktet.

## 6 Utvikling av en samplingmetode for innsamling av seleksjonsdata i flytetralfiske

### 6.1 Utvikling av en to-belg flytetral for sampling

Belgen til en flytetral av type EBERSUND 720-Hex ble modifisert til sampling ved at belgen på den vanlige EBERSUND 720-Hexmesh trålen ble endret til en to-belg konfigurasjon. Forandringen gir muligheten til direkte sammenligning av to ulike trålposer (pair-gear metode) i full skala.

Belgen på den opprinnelige EBERSUND 720-Hex trålen ble delt mellom 300mm og 200mm (halvmaske) seksjonene. To belger av 312 masker omkrets (i 200mm halv maske) ble da festet til den 290 masker omkrets (i 300mm halv maske) seksjonen (Figur 4)



Figur 4 Tegning av to-belg Egersund 720 HexMesh trål som ble brukt i forsøkene.

### 6.2 Dekknett- og innernett design

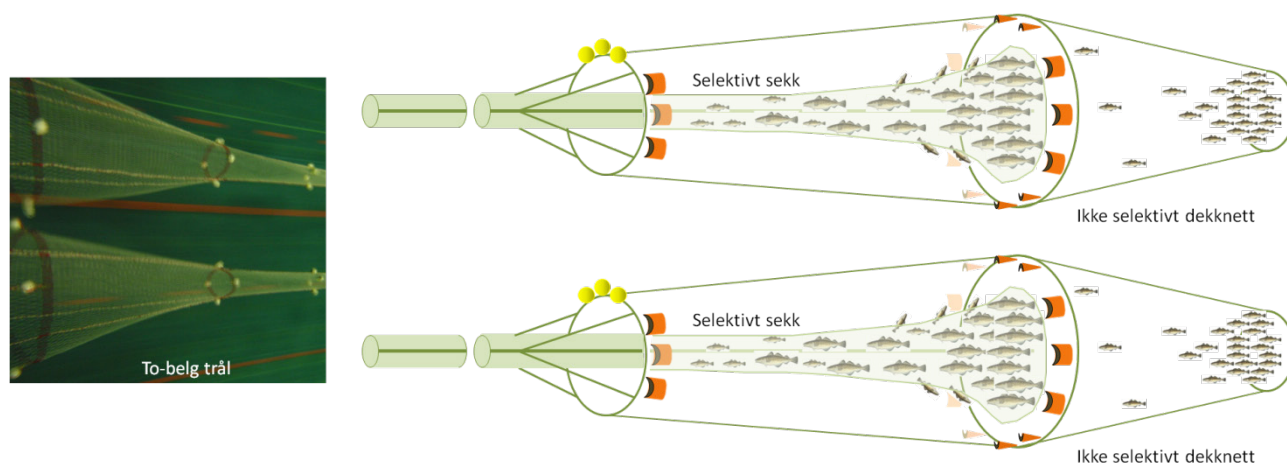
To standard-metoder ble benyttet for å estimere seleksjonsparametrene til de testede seleksjonsinnretningene: "Dekknett metoden" og "Pair-gear metoden"; begge metoder er vel beskrevet i ICES rapport 215 (Wileman et al. 1996).

- "Dekknett metoden" baseres på å feste et dekknett over den eksperimentelle sekken. På denne måten fanges alle småfisk som sorteres ut av den eksperimentelle sekken i dekknettet. Lengdefordelingene av utsorterte og fangede fisk danner grunnlaget for seleksjonskurven.

- "Paired-gear metoden" baseres på direkte sammenligning av fangstens størrelsessammensetning av to sekker: en test sekk og en kontroll sekk. Til dette kan det brukes enten en enkeltrål med to belger og to sekker, eller to tråler med en sekk hver som taues samtidig/parallelt som dobbelt trål eller av 2 fartøy ved siden av hverandre. På en to-belg trål festes testsekken (T90 sekken eller sekken med Exit Windows i dette tilfellet) på en side og en kontrollsekk med 60 mm maskevidde (blindsekk) som fanger fisk i alle størrelser på den andre siden.

Fordi fangstevnen til sekkene ikke nødvendigvis er like, dvs. at det av en eller annen ukjent grunn kommer mer fisk i den ene sekken enn i den andre, må en ekstra parameter inkluderes i analysen av resultater som baseres på denne metoden.

En kombinasjon av begge metoder, dvs at bruk av to dekknett montert på hver sin trålsekk, gir muligheten til å samle dobbelt så mye data (Figur 5). Problemet med denne metoden er at den krever stor dekksplass på båten og at det er tidkrevende å måle fisk fra fire forskjellige sekker.



Figur 5 Beskrivelsen av oppsett for innsamling av seleksjonsdata.

### 6.3 Småskala tester

Vi gjennomførte en rekke tester på en nedskalert versjon av en to-belg Egersund 720m Hex-mesh pelagisk trål. Testene ble utført i perioden 11-13. august 2010 i SINTEFs prøvetank i Hirtshals. Målet med testene var å undersøke effekten av ulike faktorer som tauhastighet og fangstmengde på trålgeometrien (Figur 6).

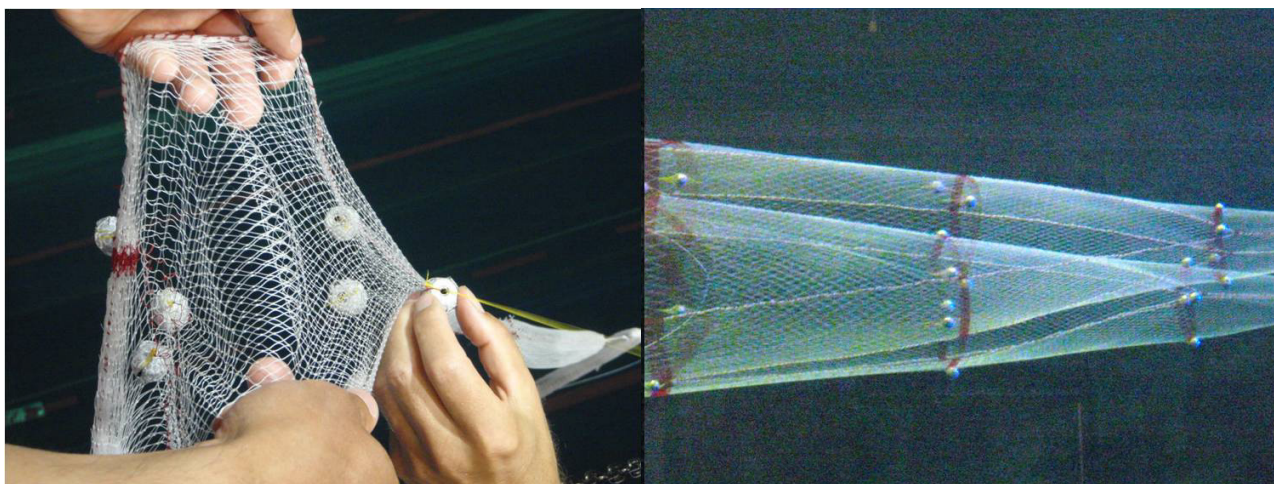


Figur 6: Oversikt over to-belg flytetral EGERSUND 720-Hex i prøvetanken.



Egersund 720m Hex-mesh trålen har en åpning på cirka 70 m (horisontalt) x 35 m (vertikalt) og en total lengde på cirka 150 m. Trålen som benyttes for målingene ble bygget i nylon i skala 1:20.

For å måle de strukturelle endringene på trålen, brukte vi QUALISYS Motion capture-systemet i prøvetanken. Systemet består av et sett med bevegelige kameraer som gjenkjenner og følger plasseringen av sterke lysreflektorer, og en programvare som gjør det mulig å følge endringer i plasseringen av disse reflektorene i samtid. Hvor ofte systemet leser plasseringen av reflektorene kan justeres slik at det overvåker reflektorenes posisjonsendringer med ønsket presisjon. I vårt tilfelle brukte vi en frekvens på 5 bilder per sekund, noe som betyr at for hvert undersøkte tilfelle fikk vi maksimalt 600 rammer per to minutters registrering. Ved å sette lysreflektorene på sentrale posisjoner på trålmодellen (se figur 2 for plasseringen av markører i trålen), er det mulig å følge de strukturelle endringene av nettet mellom de ulike undersøkte tilfeller. Videre er systemet kalibrert før hvert tilfelle, slik at posisjonen til hver reflektor (med hensyn til et aksesystem), og avstanden mellom de ulike reflektorene kan oppnås med millimeter presisjon (Figur 7).



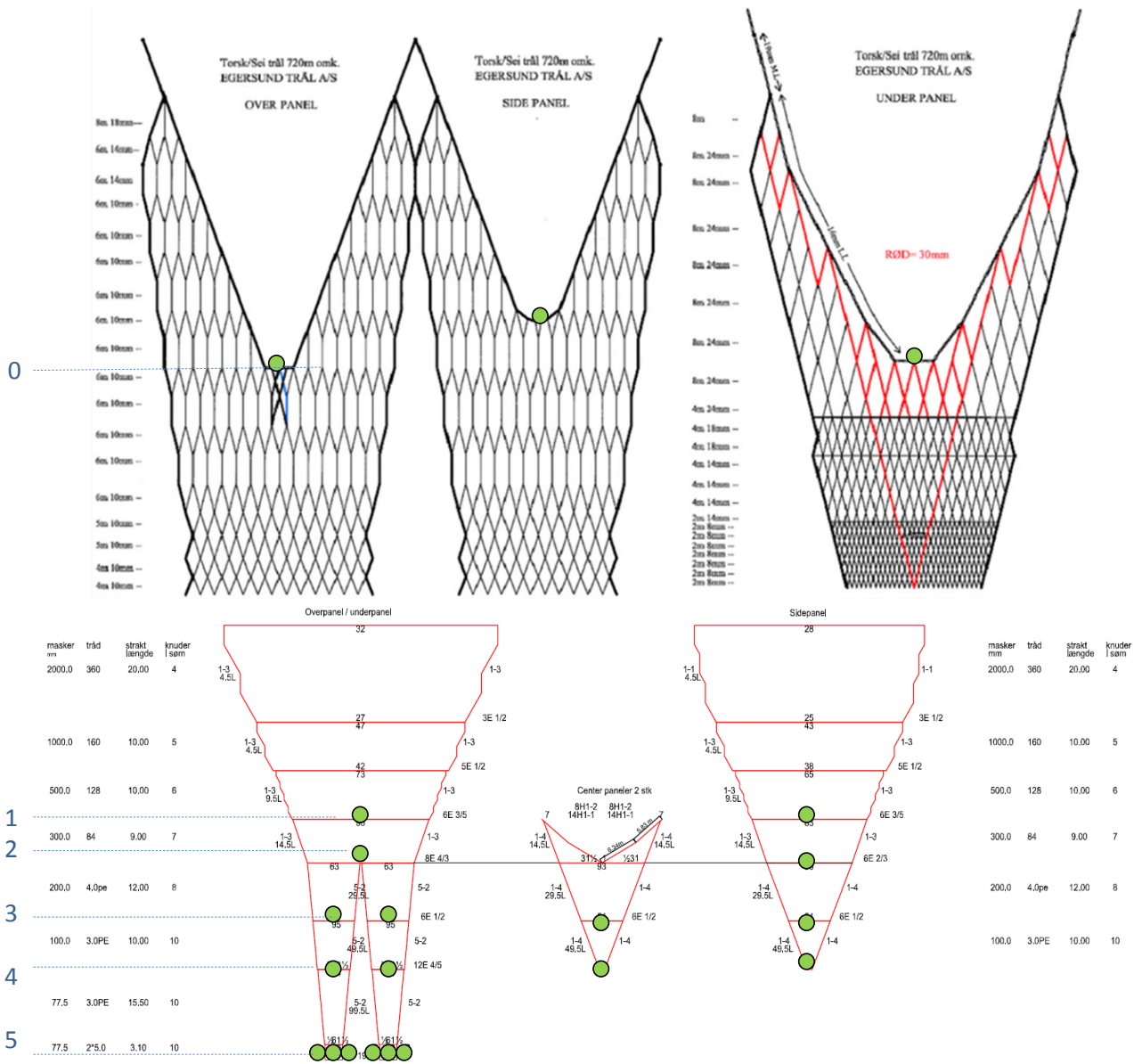
Figur 7: Bildene illustrerer samlokalisering og funksjon av reflektorene i trålen.

Ved hjelp QUALISYS fant vi endringer i formen på trålen. Vi testet ulike trålhastigheter, fangstmengder og effekten av forskjellige fangstmengder i de to sekkene.

Effekten av tauehastighet og fangstmengde ble målt ved å sammenlikne tverrsnittsarealet av trålen ved forskjellige seksjoner. På hvert punkt av interesse på trålen satt vi en reflektor i midten av topp panelet og en annen i midten av bunn panelet. Dette tillot oss å kontrollere høyden på trålen på de forskjellige punktene. Vi gjorde det samme for å kontrollere bredden ved å plassere en reflektor på babord side og en på styrbord side (Figur 8). Ved hjelp av høyde og bredde på hvert punkt, og forutsatt at en trål har et elliptisk tverrsnitt, beregnet vi det arealet som:

$$\text{Areal} = \pi \cdot \text{høyde} \cdot \text{bredde} / 4$$

Effekten av forskjellig fangstmengde i styrbord og babord pose ble studert ved å undersøke plasseringen av reflektorene på styrbord side av trålen i forhold til plasseringen av reflektorene på babord side. Forskjellene mellom disse posisjonene i forhold til forskjellene i en test uten fangst i posene viser potensiell risiko for asymmetri i trålen. Posisjon av reflektorene er vist i figur 8.



Figur 8: De grønne sirklene på trål-tegningen viser plasseringen av reflektorene for QUALISYS-systemet i prøvetanken i Hirtshals.

## 6.4 Resultater

### 6.4.1 Effekt av fangstmengde

Effekten av fangstmengde på trålgeometri ble målt ved å fylle de to sekkene i trålmodellen med forskjellige mengder vannfylte plastposer på (0.5 – 2.5 liter). Målingene ble tatt ved en konstant tauehastighet på 4 knop. Vi testet total fangstmengder fra 0 til 60 tonn (fullskala fangsmengder), og målte tverrsnittsarealet ved 5 forskjellige seksjoner i trålen.

Resultatene viste at tverrsnittsarealet avtok med økende fangstmengde, bortsett fra selve trållåpningen (Figur 9). Den relative reduksjonen øker jo nærmere trålposen man kommer, dvs. at effekten av fangstmengden er størst nærmerst trålposen..

### 6.4.2 Effekt av tauehastighet

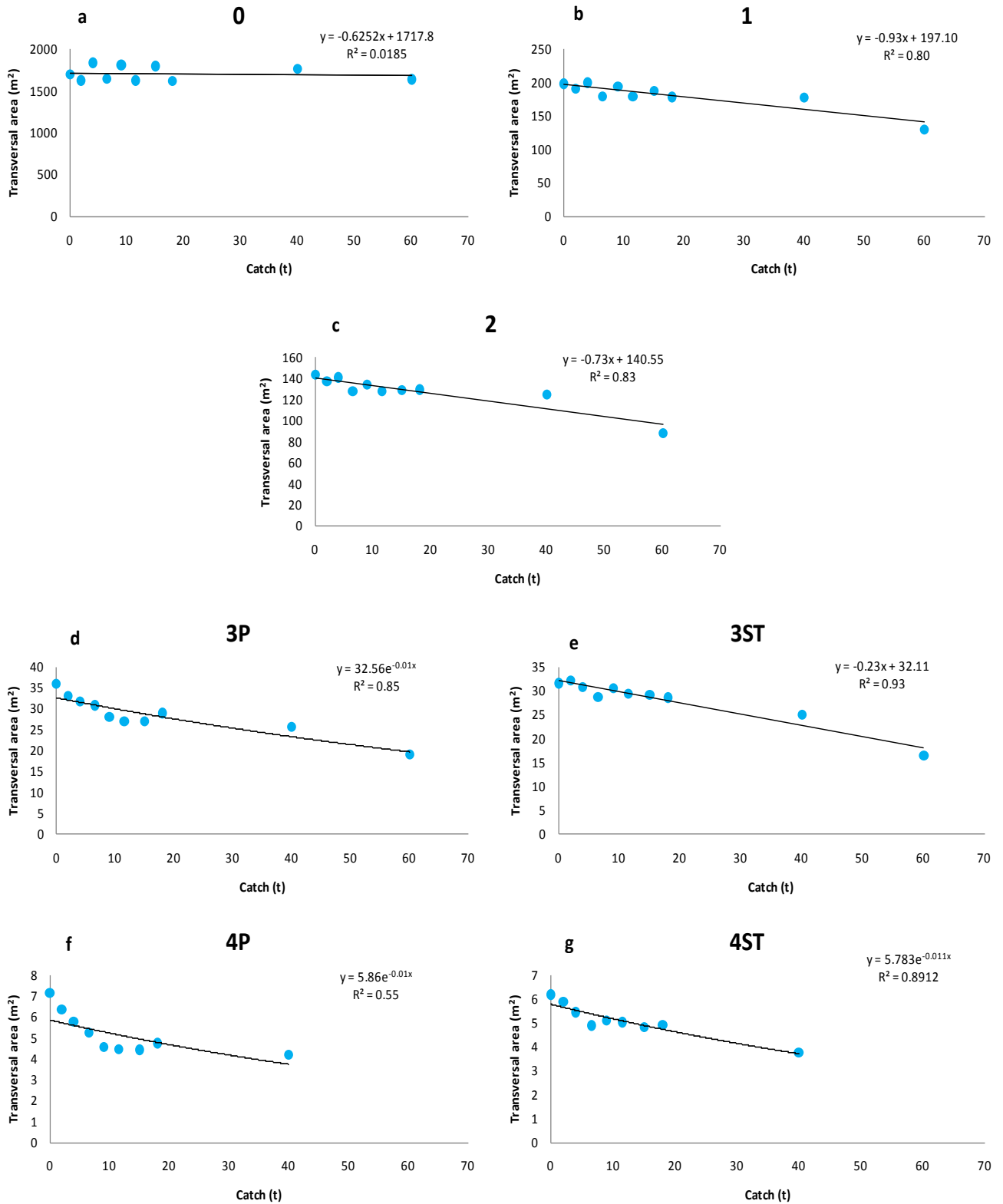
Vi målte tverrsnittarealet ved fullskala tauehastigheter 3.5, 4.0, 4.5 og 5.0 og 5.5 knop. Figur 10a-c viser at tverrsnittsarealet avtar lineært med økende tauehastighet for de tre fremste målepunktene (0, 1 og 2). Ved målepunktene 3 og 4 er effekten av tauehastigheten mye mindre enn ved de tre fremste målepunkter. Store flytetråler opereres normalt med en tauehastighet på rundt 4 knop. For å fiske andre, raskere, arter som sei (*Pollachius virens*), økes tauehastigheten til ca 5 knop. Forskjellen i åpningsarealet mellom den laveste (3.5 knop) og høyeste (5.5 knop) hastighet var på  $\sim 645 \text{ m}^2$  (-34%).

### 6.4.3 Effekt av split parameter"

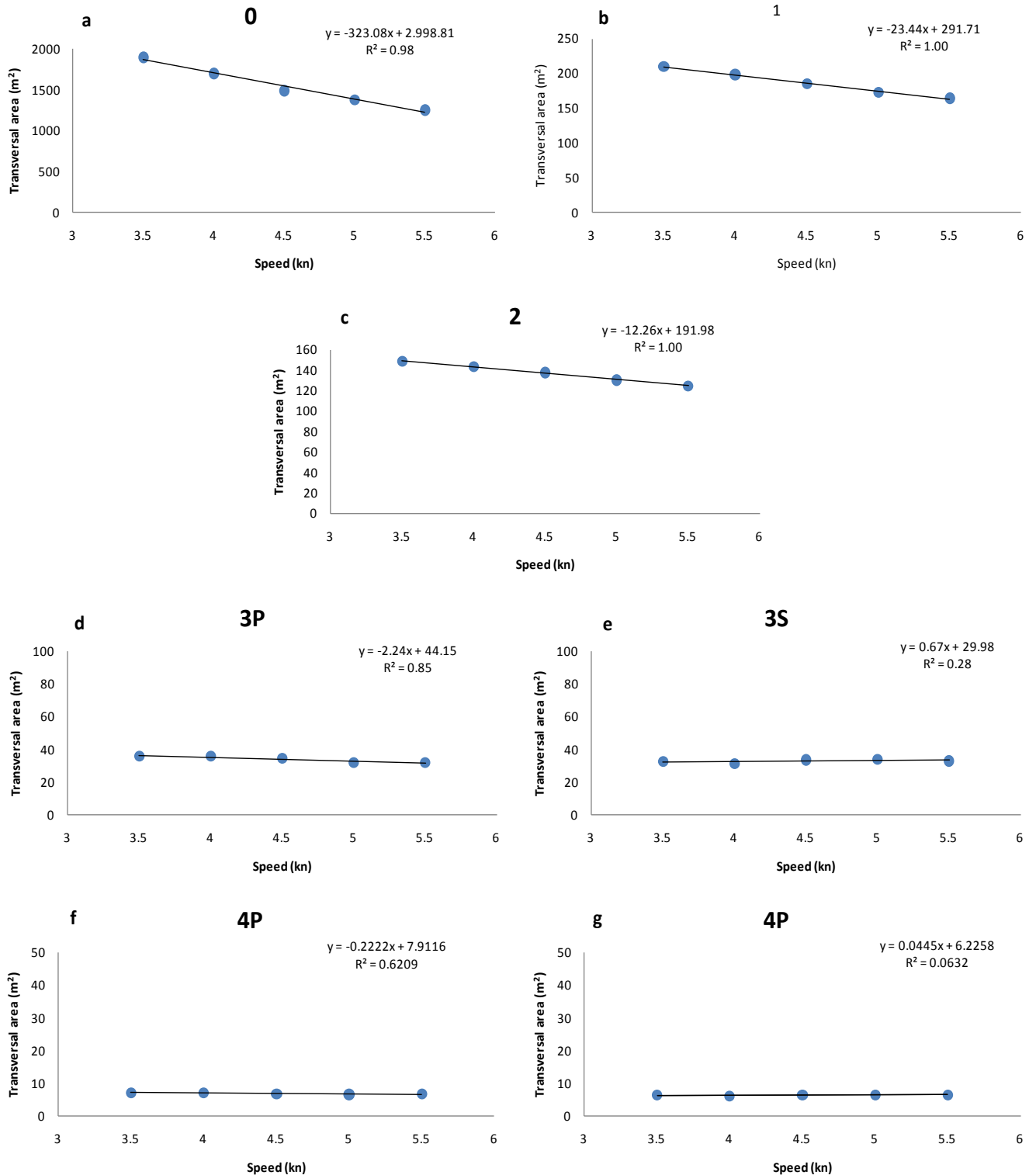
I en to-belg trål gir "Split-parameteren" et mål på den relative fiskeevnen til de to belgene. For å teste forandringer i trålgeometrien som en konsekvens av forskjellige fiskeevne i hver trålbelg kjørte vi en test med en forhåndsdefinert "split- parameter"  $p = 0.66$ , dvs at en sekk inneholdt 2/3 av den totale fangsten (18 av 27 tonn), ved tauehastigheter 4 og 5 knop.

Resultatene viste ingen asymmetri i trålgeometrien på grunn av forskjellige fangstmengder i de to belgene.





Figur 9: Grafene i figuren viser målinger av tverrsnittsarealet av trålen ved 5 målepunkter (se Figur 8) som funksjon av fangstmengde. Kurvetilpasninger og  $R^2$ -verdi er gitt for hvert enkelt tilfelle. P står for barbord (port) side, mens ST står for styrbord side.



Figur 10: Tverrsnittsareal av trålen ved 5 målepunkt som funksjon av tauehastighet(se Figur 8). R<sup>2</sup> verdien og likningen for den lineære modellen er også gitt for hvert enkelt tilfelle. P står for "babord side", mens ST står for "styrbord side".

## 6.5 Diskusjon og konklusjon

Den nye to-belg trålen utviklet for sampling av seleksjonsdata viste generelt gode egenskaper. Trålen ser ut til å tåle godt eventuelle forskjeller i fiskeevne til belgene, og idet ble ikke registrert asymmetri selv når en av trålekkene hadde dobbelt så mye fangst som den andre trålekk.

Modellforsøkene viste at en to-belg Egersund 720m Hex-mesh trål egner seg godt til seleksjonsforsøk i flytetrålfiske etter hvitfisk.

## 7 Fullskala forsøk ombord på M/T "Atlantic Star"

M/T Atlantic Star ble leid inn i oktober 2010 for å gjennomføre seleksjonsforsøk med flytetrål. Mer spesifikt var forsøkets hovedmål å teste en T90 sekk og en sekk med to 130mm Exit Windows i flytetrål etter pelagisk torsk. Fiskefeltene var ved Hopenjupet. Forskningskvotene som ble brukt under toktet var 140 tonn torsk, 130 tonn hyse, 45 tonn sei og 30 tonn blåkveite. Forskningskvotene ble disponert av SINTEF Fiskeri og Havbruk og Norges Fiskerihøgskole.

Resultatene fra dette toktet ble publisert i en egen rapport i 2010 (Grimaldo og Sistiaga, 2010). I det følgende er det gitt et kort sammendrag av denne rapporten.

### 7.1 Materialer og Metoder

#### 7.1.1 Fartøy og utstyr

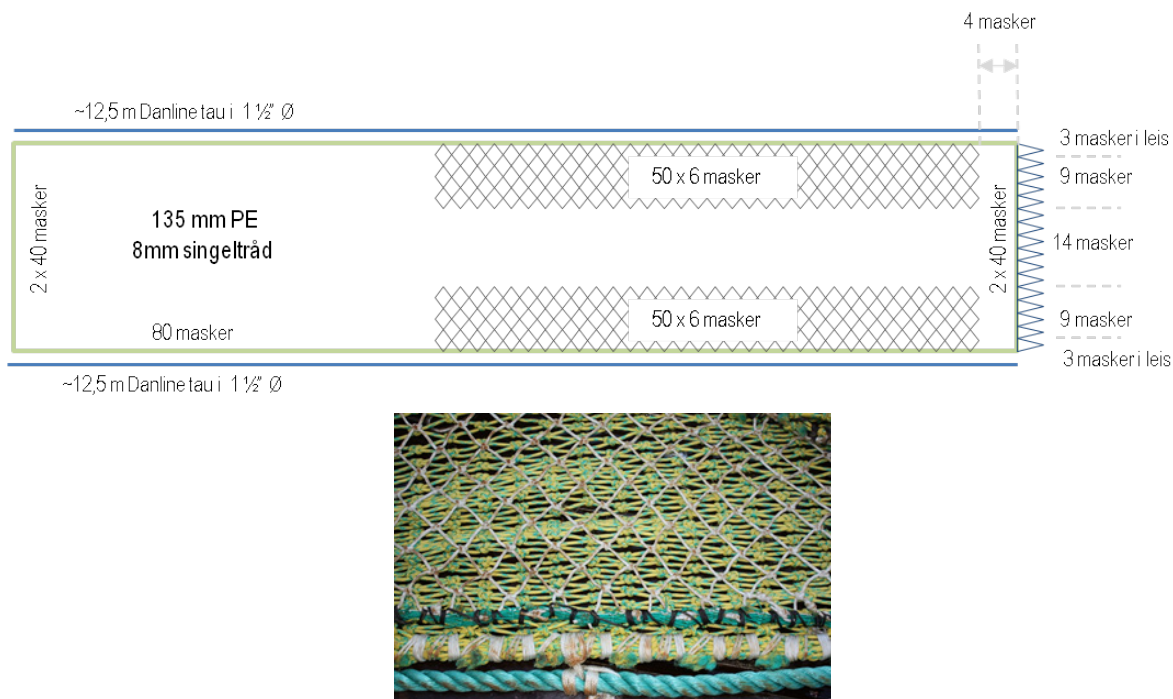
Tråleren "Atlantic Star" (60.4 m LOA, 13.0 m bred og 4590 BHP) ble leid inn for å gjennomføre et tokt med flytetrål i området rundt Hopenjupet (66-67° Nord, 14-19° Øst). Båten er en typisk frysetråler med 7 vertikalfrysere. Mottaksbingen for fangst er delt i to og derfor egnet for å atskille fangster fra ulike sekker. "Atlantic Star" har tre trålbaner som kan rigges samtidig for kontinuerlig drift. I tillegg er fartøyet utstyrt med en not-trommel for pelagisk trål, sondevinsj og kabel for trålsonde til trålen.



En to-belg Egersund 720 HexMesh flytetrål ble brukt under toktet (se Kapittel 6). Belgen på denne trålen ble delt mellom 300 mm og 200 mm (halvmaske) seksjonene. To belger av 312 masker omkrets (i 200 mm halvmaske) ble så festet til en 290 masker omkrets (i 300 mm halvmaske) seksjon (Figur 4). Trålen ble rigget med doble 80 m lange sveiper (22 mm stålwire), ett 1200 kg kjettinglodd ble festet i enden av hver sveip. To Injector Scorpion tråldører på 9.5 m<sup>2</sup> og 4400 kg hver ble brukt både ved flytetrål-testene og bunntetrål-testene. Dette er i utgangspunktet bunndører, men kan også brukes pelagisk til denne type flytetrål, og dermed til kombinert drift med bunn- og flytetrål.

To seleksjonsinnretninger ble testet under toktet:

1) 135 mm sekk med 130 mm Exit Windows. Sekken hadde en to-panels konstruksjon og ble bygd i Euroline Premium PE netting (Polar Gold), med 135 mm nominell maskevidde og 8 mm singel tråddiameter (Ø). Sekken hadde 80 masker i omkrets og var 80 masker lang. To 130 mm nominell maskevidde Exit Windows (50 masker lang og 6 masker bred laget av 8 mm singeltråd PA netting) ble montert på sekkens overpanel og langs leisen, 4 masker fra codline (Figur 11).



Figur 11 Beskrivelsen av sekken med Exit Windows.

2) T90 sekk: Sekken hadde en to-panels konstruksjon og ble bygd i 8 mm singeltråd Redline PE netting, med 138 mm nominell maskevidde og 8 mm singel tråd. Sekken hadde 40 masker omkrets og 80 masker i lengde. T90 sekken ble festet til en 80# i omkrets og 6# lang diamantmaske-seksjon foran, og til en 80# i omkrets og 4# lang diamantmaske-seksjon bak (Figur 12).

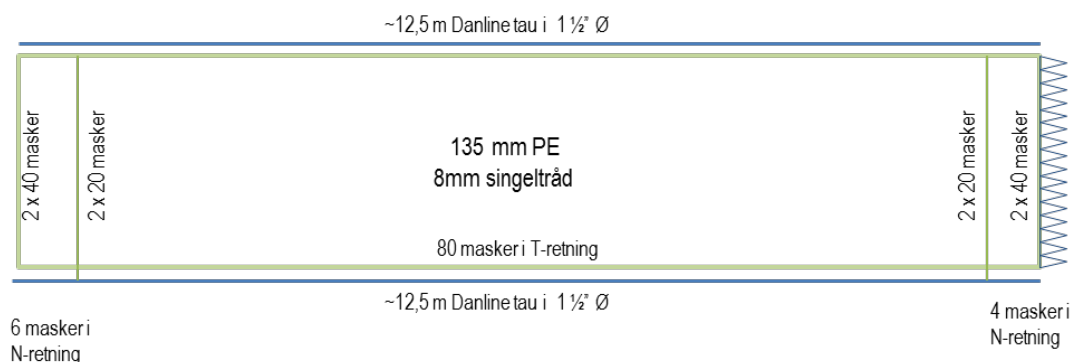


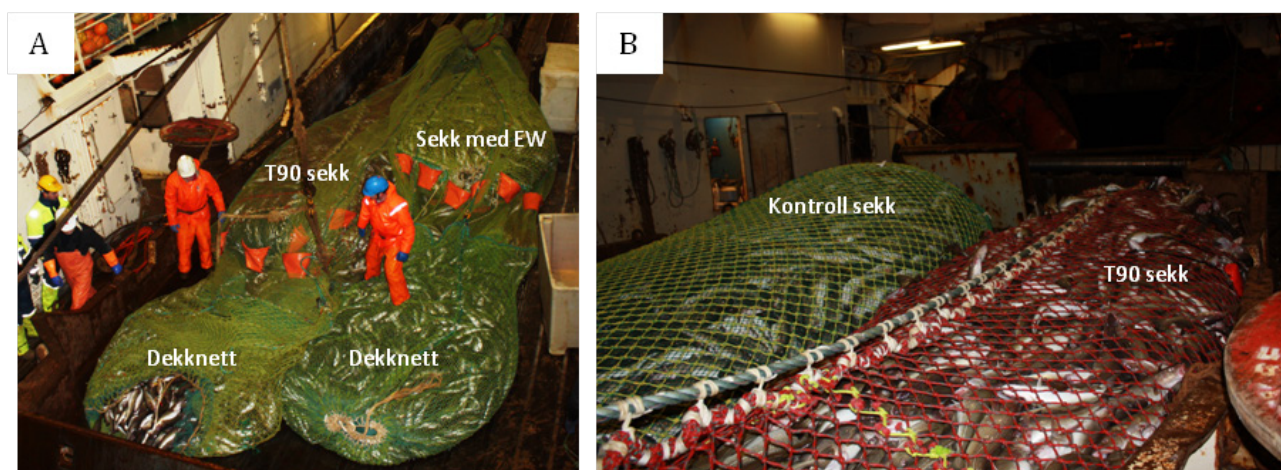
Fig. 12 Beskrivelsen av T90 sekken.

Under dette toktet ble det brukt en kombinasjon av to samplings metoder: "Dobbel dekknett metode" og "paired-gear metode" (beskrevet i avsnitt 4.2). Vi monterte dekknett på begge sekkene i noen av halene (se Tabell 4) slik at vi fikk dobbelt så mye data på hvert hal i forhold til når bare en av metodene tas i bruk (Fig 13). Til dette ble det brukt to identiske dekknett laget av Ø2.2 mm 60 mm PE (Ø2.2 mm Polar Gold) T45 netting (kvadratmasker) (Figur 5). Dekknettene ble festet til trålens leiser med 4 stk. 3 m lange danline tau (Ø19 mm). Lengden på dekknettene var totalt 14 m slik at de startet ca. 3 m bak sammensyningen mellom forlengelsen og sekken, og strakte seg ca. 4 m bak enden (codlina) av sekken. Vi benyttet kvadratmasker i dekknettene fordi dette gir god stabilitet i fasongen og dermed unngår å påvirke fiskens atferd under sorteringsprosessen. Konstruksjonen sparer også en mengde nett i forhold til vanlig maskeretning (diamantmasker). Åpningen i forkant av dekknettene (og fasongen på dekknettene) ble opprettholdt ved hjelp av en 6 kg kjetting langs bunnen, 3 stk. 8" fløytkuler langs overkanten og 6 kiter, dvs. små paravaner/dragere (3 på hver side). For å holde dekknettene godt utspilt i hele lengden (og spesielt rundt sekkene) ble det montert 12 kiter ca. 9 m bak fronten. Kitene ble jevnt fordelt langs dekknettens omkrets. Dekknettene er basert på en konstruksjon vist i Grimaldo et al. (2008).

"Dobbel dekknettmetode" ble brukt i de to første halene (hal 1 og 2 i Tabell 4). Det viste seg imidlertid at denne metoden krevde ganske mye plass på dekk for å håndtere fire sekker med fisk samtidig, i tillegg til at det var svært tidkrevende å måle fisk fra fire forskjellige sekker. Begge dekknettene ble derfor demonterte (Fig 13A) og Paired-gear metoden ble da brukt i de neste 9 hal (hal 3-11). Sekken med Exit Windows ble først blindet med et 60 mm innernett (festet innvendig) og brukt som kontrollsekk for T90 sekken (Fig 13B). Senere ble innernettet fjernet fra sekken med Exit Windows og festet i T90 sekken, som da brukt som kontrollsekk for sekken med Exit Windows.

### 7.1.2 Analyse

Seleksjonsdataene fra toktet ble analysert ved bruk av SELNET (software) som beskrevet i snitt 3.2. Seleksjonsanalysen baseres på to-trinns prosedyren som er anbefalt av ICES i "Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears" (Wileman et al., 1996). Effekten av fangstmengde på seleksjon ble også inkludert i analysen.



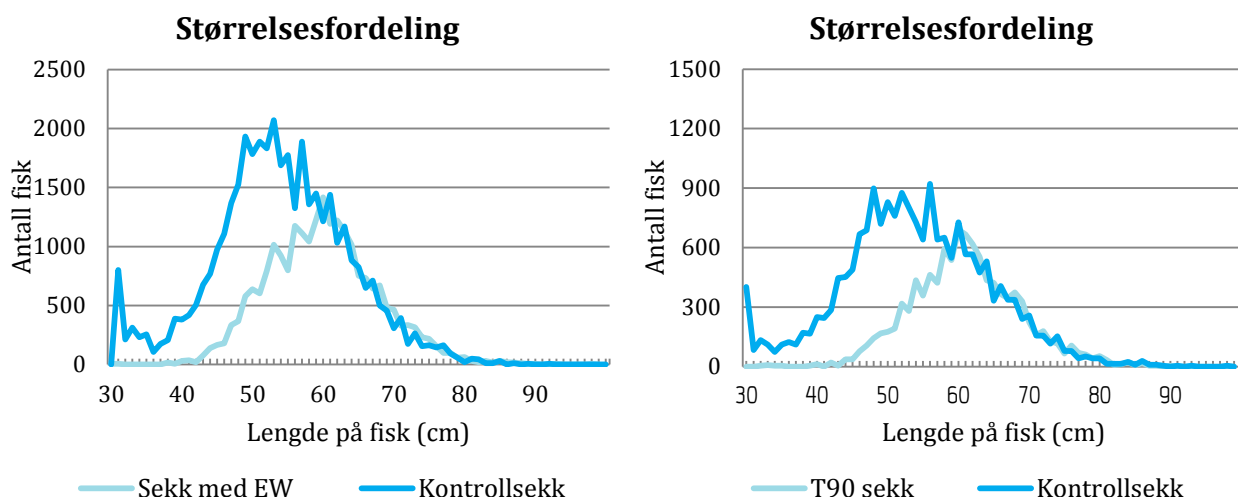
Figur 13 Bildene viser fangstfordelingen ved bruk av A) dobbeldekknett metoden (samlet fangst på ca.8 tonn); og B) paired-gear metoden (samlet fangst på ca. 12 tonn). (Bilder: Ivan Tatone, Norges fiskerihøgskole).

## 7.2 Resultater

Totalt ble 25 hal gjennomført i løpet av dette toktet. I 11 av dem ble det brukt to-belg flytetrål og innretninger til å samle seleksjonsdata. Resten av halene (14) ble gjennomført med bunntrawl. Til sammen ble det fisket 165 tonn torsk, 135 tonn hyse og 32 tonn blåkveite i løpet av toktet. Operasjonelle data for hvert tråltrekk, som type trål, type sekk, samplingmetode, effektiv tauetid, start- og slutt posisjon, dybde, vindstyrke og fangst, er gjengitt i Tabell 4. Tauhastigheten under alle halene var ca. 4 knop

### 7.2.1 Fangstsammensetning

Fangstsammensetningen bestod hovedsakelig av torsk (ca. 98 %). Andre arter som ble fanget med flytetrål var hyse og blåkveite. Konsentrasjonene av pelagisk torsk viste seg å ha en bred størrelsesfordeling, med individer fra 25 til 146 cm (tatt med 60 mm kontroll sekk). Størrelsesfordelingen av torsk som ble fanget med T90 sekken og sekken med Exit Windows viste en mye smalere fordeling der antall individer under 60 cm ble kraftig redusert (Figur 14).



Figur 14 Størrelsesfordeling av torsk ved bruk av flytetrål for hhv. EW- og T90 sekk.



**Tabell 4 Operasjonsdata**

Halnr.	Trål	Sekk		Styrbord	Samplingsmetode	Tauetid (min)		Posisjon		Dybde (m)		Vind (m/s)	Torsk	Fangst (kg)	
		Babord	Sekk			Start	Slutt	Start	Slutt	Hyse	Blåkkeite				
Hal 1	To-belg flytetrål	T90 sekk	EW (kontroll)	EW (kontroll)	Dobbel dekknett	180		76° 27' N / 29° 36' Ø	76° 36' N / 29° 26' Ø	223	240	10	7234		
Hal 2	To-belg flytetrål	T90 sekk	EW (kontroll)	EW (kontroll)	Dobbel dekknett	105		76° 48' N / 29° 12' Ø	76° 55' N / 29° 07' Ø	249	254	11	7932		
Hal 3	To-belg flytetrål	T90 sekk	EW (kontroll)	EW (kontroll)	Paigear	104		76° 51' N / 29° 09' Ø	76° 57' N / 29° 06' Ø	207	205	7	3508		
Hal 4	To-belg flytetrål	T90 sekk	EW (kontroll)	EW (kontroll)	Paigear	162		77° 00' N /	77° 06' N / 28° 54' Ø	205	180	4	16380		
Hal 5	To-belg flytetrål	T90 sekk	EW (kontroll)	EW (kontroll)	Paigear	200		77° 04' N / 28° 52' Ø	77° 06' N / 28° 51' Ø	170	180	10	26170		
Hal 6	To-belg flytetrål	T90 sekk (kontroll)	EW	EW	Paigear	270		77° 06' N / 28° 45' Ø	77° 06' N / 28° 31' Ø	185	190	4	10503		
Hal 7	To-belg flytetrål	T90 sekk (kontroll)	EW	EW	Paigear	315		77° 05' N / 28° 48' Ø	77° 04' N / 28° 45' Ø	180	195	4	4529		
Hal 8	To-belg flytetrål	T90 sekk (kontroll)	EW	EW	Paigear	70		76° 45' N / 28° 56' Ø	76° 41' N / 28° 58' Ø	190	195	8	14284		
Hal 9	To-belg flytetrål	T90 sekk (kontroll)	EW	EW	Paigear	98		76° 41' N / 28° 57' Ø	76° 40' N / 28° 58' Ø	185	188	10	34164		
Hal 10	To-belg flytetrål	T90 sekk (kontroll)	EW	EW	Paigear	126		77° 22' N / 22° 29' Ø	N /	Ø	85	15	18525	4862	
Hal 11	To-belg flytetrål	T90 sekk (kontroll)	EW	EW	Paigear	180		73° 54' N / 19° 30' Ø	73° 54' N / 14° 15' Ø	135	147	15	337	837	
Hal 12	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	157		74° 00' N / 18° 42' Ø	74° 00' N / 18° 42' Ø	150	125	15	2700	9080	
Hal 13	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	186		73° 54' N / 19° 30' Ø	73° 56' N / 18° 40' Ø	100	140	18	1725	8533	
Hal 14	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	223		73° 59' N / 18° 42' Ø	73° 58' N / 19° 00' Ø	140	110	14	712	7084	
Hal 15	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	312		73° 59' N / 18° 55' Ø	73° 55' N / 18° 57' Ø	140	130	15	2550	12853	
Hal 16	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	219		73° 57' N / 18° 57' Ø	74° 00' N / 18° 49' Ø	130	100	12		4399	
Hal 17	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	202		73° 59' N / 18° 45' Ø	74° 00' N / 19° 32' Ø	130	135	10		16828	
Hal 18	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	137		74° 01' N / 19° 36' Ø	74° 02' N / 19° 48' Ø	133	125	8		19459	
Hal 19	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	180		74° 00' N / 19° 39' Ø	74° 00' N / 19° 32' Ø	136	123			23568	
Hal 20	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	320		73° 55' N / 19° 44' Ø	73° 49' N / 19° 47' Ø	130	130		1275	4425	210
Hal 21	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	205		73° 50' N / 19° 21' Ø	74° 02' N / 19° 48' Ø	134	125		3750	11050	
Hal 22	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	90		73° 56' N / 19° 40' Ø	73° 53' N / 19° 25' Ø	130	132		6037	13145	
Hal 23	To-belg flytetrål	T90 sekk	EW	EW	Ingen	99		71° 56' N / 15° 52' Ø	71° 52' N / 15° 45' Ø	570	546				137
Hal 24	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	198		71° 49' N / 15° 47' Ø	72° 01' N / 15° 40' Ø	580	530				14551
Hal 25	Bunntrål	135 mm sekk			Ingen	278		72° 01' N / 15° 39' Ø	71° 48' N / 15° 51' Ø	530	560				17159



### 7.2.2 Andel undermålsfisk

Begge seleksjonssystemene fanget i gjennomsnitt mindre enn 2 % av undermåls torsk (<47 cm) i områder der det i utgangspunktet opp til 32 % undermåls fisk (Tabell 5 og Tabell 6).

Tabell 5. Andel undermåls torsk (<47 cm) i kontrollsekk (60mm sekk) og T90 sekk.

	Kontroll sekk		T90 sekk	
	Antall fisk	%undermål (<47cm)	Antall fisk	%undermål (<47cm)
Hal 1				
Hal 2	2851	31.7	2310	5.9
Hal 3	1413	23.3	911	0.8
Hal 4	6016	5.3	3002	0.9
Hal 5	9920	6.2	4485	0.9
<b>TOTAL</b>	<b>20199</b>	<b>10.0</b>	<b>10708</b>	<b>1.9</b>

Tabell 6. Andel undermåls torsk (<47 cm) i kontrollsekk (60mm sekk) og sekk med 130 mm EW.

	Kontroll sekk		Sekk med EW	
	Antall fisk	%undermål (<47cm)	Antall fisk	%undermål (<47cm)
Hal 6	3655	11.1	2247	0.6
Hal 7	2480	25.5	739	0.2
Hal 8	5717	8.7	3449	1.3
Hal 9	14034	13.5	10225	4.4
Hal 10	7641	9.3	5009	3.3
Hal 11				
<b>TOTAL</b>	<b>33527</b>	<b>12.2</b>	<b>21669</b>	<b>3.1</b>

### 7.2.3 Seleksjon

For T90 sekken varierte L50 fra 49.4 til 58.6 cm, mens SR varierte fra 6.4 til 9.3 cm (Tabell 7). For sekken med Exit Windows varierte L50 fra 52.9 til 60.7 cm, og SR fra 6.5 til 13.6 cm (Tabell 7).

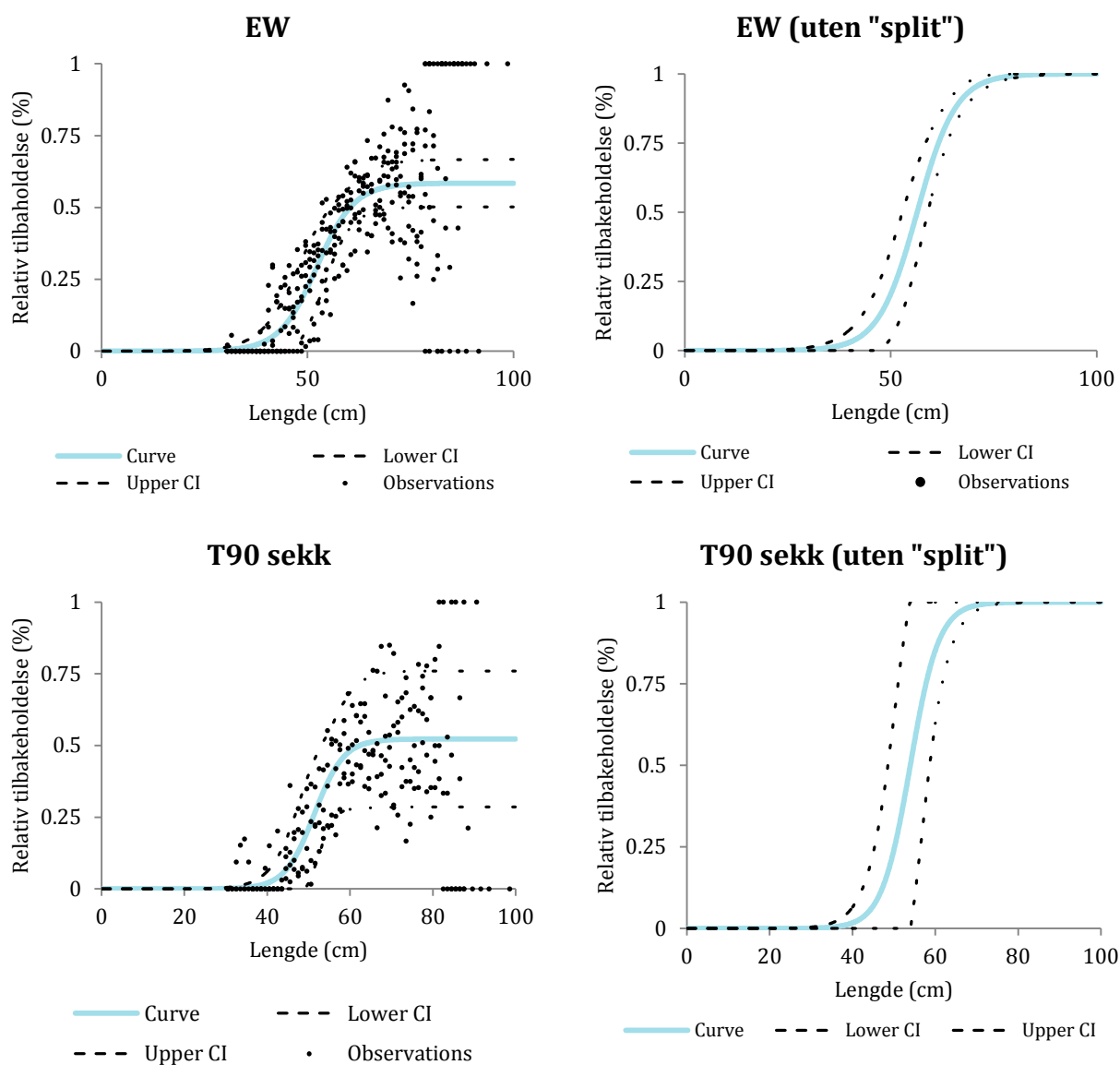
Tabell 7. Seleksjonsparametre for individuelle hal.

Halnr.	Oppsett	L50	SR	p	p-verdi	dof	Avvik	R <sup>2</sup>	Fangst (kg)		Fangstrate
									Test	Kontroll	Kg / time
2	T90 sekk	50.9	8.7	0.54	0.135	57	68.85	0.196	3481	4452	2544
3	T90 sekk	58.6	6.2	0.72	0.725	54	47.41	0.914	1949	1559	899
4	T90 sekk	57.6	9.3	0.49	0.315	48	52.18	0.782	6313	10068	3729
5	T90 sekk	49.4	6.4	0.36	0.869	52	40.80	0.394	8742	17429	5228
6	Sekk med EW	56.9	7.9	0.55	0.052	53	70.76	0.757	4829	5675	1261
7	Sekk med EW	60.7	6.5	0.55	0.842	57	46.37	0.714	1713	2817	536
8	Sekk med EW	53.5	13.2	0.52	0.071	47	61.91	0.512	6111	8173	7006
9	Sekk med EW	52.9	12.1	0.59	0.301	48	52.60	0.579	16588	17576	10761
10	Sekk med EW	57.5	13.6	0.62	0.312	42	45.94	0.375	8377	10068	4872

Gjennomsnittlige L50 og SR verdier ble estimert ved bruk av Fryers modell (Fryer, 1991). Resultatene er vist i Tabell 8 og i Figur 15.

Tabell 8. Gjennomsnittlige seleksjonsparametre.

Sekk	Parameter	$p$	$p$ -verdi	95% konfidensintervall		Mellom-hal variasjon (cm)	
				grenser (øvre)	grenser (nedre)		
T90 sekk	L50	54.0	0.52	2.2397	45.5	62.5	14.2
	SR	7.8		1.2649	5.7	9.9	4.7
Sekk med E.W.	L50	56.2	0.58	1.6577	50.2	62.3	7.1
	SR	9.9		1.2649	5.7	14.3	5.3



Figur 15 Gjennomsnittlig seleksjonskurve med enkelte observasjoner og konfidens intervallet (CI) for sekken med Exit Windows (EW) og T90 sekk.

Det ble fanget svært lite hyse med flytetrål i løpet av toktet, og det er derfor ikke mulig å estimere seleksjonsparametrene for denne arten. Selv om det til tider var mye hyse pelagisk, og det i tillegg var mulig (ved hjelp av trålløye) å se mye fisk som gikk inn i flytetrållåpningen, var det få hyse som endte i trålposene. Dette indikerer at hyse svømmer ut av trålen gjennom de store maskene i trålbelgen, og mest sannsynlig i seksjonene med 400 mm maskestørrelse. Dette er imidlertid bare en hypotese som trenger å bli validert gjennom observasjoner.

#### 7.2.4 Energibesparelse

Trykket på trålvinsjene lå svært stabilt på rundt 11.1 tonn pr. trålvinsj ved bruk av Egersund 720 Hexmesh flytetrålen, og tilsvarende stabilt på rundt 11.3 tonn ved bruk av Mørenot 520 bunntrålen (tauehastigheten var ca. 4 knop i begge tilfeller). Det absolutte drivstofforbruket var ca. 2.9 % lavere for flytetrålen enn for bunntrålen. En mer relevant sammenligning vil være taukraft pr. m<sup>2</sup> trållåpning eller pr. m trålbredde, og drivstofforbruk pr. gjennomtauert vannvolum eller bunnareal, men dette er ikke forsøkt beregnet her. Resultatene her er beheftet med en viss usikkerhet siden strømhastighet, dybde, taueretning, lengde på varp, fangstmengde, værforhold osv. varierte noe, men de gir likevel en tydelig indikasjon på energisparingspotensialet.

#### 7.2.5 Håndteringsegenskaper

Når det tas hensyn til håndtering av seleksjonssystemene ved utlegg, hiving og generelt arbeid på dekk, kom det tydelig frem at både T90 sekken og sekken med Exit Windows krever betydelig mindre dekkplass enn ristseksjoner, og at de i stor grad kan håndteres manuelt. Faren for støt og klemskader fra sorteringsrist (særlig aktuelt ved stål-rist) elimineres ved bruk av T90 sekken og sekken med Exit Windows.

### 7.3 Diskusjon og konklusjoner

Seleksjonsparametrene som ble oppnådd for flytetrål med Exit Windows sekken i dette toktet er i tråd med tidligere resultater oppnådd for bunntrål; Seleksjonskurvene som ble oppnådd med flytetrål i dette toktet samsvarer godt med seleksjonskurven fra 5 tokt gjennomført i perioden 2003-2007 (Grimaldo et al, 2007; 2008; og 2009), der samme type sekk med Exit Windows var montert på en bunntrål. I de 5 toktene varierte L50 mellom 55.4 cm og 57.2 cm og SR mellom 7.2 cm og 11.3 cm. Dette er en sterk indikasjon på at sekken med Exit Windows gir stabil seleksjon.

Seleksjonsparametrene som ble oppnådd med T90 sekken i dette toktet er også i tråd med tilsvarende resultat som en fikk fra tokt med bunntrål med den samme T90-sekken i mars og april 2010, se Kapittel 3. En mer omfattende beskrivelse av toktresultatene fra mars og april 2010 er gitt i Sistiaga og Larsen (2010).

Seleksjonsegenskapene til T90 sekken og sekken med Exit Windows varierte lite med total fangstmengde; men seleksjonen avtar først for å så flate ut ved økende fangstrate.

Resultatene viser videre at den aktuelle flytetrålen innebar ~ 2,9 % lavere drivstofforbruk enn den aktuelle bunntrålen. Dersom man tar hensyn til at flytetrålen hadde 50 ganger større frontareal enn bunntrålen innebærer dette et dramatisk redusert drivstofforbruk pr. trålet volum/areal. Hva dette innebærer i form av redusert drivstofforbruk pr. kg fanget fisk avhenger av hvor mye fisk som kan fanges med flytetrål, men energisparepotensialet ved å kunne kombinere flytetrål og bunntrål er åpenbart. Energibesparelsen kunne ha vært enda større dersom rene pelagiske tråldører (med høyt aspektforhold) hadde vært brukt i stedet for bunntråldører.

Et av problemene under toktet var at det lett kan tas svært store hal ved fiske med flytetrål. Høy fisketetthet gjør at store mengder fisk går inn i trålen i løpet av noen få minutter, og dette gjør det vanskelig for skipperen å reagere fort nok. I tillegg fungerer ikke fangstmengdesensorene som tiltenkt når fisken ikke transporteres fortløpende bak i posen. Et eksempel av dette var hal nummer 9. I dette halet var bare en av de tre fangstmengdesensorene aktivert etter ca. 75 min tauing, men plutselig viste ekkoloddet store konsentrasjoner av pelagisk torsk som gikk rett inni trålen. Etter få minutter var alle tre sensorer aktivert og hivingsoperasjonen ble startet. Fangsten i dette halet var på 34 tonn med ren torsk. At det tas store hal betyr at fisken kan bli liggende i mottaksbingene i lang tid før den blir prosessert, med påfølgende effekt på kvaliteten.

## 8 Fullskalaforsøk med fangstbegrensing ombord på F/F "Helmer Hansen"

En av utfordringene ved flytetrål er at det lett kan tas store hal. Ved høy fisketetthet kan store mengder fisk gå inn i trålen i løpet av noen få minutter, og fangstmengden er da vanskelig å kontrollere selv med mye elektronisk overvåking på trålen. At det tas store hal kan føre til at fisk må ligge i inntaksbingene i lang tid før den blir prosessert, noe som kan medføre redusert kvalitet. Store hal kan også være en utfordring rent håndteringsmessig (Figur 16), og medføre risiko for mannskap så vel som tap av fisk. I FoU sammenheng er for store hal dessuten uønsket fordi man har en begrenset forskningskvote og er avhengig av et visst antall hal for å få tilstrekkelig datagrunnlag.

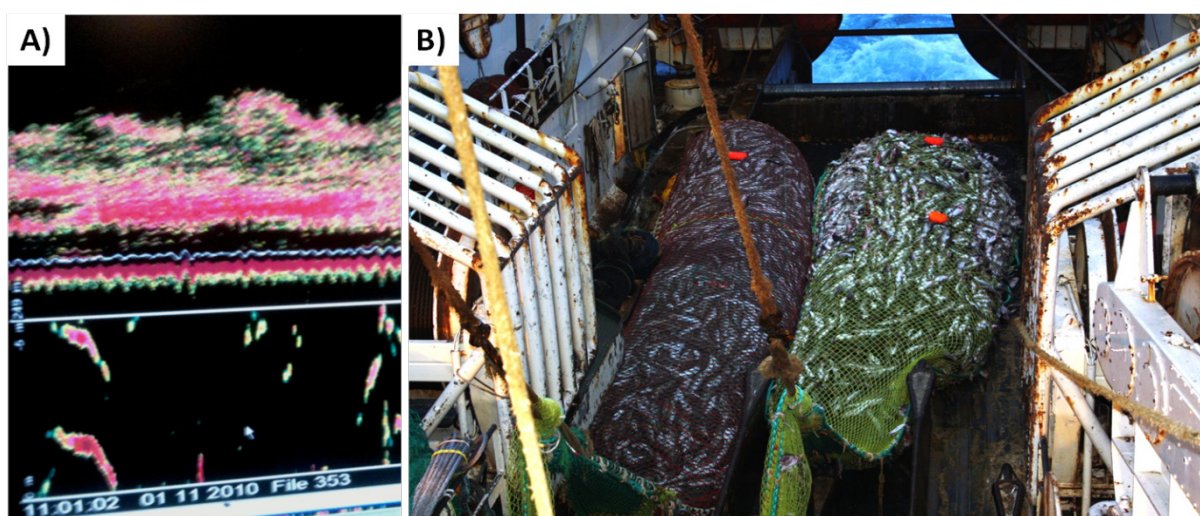


Fig 16. Bilde av ekkolodd som viser store mengder pelagisk torsk (A), og fangsten på 34 tonn fisk (B) tatt etter 98 minutter tauing ombord på MT Atlantic Star under forskningstokt i okt-nov 2011 (se Kapittel 5).

I henhold til mandatet for styringsgruppen til prosjektet (jf., avsnitt 2.2. og møte i styringsgruppen i Trondheim (04.februar.2011), ble det derfor besluttet å omdisponere noen midler i prosjektet til å utvikle en innretning for fangstbegrensning i flytetrål. Denne utviklingen ble gjennomført i følgende faser:

- Utvikling konsept for fangstbegrensing (mars-april 2011)
- Småskalaforsøk i testtanken i Hirtshals (i april 2011)
- Fullskala test ombord F/F Jan Mayen (i mai - juni 2011)

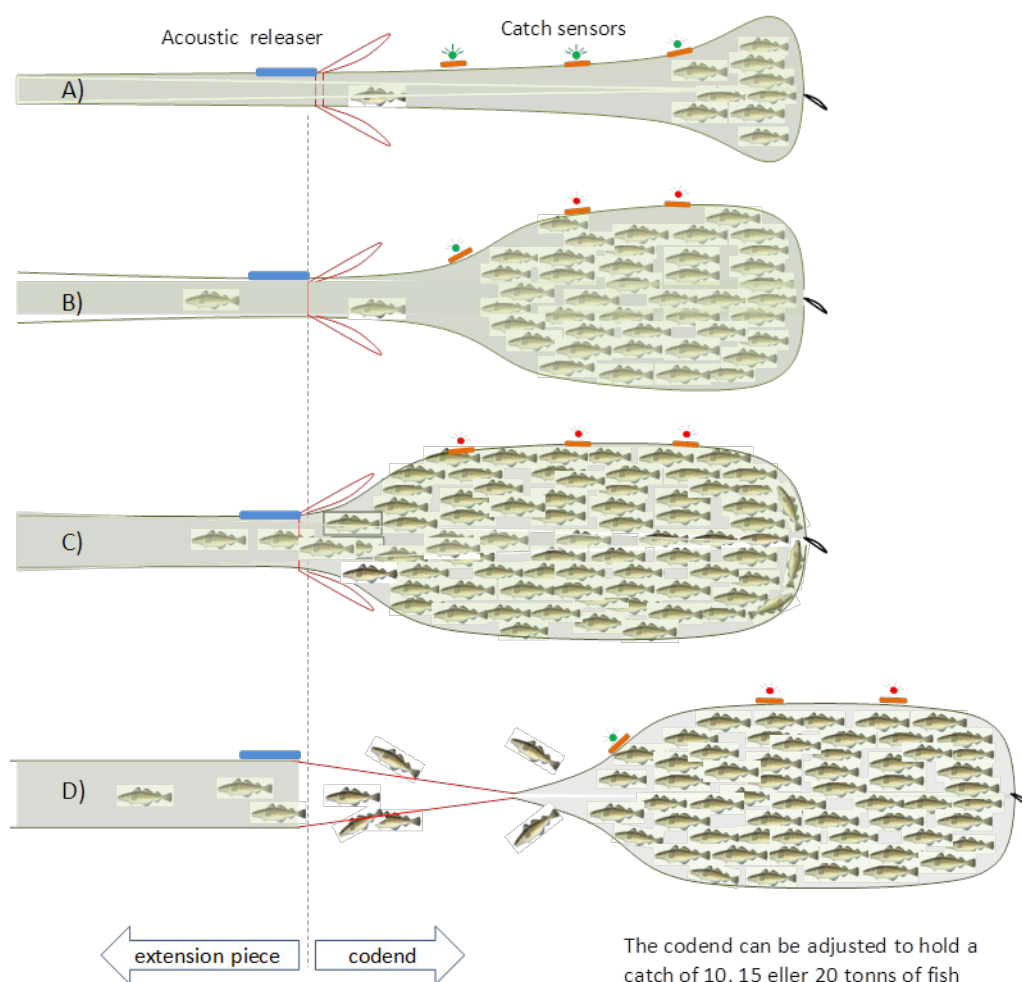
Småskalaforsøkene ble altså gjennomført i strømmingstanken i Hirtshals (april 2011) der vi hovedsakelig fokuserte på plassering og konfigurasjon, samt utprøving av utløsermekanismer for fangstbegrensingsinnretninger til flytetrålfiske. I tillegg testet vi taue- og hivefaser med ulike fangstmengder (1 – 20 tonn, fullskalaverdier) og med forskjellige tauehastigheter (2-4 knop, fullskalaverdier). Basert på resultatene av disse forsøkene ble det gjennomført fullskala forsøk ombord på F/F "Helmer Hansen" (tidligere "Jan Mayen") på fiskefeltene utenfor Vardø, Øst-Finnmark (mai 2011). Der ble to konsept med kapasitet opp til 3 tonntestet i fiske med bunntrål etter torsk og hyse.

Resultatene fra dette toktet ble publisert i en egen rapport i 2011 (Grimaldo et al, 2011). I det følgende er det gitt et kort sammendrag av denne rapporten.

## 8.1 Materialer og metoder

### 8.1.1 Prinsipp for begrensing av fangsten

Virkeprinsippet til fangstbegrensningskonseptet baserer seg på en trålsekk som lukkes og delvis løsnes fra hoveddelen av trålen når den har blitt fylt med en viss mengde fisk. Trålsekken blir da sluppet bakover og blir hengende i en seksjon bygd av tau. Fisk som fremdeles står i trålbelgen vil da kunne slippe uskadet gjennom denne seksjonen med tau (Figur 17).



Figur 17. Virkemåte til de nyutviklede konseptene for fangstbegrensning. A) sekken er nesten tom, B) Sekken begynner å fylle seg opp C) sekken er full, D) sekken løsnes delvis fra resten av trålen og lukkes for å unngå tap av fisk. Fisk som er i trålbelgen slipes gjennom seksjonen med tau (eller store kvadrat masker).



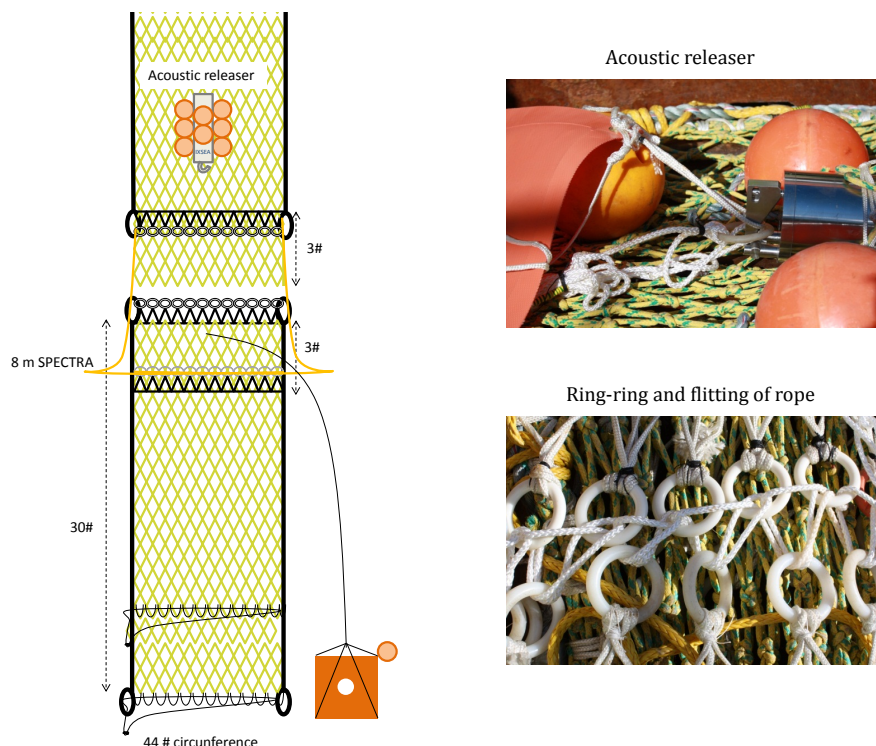
### 8.1.2 Konsept for fangstbegrensing

To forskjellige konsept ble testet under toktet på F/F Helmer Hansen. Det første konseptet var konstruert etter prototypen som ble testet i småskala i strømningstanken i Hirtshals. Dette krevde en akustisk utløser for å løsne sekken fra hoveddelen av trålen. Heretter kalles dette systemet for "akustisk basert system". Det andre konseptet som ble testet på F/F Jan Mayen var basert på et "svakt ledd" ("weak link") som utløsermekanisme, nærmere bestemt en tynn PE tråd. Heretter kalles dette systemet for "tynntråd basert system". Begge konseptene besto av en forlengelse og en sekk.

- Akustisk basert system (AUBS):  
 Dette systemet bestod av forlengelse, sekk, drivanker, snurpetau, akustisk-utløser enhet, akustisk telekommando enhet og en senkbar transduser (Figur 18).

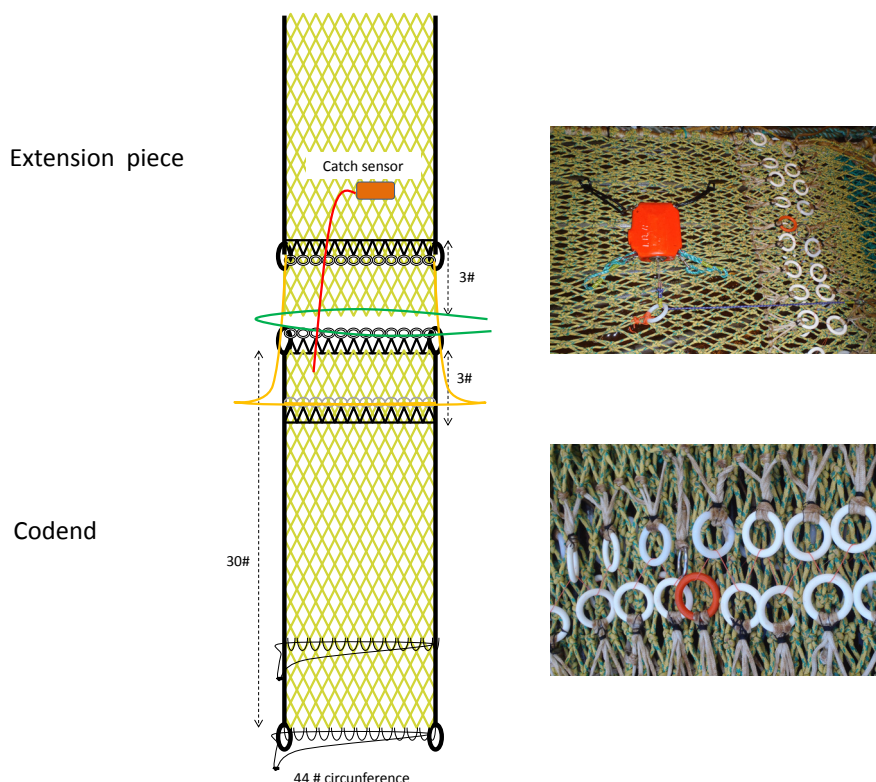
Virkemåten til dette systemet er at det sendes et akustisk signal fra den akustiske tele-kommando enheten på fartøyet til den akustiske utløserenheten som er montert på forlengelsen, i nærheten av sammenføyingen mellom forlengelse og sekk. Når utløseren aktiveres frigjøres et drivanker som er festet til denne. Drivankeret trekker så i et 6 mm nylontau som er flettet gjennom ringene og holder sekken og forlengelsen sammen, slik at sekken løsner fra forlengelsen. Når dette skjer vil sekken henge i to 1 mm spectratau som er forlengelser av leisene på forlengelsen, og når disse tauene strammes snurpes den fremste delen av sekken sammen og lukkes. Sekken henger da lukket fra disse 10 mm spectratauene.

Et tilsvarende system ble brukt av Soldal og Engås (1997) i overlevelses-forsøk på fisk som sorteres ut av rekekrål ved hjelp av en Nordmørsrist.



Figur 18: Skisse av akustiskbasert system. Bilder til høyre viser måten drivankeret og 6 mm nylontau ble festet til akustiskutløseren (over), og 6 mm nylontau som er flettet gjennom ringene og holder sekken og forlengelsen sammen (nede).

- Tynntråd basert system (TTBS):  
 Dette systemet bestod av forlengelse, sekk, snurpetau, og 1.8 mm PE tråd (Figur 19). Vi brukte samme forlengelse og sekk som for AUBS. Virkemåten til dette systemet er at sekken sammenføres til forlengelsen kun med en tynn tråd som sliter ved en gitt belastning. Når tråden sliter løsner sekken fra forlengelsen, og det videre forløpet er som ved det akustisk baserte systemet.



Figur 19: Skisse av tynntråd basert system. Bildene til høyre viser hvordan fangstsensoren ble brukt til å gi informasjon om når sekken har løsnet fra forlengelse (over), og 1.6mm PE tråd som holder sammen sekken og forlengelsen (nede).

## 8.2 Resultater

Resultatene fra fullskalaforsøkene viste at begge konseptene fungerte godt. Der er likevel enkelte mindre tekniske og praktiske detaljer som bør forbedres og testes ytterligere ut før et eller begge konseptene foreslås brukt i kommersielt fiske. For det akustisk baserte systemet kreves det for eksempel relativt mye tid for å koble sekken sammen med forlengelsen, utløseren og drivankeret, og for å sette slepetransduceren ut i vannet (dvs. den som sender det akustiske signalet). Det tynntråd baserte systemet viste seg å fungere tilnærmet optimalt, men mer uttesting med variasjoner av tråddykkelse og fangstmengder behøves.

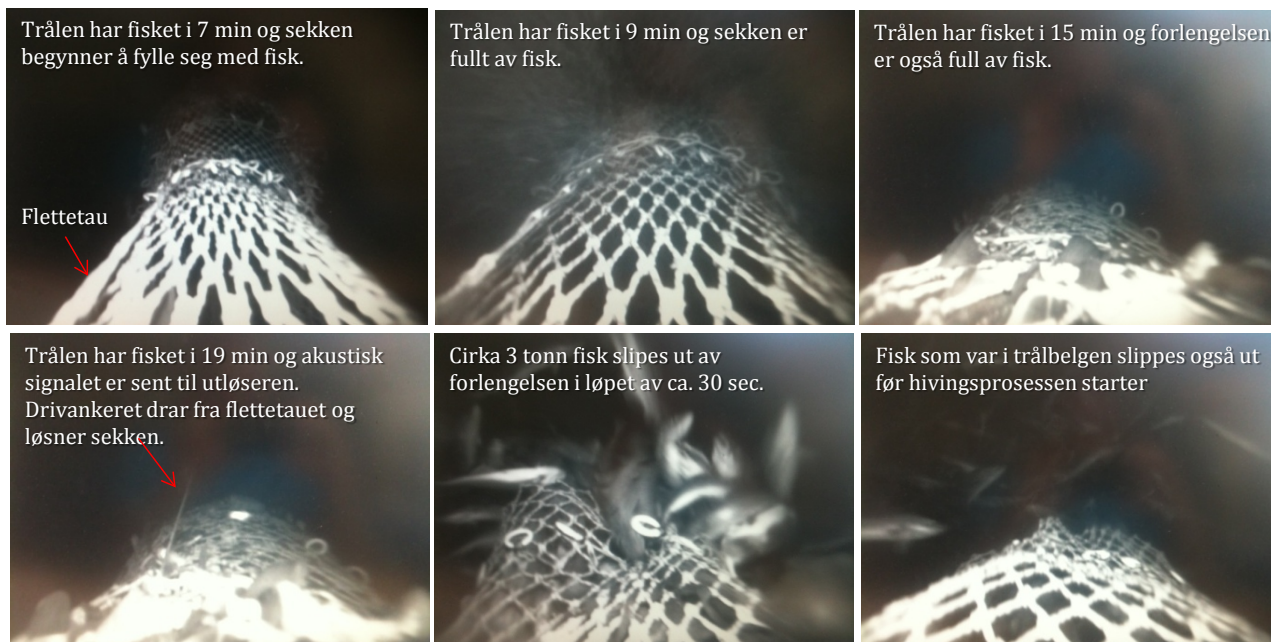


Tabell 9: Oversikt over tester som ble gjennomført om bord F/F Jan Mayen.

Hal	Dato	Klokka	Trål	Utløsermekanisme	Posisjon		Dybde (m)	Art
1	2011-05-13	10:40:07	Bunntål	akustiskutløser	71.1639° N	25.0355° E	288	Torsk
2	2011-05-14	09:20:00	Bunntål	akustiskutløser				Hyse
3	2011-05-14	13:13:54	Bunntål	akustiskutløser	70.3627° N	30.5865° E	203	Torsk
4	2011-05-14	17:18:53	Bunntål	akustiskutløser	70.3472° N	31.0598° E	217	Torsk
5	2011-05-15	06:49:25	Bunntål	akustiskutløser	70.2916° N	30.5504° E	63	Hyse
6	2011-05-15	11:54:16	Bunntål	akustiskutløser	70.2896° N	30.5108° E	57	Hyse
7	2011-05-15	17:24:11	Bunntål	akustiskutløser	70.3475° N	31.0611° E	219	Torsk
8	2011-05-16	05:50:15	Bunntål	akustiskutløser	70.3460° N	31.0660° E	219	Torsk
9	2011-05-16	09:22:47	Bunntål	akustiskutløser	70.2939° N	30.5446° E	68	Hyse
10	2011-05-16	15:20:33	Bunntål	akustiskutløser	70.3426° N	31.0789° E	214	Torsk
11	2011-05-16	19:21:12	Bunntål	1.8mm PE tråd	70.3478° N	31.0577° E	216	Torsk
12	2011-05-17	05:33:13	Bunntål	1.8mm PE tråd	70.3158° N	30.4536° E	54	Hyse
13	2011-05-17	11:51:09	Bunntål	1.8mm PE tråd	70.3473° N	31.0686° E	227	Torsk

### 8.2.1 Akustisk basert system

Dette systemet var generelt effektivt mht å utløse sekken fra forlengelsen. Undervannsbilder viste at sekken utløste seg rask og at fisk som ved tidspunktet for utløsning stod i forlengelsen og fremover i trålen, ble sluppet ut av trålen uskadet (Figur 20-23).



Figur 20. Akustisk basert system. Undervannsbilder av utløsningsprosessen..



Figur 21. Akustisk basert system. Bilder av innhalingsprosessen. Sekken med ca. 2 tonn fisk på vei inn mot hekken

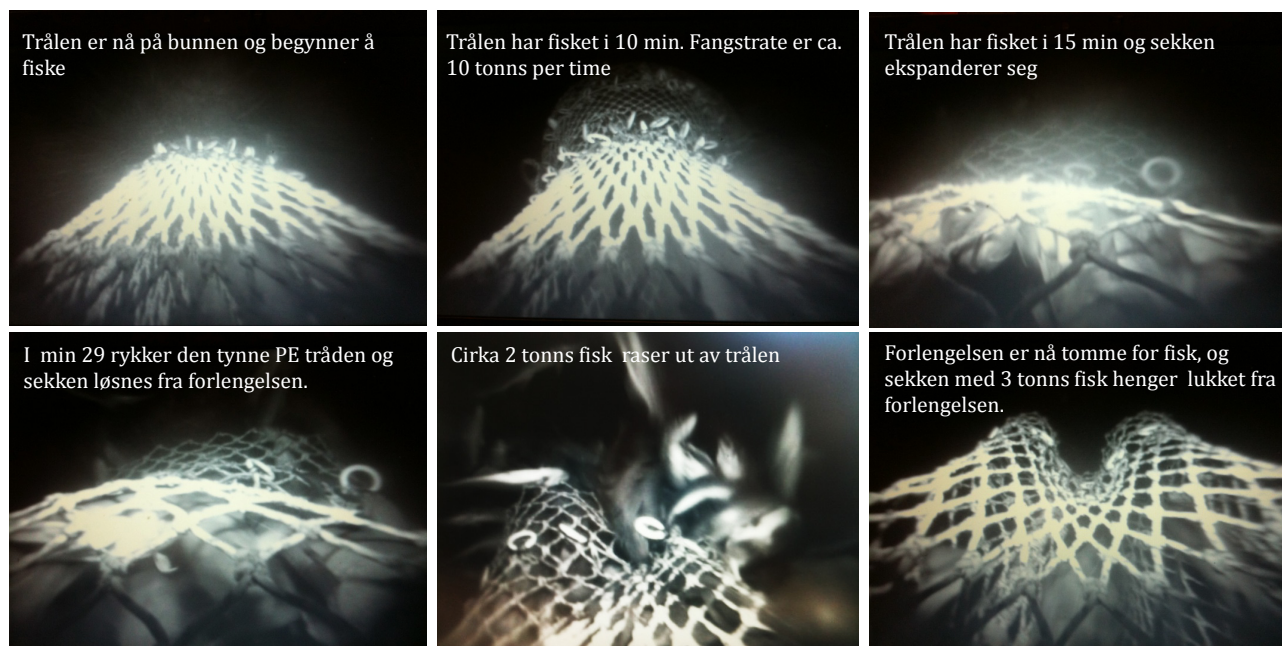


Figur 22. Akustisk basert system. Sekk med ca. 3 tonn fisk på dekk.



## 8.2.2 Tynntråd basert system

Utløsermekanismen basert på 1.8mm PE tråd fungerte veldig bra og var vesentlig enklere å håndtere på dekk og mht. å re-montere sekk på forlengelse enn for systemet med akustisk utløser. Undervannsbilder viste at også ved dette systemet ble utløste sekken utløstmomentant og at fisken som stod igjen inne i forlengelsen og fremover ble sluppet uskadet ut av trålen (Figur 23 og Figur 24).



Figur 23. Tynntråd basert system. Undervannsbilder av utløsningsprosessen.

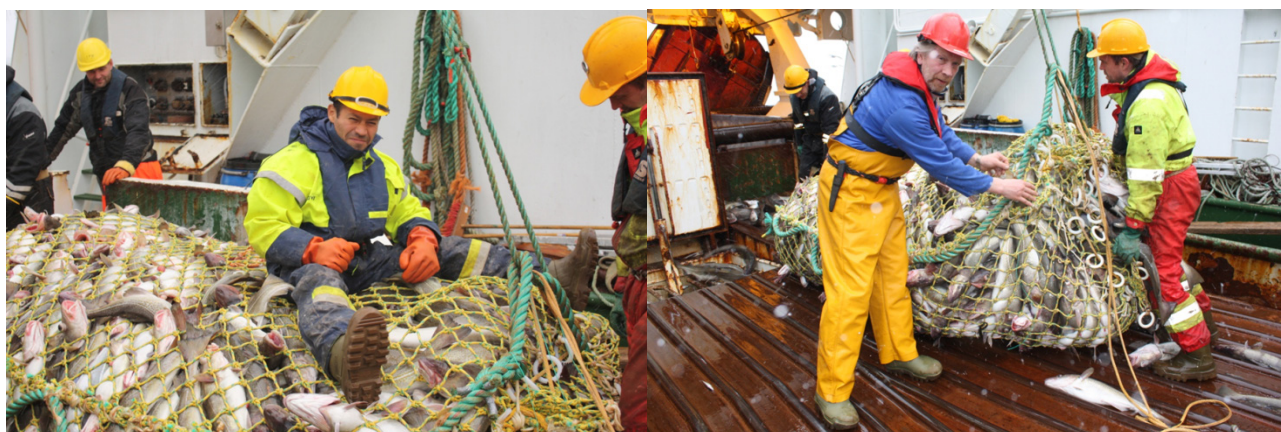


Fig 24. Tynntråd basert system. Sekk med ca 3 tonn fisk på dekk. Eduardo Grimaldo smiler fornøyd med forsøket (venstre), Roger B. Larsen viser den tynne PE tråden som holdte seksjonene på plass med mye mer enn 3 tonn fisk i trålen før sekken ble utløst (høyre).

### 8.3 Diskusjon og konklusjoner:

Det akustisk baserte systemet virket stor sett bra for å løse ut sekken fra trålen (forlengelsen), men noen utfordringer ble idnetifisert under toktet:

- Bruk av slepetransduceren krevde minst to personer: en person til å holde transduceren i sjøen, enten ved siden av båten (med hjelp av kran) eller bak båten (manuell operasjon), og en person til å operere den akustiske tele-kommando enheten.
- Det var noen ganger nødvendig å sende signal til utløseren gjentatte ganger for at denne skulle åpne seg og initiere utløsning av sekken. Det ser ut til at akustiske utløsere som vanligvis brukes til offshore operasjoner (og lik som den vi brukte i dette forsøket) er designet kun til bruk i rolig sjø og ikke i bevegelse. Når de taues fra en båt med en hastighet over 3 knop blir signalet som sendes fra transduceren forstyrret av propellwake, turbulens, bølger osv., slik at overføring av singla til selve utløseren mislykkes.
- Utløsning av sekken tar noe lang tid, opp til 30 sekunder. Ideelt sett burde utløsning av sekken skje momentant for å unngå tap av fisk fra selve sekken.
- Prosessen med å koble sekken til forlengelsen (ved å flette en tau gjennom ringene), samt kobling til den akustiske utløseren, tar tid og krever stor nøyaktighet i selve sammenfletningen. I tillegg kan ombordhaling av drivankeret være en krevende jobb, spesielt i dårlig vær. Et drivanker med et areal på 1m<sup>2</sup> som dras etter båten med en hastighet på 2 knop, har en motstand på ca. 50 kg.

Disse problemene indikerer derfor at systemet foreløpig ikke egner seg til kommersiell bruk. Et fangstbegrensingssystem som baserer seg på en akustisk utløser til å utløse sekken fra forlengelsen vil kreve en utløser som responderer hurtigere og med større sikkerhet når signalet sendes fra båten. Videre arbeid med denne metoden bør baseres på en akustisk utløser som er integrert i eller kommuniserer direkte med mengdesensorene som brukes på trålsekker.

Det tynntråd basert systemet svarte til forventningene og virket bra ved fangster på 2 og 3 tonn. Undervannsvideo viste at sekken lukket seg momentant etter at sekken hadde løsnet fra forlengelsen. For dette systemet er det to punkt som krever videre utvikling og testing:

- Tilpassing av tråddykkelsen til forskjellige fangstmengder.
- Skipper må vite om og når sekken har blitt utløst.

Håndteringssegenskapene til dette systemet er meget gode. Generell håndtering på dekk og kobling av sekken til forlengelsen var forholdsvis uproblematisk. Det er få kontrollpunkter (som for eksempel leisene), og tilnærmet ingen fare for feil-kobling eller oppheking av masker. Mannskapets og tokt deltakernes vurderinger var at det tynntråd baserte systemet ikke krevde nevneverdig mer tid eller påpasselighet for å koble sammen sekk og forlengelse før trålen legges ut. I forhold til det akustisk baserte systemet er det tynntråd baserte systemet vesentlig enklere.

## 9 Fullskala forsøk ombord på M/T "Ramoen"

M/T "Ramoen" ble leid inn i oktober 2011 for å gjennomføre seleksjonsforsøk med flytetral. Mer spesifikt var forsøkets hovedmål å teste en T90 sekk, en sekk med to 130mm Exit Windows, og en 55mm sorteringsrist (type Fleksirist) under flytetralfiske etter torsk. Fiskefeltene var ved Hopenjupet.

Forskningskvotene som ble brukt under toktet var 280 tonn torsk, 150 tonn hyse, 45 tonn sei og 30 tonn blåkveite. Forskningskvotene ble disponert av SINTEF Fiskeri og Havbruk, Norges Fiskerihøgskole og Fiskeridirektoratet.

Resultatene fra dette toktet ble publisert i en egen rapport i juni 2012 (Sistiaga og Grimaldo, 2012). I det følgende er det gitt et kort sammendrag av denne rapporten.

### 9.1 Materialer og metoder

Tråleren "Ramoen" (66.7 m LOA, 5170 HP) ble leid inn i perioden 19.10.2011 - 30.10.2011 for å gjennomføre forsøk med flytetral i området ved Hopenjupet (77 ° 05 ' - 77 ° 15'N og 28 ° 17' - 30 ° 45'Ø ). Båtenes mottaksbinge for fangst er delt i to og derfor egnet for å atskille fangster fra ulike sekker. "Ramoen" har egnet plass for denne type forsøk og er utstyrt for prøvetaking fordi båten tilhører referanse flåten. I tillegg har fartøyet en not-trommel for pelagisk trål, sondevinsj og kabel for trålsonde til pelagisk trål.

En enkelt-belg Egersund 720 HexMesh flytetral ble brukt under toktet. Trålen ble rigget med to 80 m lange sveiper (22 mm stålwire). Ett kjettingslodd på 1500 kg ble festet i enden av hver sveip. To "Injector Scorpion" tråldører på 9.5 m<sup>2</sup> og 4400 kg hver ble brukt både ved flytetral-testene og under bunntral-testene.

Tre forskjellige seleksjonssystemer ble testet i løpet av dette toktet:

1. En 55 mm sorteringsrist (fleksirist seksjon) kombinert med en 135mm diamantmaskesekk. Sekken hadde en to-panels konstruksjon og ble bygd i 10 mm PE "Ultra cross" knuteløse netting. Sekken var 160# lang og hadde 120# omkrets. 24 mm Danline stropper ble montert i sekkens omkrets med en avstand på 1.2 m.
2. En 135 mm sekk med 130 mm Exit Windows. Sekken hadde en fire-panels konstruksjon og ble bygd i Euroline Premium PE netting (Polar Gold), med 135 mm nominell maskevidde og 8 mm singel tråddiameter. Sekken hadde 72# omkrets og 140# lengde. To 130 mm nominell maskevidde Exit Windows (100# lang, 8# bred, laget av 8 mm singeltråd PA netting) ble montert på sekkens sidepaneler og langs leisene, 4# fra codline. 24 mm Ø Danline stropper ble montert i sekkens omkrets, hver 1,2 m fra hverandre.
3. En 135 mm T90 sekk. Sekken hadde en fire-panels konstruksjon og ble bygd i 8 mm singeltråd Euroline Premium PE netting (Polar Gold), med 135 mm nominell maskevidde og 8 mm singeltråd. Sekken hadde 40# omkrets og 130# lengde. Denne T90 sekken ble festet til en 80# omkrets og 10# lang diamantmaske-seksjon foran, og til en 80# omkrets og 4# lang diamantmaske seksjon bak. 24 mm Ø Danline stropper ble montert i sekkens omkrets, hver 1,2 m fra hverandre.

Under dette toktet ble det også brukt en bunntral fra Vonin. Trålen hadde en fiskeline på 31.4 m og en overtelne på 38.4 m. De samme tråldørene (Injector Scorpion) ble brukt ved bunntraling som ved flytetraling.

Siden en enkel-belg flytetral ble brukt under forsøket ble seleksjonsdata samlet inn basert på "alternate haul metode". I følge denne metoden ble det et hal gjennomført med den eksperimentelle sekken og neste hal med den kontroll-sekken (blindsekk). Vi brukte et 60 mm diamant-maske innernett (festet innvendig) til å blinde sekkene når de skulle brukes som kontrollsekk. Av praktiske årsaker var det ikke mulig å veksle mellom eksperimentell- og kontrollsekk for hvert hal. For hvert hal ble det lengdemålt mellom 600-900 torsk, resten av torsk ble talt. Minst tre tilfeldig utvalgte prøver ble tatt i måleprosessen.

Seleksjonsdata fra toktet ble analysert ved bruk av SELNET (software). Denne softwaren måtte imidlertid videreutvikles (ref. Bent Herrmann) fordi av praktiske årsaker var det ikke mulig å veksle mellom eksperimentell- og kontrollsekk for hvert hal. Det ble utviklet en ny metode kalt for "*random pairing*" som definerer/påvirker hvordan man beregner gjennomsnittlig seleksjon i første omgang og beregning av konfidensintervall i andre omgang (se Sistiaga og Grimaldo, 2012 for videre informasjon).

Seleksjonsdataene ble sammenholdt mot seks forskjellige seleksjonsmodeller, og den modellen som passet best for data-settene ble brukt videre i analysene; modellen med lavest Akaike's Information Criterion (AIC) (Akaike, 1974) for hvert datasett ble valgt for videre analyser.

$$\text{Logit} \quad r(l) = \left( \frac{\exp(\alpha + \beta l)}{1 + \exp(\alpha + \beta l)} \right) \quad (1),$$

$$\text{Probit} \quad r(l) = \Phi(\alpha + \beta l) \quad (2)$$

$$\text{C Log-Log} \quad r(l) = 1 - \exp(-\exp(\alpha + \beta l)) \quad (3),$$

$$\text{Richard} \quad r(l) = \left( \frac{\exp(\alpha + \beta l)}{1 + \exp(\alpha + \beta l)} \right)^{1/\delta} \quad (4),$$

$$\text{L-Reduced} \quad r(l) = 1 - (C_{grid} (1 - \text{Logit})) \quad (5),$$

$$\text{L-DualSequence} \quad r(l) = 1 - (C_{grid} \cdot (1 - \text{Logit})) - (1 - \text{Logit}) \cdot (1 - (C_{grid} \cdot (1 - \text{Logit}))) \quad (6),$$

I disse modellene er  $\alpha$  og  $\beta$  parametere som må estimeres og  $l$  representerer fiskelengden.  $\Phi$  er en kumulativ distribusjons-funksjon av en standard normal random variabel i Probit modellen,  $\delta$  er en asymmetri-parameter i Richard modellen og  $C_{grid}$  (som varierer mellom 0 og 1) i L-reduced modellen representerer sannsynligheten for at fisken som er fanget av redskapet kommer i kontakt med rista (eller et annet seleksjonsredskap vi bruker) og dermed har muligheten for å unnslipe redskapet.

På samme måte som med dataene fra toktet med "Atlantic Star" (kapittel 5.1.), benyttet vi oss av SELECT metoden (Millar, 1992) til å estimere "split" parameteren  $p$ , som måler fiskeevnen av "eksperimentell sekk" i forhold til "kontrollsekk" ( $p$  viser hvilken proporsjon/andel av det som fanges inn av trållåpningen av fisk kom inn i test sekken i forhold til kontroll sekken).



For å finne de gjennomsnittlige L50 og SR for hvert system, beregnet vi L50 og SR for alle samlet hal for hvert system ("pooled data analyses", se Sistiaga et al. (2010) for videre informasjon om hvordan dette er gjort).

$$L50 = \frac{-\alpha}{\beta} \quad SR = \frac{2\ln(3)}{\beta}$$

For å beregne konfidens-intervallene til seleksjonsparameterne som ble beregnet i første delen av analysene, brukte vi *random pairing* metoden etterfulgt av en dobbel bootstrapping prosedyre (se Sistiaga og Grimaldo (2012) for videre informasjon om prosedyren).

## 9.2 Resultater

Totalt ble det gjort 41 hal under toktet, 24 av dem med flytetrål. Av disse ble 10 hal gjort med Exit Window sekken, 9 hal med T90 sekken og 5 hal med ristseksjonen. Resten av halene (14) ble gjennomført med bunnetrål. Fangstratene var generelt høye under alle forsøkene. Den gjennomsnittlige fangstraten når vi fisket med flytetrål og bunnetrål var respektivt 12.5 tonn og 10.3 tonn per time. Likevel var fangstraten opp i 125 tonn per time i enkelte hal. Det største halet var på 35 tonn og det ble tatt flere hal på over 20 tonn (Figur 25). Operasjonelle data for hvert hal, som type trål, type sekk, samplingmetode, effektiv tauetid, start og slutt posisjon, dybde, vindstyrke og fangst er gjengitt i Tabell 10.



Figur 25. Sekk med Exit Windows med en fangst på ca. 21 tonn torsk under toktet med "Ramoen" i oktober 2011.



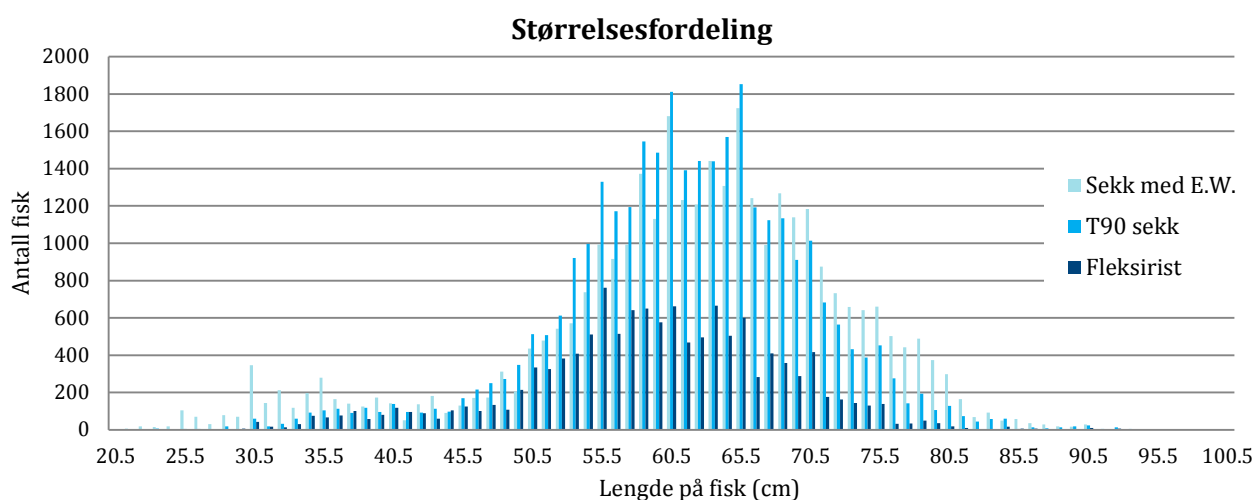
Tabell 10 Hal data

Dato	Hal Nr.	Redskap	Art	Seleksjonsutstyr	Antall målt	Antall tellt	subsampling	Pos. Start	Pos. Slutt	Tauetid (min)	Fangst (kg)	Av. Fangst rate (kg/h)
24 oct 2011	12	Flyteårl	torsk	EW (blindet)	720	10877	0.07	77°10' 29°38'	77°15' 29°56'	100	25 2968	15 178
24 oct 2011	13	Flyteårl	torsk	EW (blindet)	900	5524	0.16	77°15' 30°00'	77°15' 29°57'	225	12 940	3 451
24 oct 2011	14	Flyteårl	torsk	EW (blindet)	779	3883	0.20	77°15' 29°56'	77°12' 29°55'	205	8 654	2 533
25 oct 2011	15	Flyteårl	torsk	EW (blindet)	833	5740	0.15	77°12' 29°52'	77°09' 29°53'	220	15 157	4 134
25 oct 2011	16	Flyteårl	torsk	EW (blindet)	637	5136	0.12	77°06' 29°59'	77°07' 30°00'	70	13 036	11 173
25 oct 2011	17	Flyteårl	torsk	EW	1303	13241	0.10	77°07' 30°03'	77°06' 30°14'	130	35 005	16 156
25 oct 2011	18	Flyteårl	torsk	EW	603	3745	0.16	77°06' 29°49'	77°07' 30°09'	100	9 321	5 593
25 oct 2011	19	Flyteårl	torsk	EW	605	6152	0.10	77°06' 30°08'	77°05' 30°18'	125	15 585	7 481
25 oct 2011	20	Flyteårl	torsk	EW	1035	7687	0.13	77°05' 30°18'	77°06' 30°13'	10	20 835	125 009
26 oct 2011	21	Flyteårl	torsk	EW	1048	5666	0.18	77°05' 30°20'	77°06' 30°06'	60	14 921	14 921
26 oct 2011	22	Flyteårl	torsk	T90 (blindet)	1061	9219	0.12	77°05' 29°55'	77°06' 30°06'	40	20 060	30 091
26 oct 2011	23	Flyteårl	torsk	T90 (blindet)	1194	7003	0.17	77°06' 30°11'	77°04' 30°07'	120	15 749	7 875
26 oct 2011	24	Flyteårl	torsk	T90 (blindet)	972	4485	0.22	77°05' 30°17'	77°05' 29°48'	100	9 627	5 776
26 oct 2011	25	Flyteårl	torsk	T90 (blindet)	905	6363	0.14	77°05' 29°47'	77°05' 29°50'	145	13 318	5 511
26 oct 2011	26	Flyteårl	torsk	T90 (blindet)	874	4419	0.20	77°05' 29°52'	77°03' 29°59'	165	9 929	3 611
27 oct 2011	27	Flyteårl	torsk	T90	744	3400	0.22	77°05' 30°10'	77°09' 30°45'	140	8 821	3 780
27 oct 2011	28	Flyteårl	torsk	T90	667	4296	0.16	77°10' 30°44'	77°09' 30°31'	130	9 996	4 614
27 oct 2011	29	Flyteårl	torsk	T90	903	4912	0.18	77°10' 30°37'	77°09' 30°29'	60	10 520	10 520
27 oct 2011	30	Flyteårl	torsk	T90	657	6018	0.11	77°07' 30°19'	77°09' 30°33'	60	13 603	13 603
27 oct 2011	31	Flyteårl	torsk	rist (Blindet) + UC (Blindet)	814	4340	0.19	77°10' 30°41'	77°08' 30°29'	125	8 676	4 165
28 oct 2011	32	Flyteårl	torsk	rist (Blindet) + UC (Blindet)	1009	6620	0.15	77°09' 30°35'	77°09' 30°28'	175	12 493	4 283
29 oct 2011	33	Flyteårl	torsk	rist (Blindet) + UC (Blindet)	757	2002	0.38	77°12' 29°01'	77°05' 28°36'	165	4 191	1 524
29 oct 2011	34	Flyteårl	torsk	rist + UC (Blindet)	375	839	0.45	77°05' 28°25'	77°12' 28°43'	270	1 834	408
29 oct 2011	35	Flyteårl	torsk	rist + UC (Blindet)	488	488	1.00	77°12' 28°19'	77°09' 28°17'	75	1 102	882
30 oct 2011	36	Bunntrål	torsk	rist + UC	793	6482	0.12	77°05' 29°47'	77°05' 29°50'	80	12 964	9 723
30 oct 2011	37	Bunntrål	torsk	rist + UC	996	10253	0.10	77°05' 29°47'	77°05' 29°50'	110	20 506	11 185
30 oct 2011	38	Bunntrål	torsk	rist + UC	1034	13542	0.08	77°05' 29°47'	77°05' 29°50'	270	27 084	6 019
30 oct 2011	39	Bunntrål	torsk	rist + UC	1031	7443	0.14	77°05' 29°47'	77°05' 29°50'	70	14 886	12 759
31 oct 2011	40	Bunntrål	torsk	rist + UC	1241	9345	0.13	77°05' 29°47'	77°05' 29°50'	100	16 386	9 832
31 oct 2011	41	Bunntrål	torsk	rist (Blindet) + UC (Blindet)	1766	8193	0.22	77°05' 29°47'	77°05' 29°50'	90	18 690	12 460

## 9.2.1 Seleksjon i flytetrål

### Fangstsammensetning

Fangstsammensetningen bestod hovedsakelig av torsk (ca. 99 %). Andre arter som ble fanget var hyse, blåkveite og sei. Størrelsesfordelingen av torsk var mellom 23 og 95 cm for alle hal (tatt med kontroll sekk) (Figur 26).



Figur 26 Størrelsesfordeling av torsk under forsøk med ulike seleksjonssystemer: Sekk med Exit Windows, T90 sekk og sorteringsrist (Fleksirist).

### Andel undermålsfisk

Alle tre seleksjonssystemene fanget i gjennomsnitt mindre enn 1,6 % av undermåls torsk (<44 cm) i områder med i utgangspunktet opp til 14 % undermåls fisk. Mer spesifikt fanget sekken med EW i gjennomsnitt 0,4 % undermåls fisk i områder med opp til 14 % undermåls fisk (Tabell 11). T90 sekken fanget i gjennomsnitt 0,5 % undermåls fisk i områder der i utgangspunkt var opp til 5,6 % undermåls fisk (Tabell 12). Fleksiristen fanget 1,6 % undermåls fisk i områder med opp til 10,2 % undermåls fisk (Tabell 13).

Tabell 11. Andel undermåls torsk (<44 cm), EW sekk.

	Oppsett	Antall fisk	% undermål (< 44 cm)
Hal 12	Kontroll	10 877	14,0
Hal 13	Kontroll	5 524	7,2
Hal 14	Kontroll	3 883	8,2
Hal 15	Kontroll	5 740	8,0
Hal 16	Kontroll	5 136	1,9
Hal 17	Sekk med EW	13 241	0,4
Hal 18	Sekk med EW	3 745	0,0
Hal 19	Sekk med EW	6 152	0,5
Hal 20	Sekk med EW	7 687	0,5
Hal 21	Sekk med EW	5 666	0,6

Tabell 12. Andel undermåls torsk (&lt;44 cm), T90 sekk.

	Oppsett	Antall fisk	% undermål (< 44 cm)
Hal 22	Kontroll	9 219	3.5
Hal 23	Kontroll	7 003	5.3
Hal 24	Kontroll	4 485	5.6
Hal 25	Kontroll	6 363	4.5
Hal 26	Kontroll	4 419	3.0
Hal 27	T90 sekk	3 400	0.4
Hal 28	T90 sekk	4 296	0.7
Hal 29	T90 sekk	4 912	0.8
Hal 30	T90 sekk	6 018	0.2

Tabell 13. Andel undermåls torsk (&lt;44 cm), UC sekk og fleksirist.

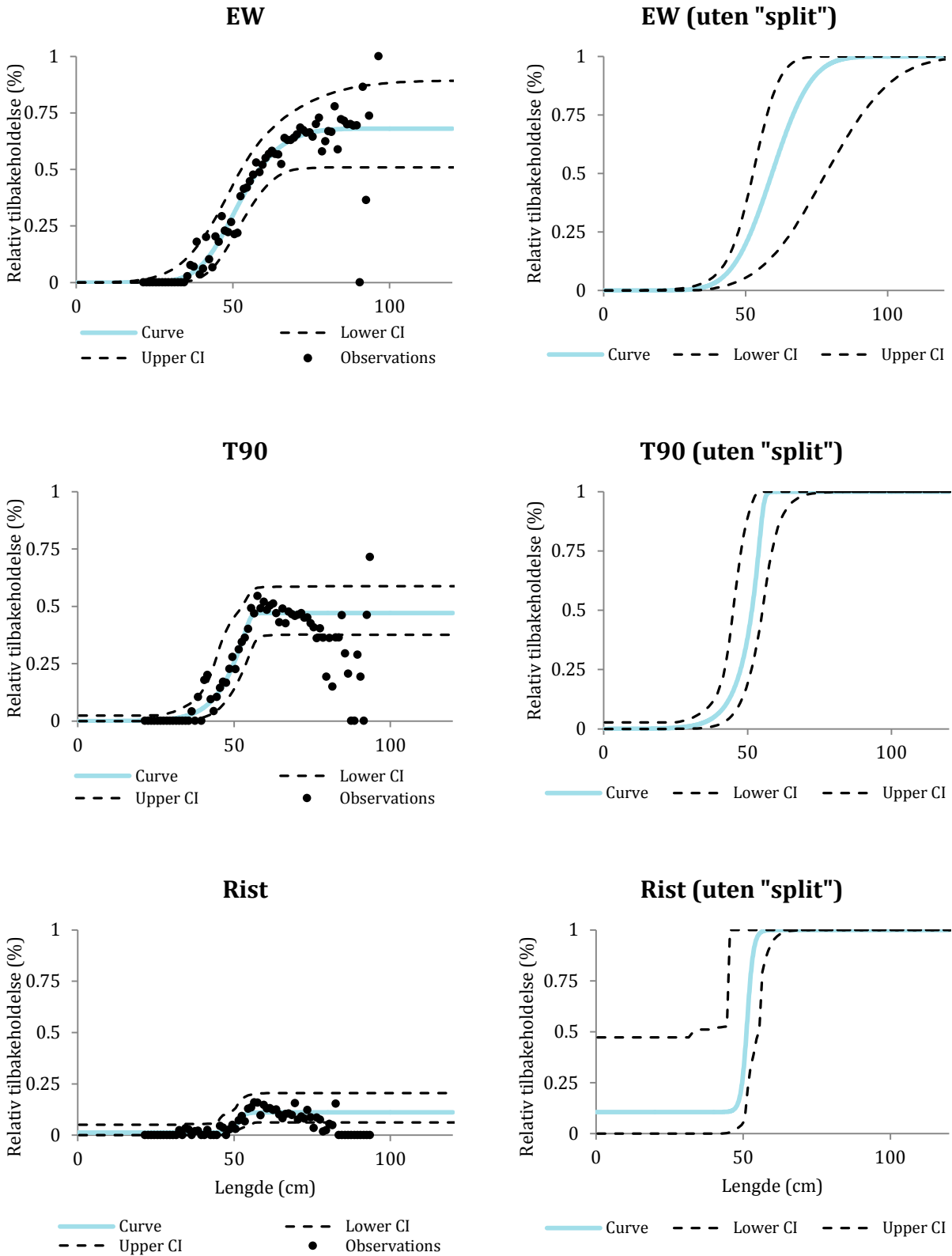
	Oppsett	Antall fisk	% undermål (< 44 cm)
Hal 31	Kontroll	4 340	4.5
Hal 32	Kontroll	6 620	10.2
Hal 33	Kontroll	2 002	8.3
Hal 34	Fleksirist	839	0.0
Hal 35	Fleksirist	488	1.6

### Seleksjonparametre

Gjennomsnittlige L50 og SR verdier er vist i Tabell 14 og i Figur 27. Gjennomsnittlig L50 for sekken med Exit Windows var 59.3 cm, konfidensintervallet (C.I.) mellom 52.6cm – 78.4cm, og SR var 14.8 cm. L50 for T90 sekken var 51.6 cm, C.I. mellom 45.1 cm og 55.1 cm, og SR var 6.4 cm. L50 for sekken med fleksirist var 51.1 cm, C.I. mellom 33.9 cm og 55.2 cm, og SR var 2.8 cm. (Tabell 14).

Tabell 14. Gjennomsnittlige seleksjonsparametere med 95 % konfidensintervall (C.I.) for sekken med Exit Windows, T-90 sekken og UC-sekken med Fleksirist.

Parameter	Exit Windows			T90			Sorting grid		
	Mean	C.I. (lower)	C.I. (upper)	Mean	C.I. (lower)	C.I. (upper)	Mean	C.I. (lower)	C.I. (upper)
L50	59.31	52.63	78.36	51.57	45.09	55.14	51.13	33.99	55.15
SR	14.77	9.50	25.27	6.39	4.12	9.92	2.76	0.00	7.43
D	*	*	*	0.023	0.016	1.655	*	*	*
Contact	*	*	*	*	*	*	0.894	0.524	1
SP	0.681	0.510	0.894	0.470	0.377	0.589	0.111	0.062	0.206
AIC	1039997.47	*	*	678868.70	*	*	101591.81	*	*
P-Value	0	*	*	0	*	*	0	*	*
Deviance	5798.38	*	*	5873.87	*	*	2113.63	*	*
DoF	71	*	*	69	*	*	69	*	*
R <sup>2</sup>	0.867	*	*	0.576	*	*	0.048	*	*

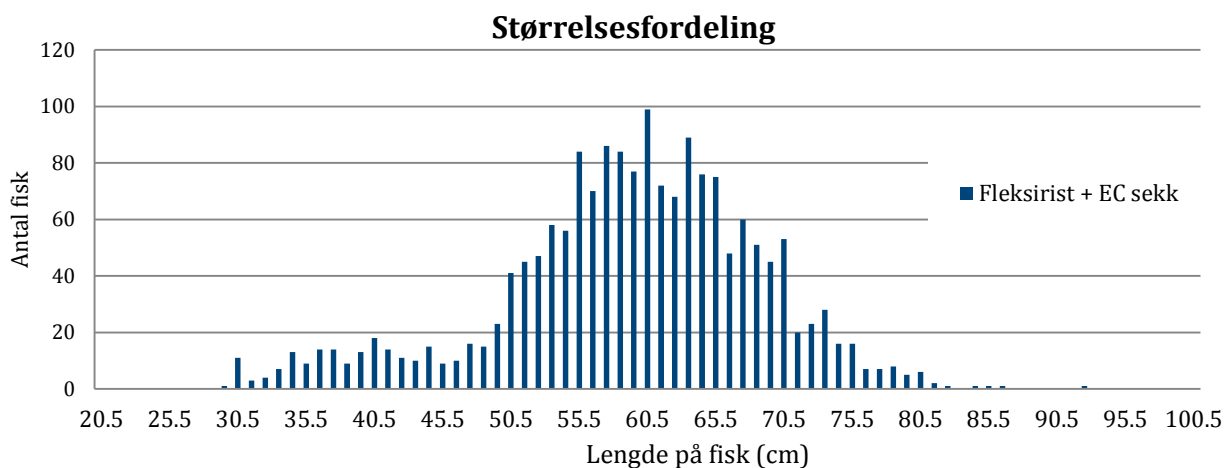


Figur 27 Gjennomsnittlige seleksjonskurver (med og uten "split" parameter) med 95 % konfidensintervall for EW sekk, T90 sekk, og UC sekk med fleksirist.

## 9.2.2 Seleksjon i bunnrål

### Fangstsammensetning

Fangstsammensetningen bestod hovedsakelig av torsk (ca. 97 %). Andre arter som ble fanget med bunnrål var hyse, blåkveite og sei. Størrelsesfordelingen av torsk med alle seleksjonssystemer viste individer mellom 29 og 93 cm (tatt med kontroll sekk) (Figur 28).



Figur 28 Størrelsesfordeling av torsk ved bruk av bunnrål og med forskjellige seleksjonssystemer.

### Andel undermålsfisk

UltraCross sekken med fleksirist fanget i gjennomsnitt mindre enn 0,2 % av undermåls torsk (<44 cm) i områder med i utgangspunktet opp til 1,8 % undermåls fisk (Tabell 15).

Tabell 15. Andel undermåls torsk (<44 cm) tatt under fiske med UC sekk med fleksirist montert på.

Oppsett	Antall fisk	% undermål (< 44 cm)	
Hal 36	Fleksirist + UC sekk	6482	2.6
Hal 37	Fleksirist + UC sekk	10253	0.8
Hal 38	Fleksirist + UC sekk	13542	1.0
Hal 39	Fleksirist + UC sekk	7443	0.3
Hal 40	Fleksirist + UC sekk	9345	2.2
Hal 41	Kontroll	8193	9.4

### Seleksjonparametre

L50 for UC-sekken med fleksirist var 50.8cm, konfidensintervallet (C.I.) mellom 42.1cm – 82.0cm, og SR var 29.9 cm (Tabell 16 og Figur 29).

Tabell 16: Gjennomsnittlige seleksjonsparametere med 95 % konfidensintervall (C.I.) for UC-sekk med Fleksirist.

Parameter	Mean	C.I. (lower)	C.I. (upper)
<b>L50total</b>	<b>50.80</b>	<b>42.11</b>	<b>82.01</b>
<b>SRtotal</b>	<b>29.93</b>	<b>0.15</b>	<b>32.99</b>
*L50grid	61.85	42.01	107.77
*SRgrid	0.10	0.10	11.41
*L50codend	45.28	33.02	52.15
*SRcodend	9.18	0.10	24.01
*Contact	0.29	0.17	0.95
SP	0.68	0.51	0.89
AIC	124303.39	*	*
P-Value	0.00	*	*
Deviance	731.23	*	*
DoF	55.00	*	*
R2	0.78	*	*

\* Parameters not to be used as reference in selectivity.

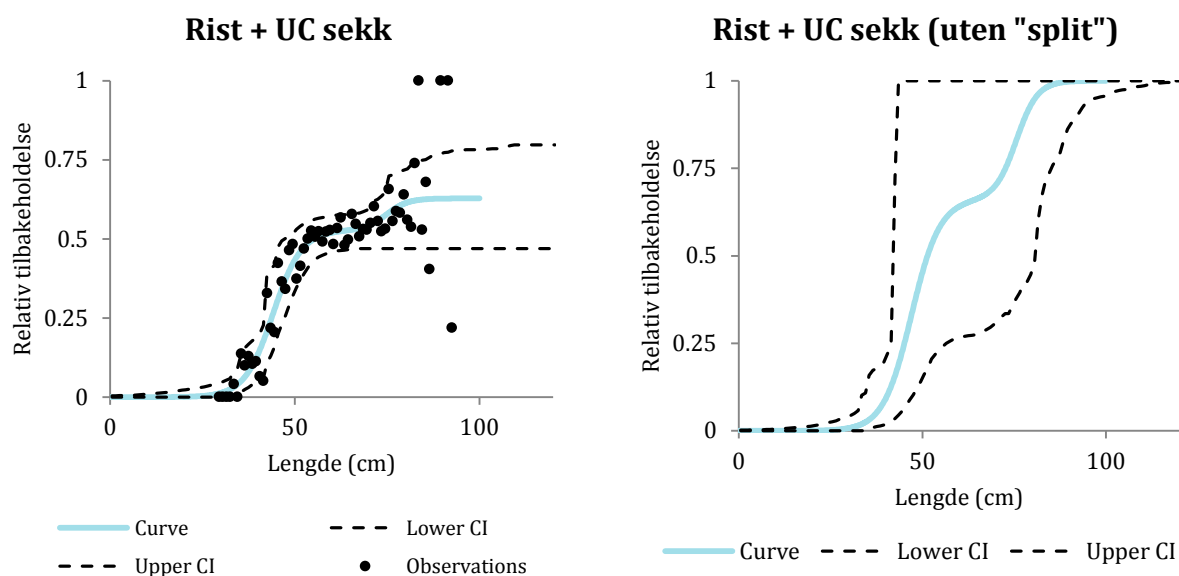


Fig 29 Gjennomsnittlige seleksjonskurver (med og uten "split"-parameter) med 95 % konfidensintervall for UC sekken med fleksirist.

### 9.3 Diskusjon og konklusjoner

Seleksjonsresultatene for torsk ved bruk av T90 sekk og EW sekk var i tråd med tidligere forsøk med flytetrål og bunntrawl, og vurderes som svært gode. Resultatene viser at både T90 sekken og EW sekken er effektive mht. å selektere ut småfisk, selv ved svært høy fisketetthet (gjennomsnittlige fangstrater på opp til 33 tonn per minutt med EW sekk og opp til 8.1 tonn per minutt med T90 sekk). Begge sekker fanget i gjennomsnitt mindre enn 0,5 % undermåls fisk i områder med opptil 14 % av undermålsfisk.

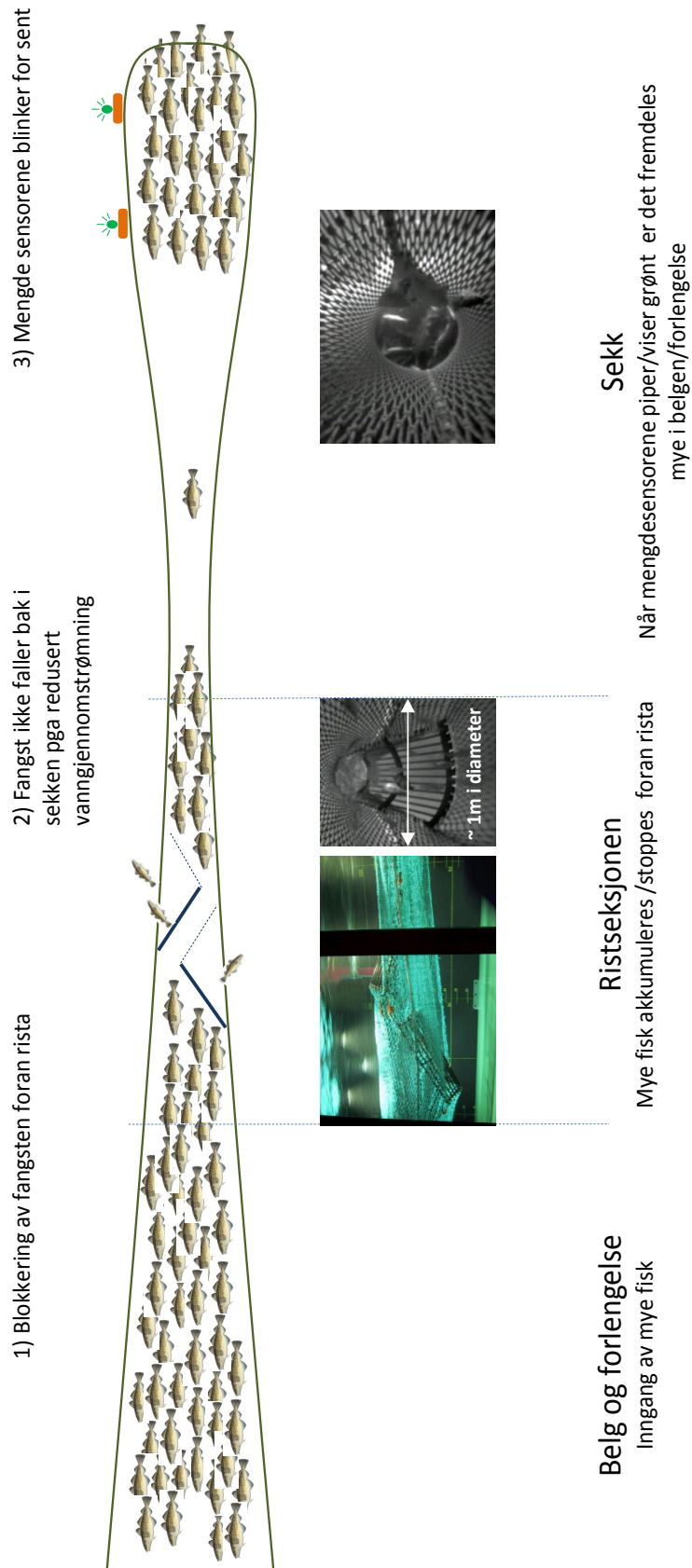
Seleksjonsresultatene for torsk ved bruk av bare Flexirist ble dessverre ikke gjennomført med like høye fisketettheter som for T90 og EW sekkene. Grunnen til dette var at de store pelagiske torskekonsentrasjonene avtok og fisken ble mer tilgjengelig ved bunnen. Flexirista fungerte imidlertid bra med de fangstratene som ble oppnådd (opp til 0,6 tonn per min, noe tilsvarer 200-300 fisk /min).

Seleksjonsresultatene ved bruk av Flexirist kombinert med UC-sekk i bunntrawing ved svært høy fisketetthet av torsk (opp til 9,9 tonn per minutt, ~ 3000-4500 fisk /min) viste en flattere seleksjonskurve enn ved mindre tetthet av fisk. I praksis betyr dette at mer småfisk fanges og flere store fisk mistes.

Ved hjelp av elektronisk måleutstyr og undervannskamera ble følgende problemer identifisert når rista ble brukt ved svært høy tetthet av fisk:

- 1) Rista blokkerer inngang for fisk til sekken. Som en konsekvens av dette fylles ikke sekken så hurtig som den ville dersom rista ikke hadde vært til stede.
- 2) Mye fisk står og svømmer rett bak rista fordi vanngjennomstrømning er kraftig redusert på grunn selve ristkonstruksjonen - to rister og to småmaskete ledepaneler (vanngjennomstrømnings-målinger foran og bak rista finnes i Gjørsund et al 2010).
- 3) Informasjon om sekkens fyllingsgrad, via mengdesensorer, gir et feil bilde av den totale fangsten når rista brukes. Når mengdesensorene viser en viss fangst i sekken, kan det fremdeles være dobbelt så mye fisk igjen i forlengelsen og foran rista (Figur 30).





Figur 30. Illustrasjon av problemer som ble observert ved bruk av seleksjonsrist i flytetrål-/bunnetrål-fiske ved høy tetthet av torsk.

## 10 Hovedkonklusjoner

Seleksjonsresultatene for torsk ved bruk av sekk med Exit Windows og T90 sekk er i tråd med tidligere forsøk gjennomført med flytetrål og bunntørål, og vurderes som svært bra ut fra forvaltningshensynene. Resultatene viser at både sekken med Exit Windows og T90 sekken effektivt selekterer ut småfisk, selv ved svært høy fisketetthet, og begge sekker gir en stabil seleksjon uansett fangststørrelse.

Ristseleksjon gir ikke like gode resultater ved høye tettheter av fisk som Exit Windows eller T90 sekk, hovedsakelig fordi rista har mye mindre sorteringsareal. Rista gir en flatere seleksjonskurve enn de to andre seleksjonssystemene, dvs. at den tilbakeholder mer småfisk samtidig som flere store (overmåls) fisk mistes. I tillegg skaper rista et blokkeringsproblem som gjør at mengdesensorene ikke gir informasjon om den reelle fangstmengde. På den annen side er det vist at overlevelse hos fisk som sorteres ut med rista er stor. Flere studier har dokumentert en bedre overlevelsessevne hos fisk som sorteres ut av rist enn hos fisk som sorteres ut gjennom diamantmasker.

Forutsatt tilstrekkelig tilgjengelighet av hvitfisk høyere opp i vannsøylen kan flytetrål innebære en betydelig gevinst med hensyn til energiøkonomi, bunnpåvirkning og miljøutslipp.

Under praktisk fiske er det et klart behov for å kontrollere fangstmengde, spesielt når det fiskes på høy tetthet av fisk.

## 11 Forslag til tiltak og videreføring av prosjektet

Dette prosjektet har gitt svar på flere spørsmål rundt størrelsesseleksjon med forskjellige seleksjonssystemer ved svært store tettheter av fisk. Prosjektet har også kvantifisert energibesparelspotensialet ved fiske med flytetrål sammenlignet med bunntørål. Prosjektet har i tillegg identifisert et problem med store fangster og testet innretninger for fangstbegrensing. Likevel er det fremdeles flere spørsmål som står ubesvart rundt forhold som etterseleksjon (dvs. seleksjonen i sekken), overlevelse hos fisk som sorteres ut og praktisk bruk av innretninger for fangstbegrensing.

Ved en videreføring av prosjektet ansees følgende punkt som mest sentrale:

- Kvantifisere ristseleksjon og etterseleksjon. Hypotesen er at når det fiskes med rist i svært høy tetthet av fisk blir etterseleksjon viktigere/større enn selve ristseleksjon, i så fall er det da et spørsmål om det er hensiktsmessig med rist.
- Kvantifisere overlevelse på fisk fra forskjellige seleksjonssystemer. Hypotesen om at ristseleksjon gir mindre dødelighet enn andre seleksjonssystemer (maskeseleksjon) er hovedargumentet for rista er påbudt. Flere forsøk der hovedmålet var å estimere overlevelse på fisk som sorteres ut av rist og vanlige diamant-maske sekker viser at rista fungerer best, men resultatene varierer veldig mye. Overlevelse på fisk som sorteres ut fra T90 sekker og sekker med Exit Windows har aldri blitt estimert.
- Kontroll av fangstmengde er nødvendig når det fiskes ved store tettheter av fisk, både for flytetrål og bunntørål. En måte å oppnå dette på er ved bruk av innretninger for fangstbegrensing. Der kan likevel være flere andre metoder for å unngå ukontrollert store fangster; skipperen på M/T Ramoen (E. Skarbovik) foreslo fjerning av rist-seksjonen og bruk av flere mengde sensorer.

## 12 Prosjekts leveranser

Leveransen av dette prosjektet består av:

- Rapport fra innlednings forsøk om bord F/F "Jan Mayen" (Sistiaga og Larsen 2010).
- Rapport fra fullskala seleksjonsforsøk om bord M/T "Atlantic Star" (Grimaldo og Sistiaga 2010)
- Rapport fra utvikling av fangstbegrensende innretninger for flytetrålfisket (Grimaldo et al 2011)
- Rapport fra fullskala forsøk om bord M/T "Ramoen" (Sistiaga og Grimaldo 2012)
- Rapport fra FISHTECH konferanse (Henriksen, 2012)
- Sluttrapport (Grimaldo et al, 2012).
- Diverse videoer

## 13 Referanser

- Angell, S., 1999. Utvikling av et fleksibelt seleksjonssystem for torske trål. Hovedfagsoppgave i fiskeriteknologi. Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø/SINTEF fiskeri og havbruk a.s. Trondheim. 253 sider.
- Angell, S., Lilleng, D., Hassel, K., Røttingen, Å., 2000: Seleksjonsforsøk med 50 mm Fleksirist i bunntålfiske etter sei. SINTEF fiskeri og havbruk a.s. 16 sider.
- Angell, S., Andersen, M., Lilleng, D., Torsvik, K., 2001a: Sammenligning av seleksjons- og håndteringsegenskaper mellom 50 mm Sort-X og Fleksirist i bunntålfiske etter sei. SINTEF fiskeri og havbruk. 23 sider.
- Angell, S., Lilleng, S., Kolbeinshavn, A., Volstad, J., Larsen, R.B., 2001b: Seleksjonsforsøk med 50 mm Fleksirist i bunntålfiske etter sei. SINTEF fiskeri og havbruk a.s. 17 sider.
- Armstrong, D.W., Ferro, R.S.T., MacLennan, D.N., Reeves, S.A., 1990. Gear selectivity and the conservation of fish. *J. Fish Biol.* 37, 261-262.
- Bertelsen, B.J., Engås, A., Jørgensen, T., Misund, R., 1998. Seleksjonsforsøk med torske trål i Nordsjøen. Forsøk med M/Tr. "Comet" i perioden 18.-29. juni 1997 med 50 og 45 mm spileavstand i Sort-X. Fiskeridirektoratet/Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø/Havforskningsinstituttet.
- Briggs, R.P., 1992. An assessment of nets with a square mesh panel as a whiting conservation tool in the Irish Sea Nephrops Fishery. *Fish. Res.* 13, 133-152.
- Breen, M., Huse, I., Ingolfsson, O., Madsen, N., Soldal, A.V. 2007. SURVIVAL: An assessment of mortality in fish escaping from trawl codends and its use in fisheries management. Q5RS-2002-01603
- Dahm, E., Rehme, W., Wienbeck, H., Hammer, C., Ernst, P., 2003. History and recent developments in Bacoma-trawl regulations and a proposal for a better specification of the Bacoma net for the Baltic Sea Cod Fishery. *Inf. Fischwirtsch.* 50 (2), 53-61.
- Fonteyne, R., Buglioni, G., Leonori, I., O'Neill, F.G., 2007. Review of mesh measurement methodologies. *Fish. Res.* 85, 279-284.
- Fryer, R.J., 1991. A model of between-haul variation in selectivity. *ICES J. Mar. Sci.* 48, 281-290.
- Gjøvsund, S.E., Hansen, K., Enerhaug, B., Grimaldo, E., Sistiaga, M., 2010. Ny skånsom pose for trål og snurrevad. Utvikling og testing av konsept for trålpåse som opprettholder stort volum og lav innvendig strømningshastighet uten å redusere innstrømningshastigheten til posen. SINTEF Rapport SFH80A103068.
- Graham, N., Kynoch, R.J., 2001. Square mesh panels in demersal trawls: some data on haddock selectivity in relation to mesh size and position. *Fish. Res.* 49, 207-218.
- Graham, N., Kynoch, R.J., Fryer, R.J., 2003. Square mesh panels in demersal trawls: further data relating haddock and whiting selectivity to panel position. *Fish. Res.* 62, 361-375.
- Graham, N., O'Neill, F.G., Fryer, R.J., Galbraith, R.D., Myklebust, A., 2004. Selectivity of a 120mm diamond cod-end and the effect of inserting a rigid or a square mesh panel. *Fish. Res.* 67, 151-161.
- Grimaldo, E., Larsen, R.B. and Holts, R., 2007. Exit Windows as an alternative selection system for the Barents Sea Demersal Fishery for cod and haddock. *Fisheries Research* 85, 295-305.
- Grimaldo, E., Sistiaga, M. and Larsen, R.B., 2008. Evaluation of codends with sorting grids, exit windows and diamond meshes, in regard to size selection and fish behaviour. *Fisheries Research* 91, 271-280.
- Grimaldo, E., Larsen, R.B., Sistiaga, M., Madsen, N., Breen, M., 2009. Selectivity and escape percentages during three phases of the towing process for codends fitted with different selection systems. *Fisheries Research* 95, 198-205.
- Grimaldo, E., Sistiaga, M., 2010. Utvikling av et seleksjonssystem til flytetålfiske etter hvitfisk. Rapport fra tokt med tråleren "Atlantic Star" 28. Oktober - 08. November 2010. SFH80 A103073 Åpen, 30s.
- Isaksen, B., Lisovsky, S., Larsen, R.B., Sakhno, V.A., 1995. Results from joint Russian-Norwegian selectivity experiments on cod (*Gadus morhua* L.) in the Barents Sea with 55 mm sorting systems 15-26. September 1995. Institute of Marine Research, Bergen.

- Isaksen, B., Øvredal, J.T., Gamst, K., Misund, R., 1996. Seleksjonsforsøk med enkelrist i topanels torskestrål (Euronette) om bord i M/Tr. "Anny Kræmer" ved Bjørnøya 19.-26. august 1996. Havforskningsinstituttet. Internt notat nr. 16 1996.
- Isaksen, B., Gamst, K., Kvalsvik, K., Axelsen, B., 1998. Comparison of selectivity – and user properties between Sort-X and single grid for two-panel trawl for cod (*Gadus morhua*). ICES WG Meeting. La Coruña, Spain, 1998.
- Isaksen, B., Gamst, K., Kvalsvik, K. and Kristiansen, A., 1998a. Single sorting grid in to panel trawls for cod. Comparison of selectivity and handling characteristics between the Sort-X and the single grid (Sort-V). Institute of Marine Research, Norway. 19 pp. (in Norwegian)
- Hillis, J.P., McCormick, R., Rihan, D., Geary, M., 1991. Square mesh experiments in the Irish Sea. ICES C.M., B58.
- Ingólfsson, O.A., Soldal, A.V., Huse, I., 2002. Mortality and injuries of haddock, cod and saithe escaping through codend meshes and sorting grids. ICES CM 2002/V:32.
- Larsson, P.O., 1994. Selectivity experiments with cod trawls in the Baltic. ICES C.M., B2.
- Larsen, R.B., 1990. A new approach of size selectivity in commercial codfish trawls using the "Trollex" system. ICES W.G. Meeting, Rostock 1990. 15 pp
- Larsen, R.B., 1992: A short history on the development of the Sort-X system for size selectivity of fish. Newfoundland and Nova Scotia Mobile Gear Selectivity Workshop, Canada, April 1992. Technical report, Fisheries and Oceans. Ottawa. pp 41-69.
- Larsen, R.B. and Isaksen, B., 1993. Size selectivity of rigid sorting grids in bottom trawls for Atlantic cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). ICES Mar. Sci. Symp., 196: 178-182.
- Larsen, R.B., 1995. Development of bycatch reducing devices for trawls. Infofish int. 3/95. pp 55-59.
- Larsen, R.B., 1996. Construction and descriptions of Sort-X and top-cover used during selectivity trials & examples of results obtained during 1994-1996 on different species of bottom fish. ICES, Fish Capture Committee, CM 1996/B:1, pp. 48-66.
- Larsen R.B. and Gamst, K., 1995. Seleksjonsforsøk med blåkkeite (*Reinhardtius hippoglossoides*) og uer (*Sebastes* spp.) med sorteringsrist (Sort-X) i torskestrål. Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø/Fiskeridirektoratet i Bergen. 44 sider.
- Larsen, R.B., Lisovsky, S., Isaksen, B., Sakhno, V.A., Marteinsson, J.E. 1992: Experiments with Sorting Grid (Sort-X) made by Russian and Norwegian Trawlers in July 1992. Report to the Mixed Norwegian-Russian Fishery Commission, 21th Session. 43 pp.
- Larsen, R.B., Misund, R., Bertelsen, B., Angell, S., Lilleng, D., 1999. Seleksjonsforsøk med 45, 40 og 35 mm sorteringsrist (Sort-X) i torskestrål kombinert med 100 mm pose i trålfisket i Nordsjøen. Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø/Fiskeridirektoratet i Bergen. 18 sider.
- Larsen, R.B., Lilleng, D., Angell, S., Bertelsen, B., Kolle, J., Sagen, T., 2000. Utprøving av 35 mm sorteringsrist (Sort-X) kombinert med 100 mm pose i trålfisket i Nordsjøen. Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø/Fiskeridirektoratet i Bergen. 29 sider.
- Larsen, R.B., Misund, R., Angell, S., Lilleng, D., Effektene av 55 og 50 mm sorteringsrist (Sort-X) kombinert med 135 mm pose i direktefiske etter sei. Norges fiskerihøgskole, Universitetet i Tromsø. 21 sider.
- Lisovsky, S. Sakhno, V.A., Kondatsjuk, Y.A., 1996. Recommendations for using the Sort-V sorting system based on a single-grid during trawl fishery on Arcto-Norwegian cod. PINRO, Murmansk. 14pp (In Russian).
- Lowry, N., Knudsen, L.H., Wileman, D., 1995. Selectivity in Baltic cod trawls with square mesh windows. ICES C.M., B5.
- Madsen, N., Moth-Poulsen, T., Holst, R., Wileman, D., 1999. Selectivity experiments with escape windows in the North Sea Nephrops (*Nephrops norvegicus*) trawl fishery. Fish. Res. 42, 167-181.
- Madsen, N., Skeide, R., Breen, M., Krag, L.A., Huse, I., Soldal, A.V., 2008. Selectivity in trawl codend during haul-back operation – an overlooked phenomenon. Fisheries Research 91, 195-203

- Madsen, N., Staehr, K.L., 2005. Selectivity experiments to estimate the effect of escape windows in the Skagerak roundfish fishery. *Fish. Res.* 71, 241–245.
- Millar, R.B., Walsh, S.J. 1992. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. *Fisheries Research*, Volume 13, Issue 3, March 1992, Pages 205-220
- Misund, O.A., 1998. Mykje å vinna med sorteringsrist i makrelltrål. *Havforskningsnytt* 1998.
- Misund, R., Lilleng, D., Isaksen, B., 2001. Sammenligning av sorteringskapasitet hos Sort-X og enkelrist sorteringsrist med hensyn til sei, juni 2000. *Fiskeridirektoratet/Havforskningsinstituttet*. 16 sider.
- O'Neill, F.G., McKay, S.J., Ward, J.N., Strickland, A., Kynoch, R.J., Zuur, A.F., 2003. An investigation of the relationship between sea state induced vessel motion and codend selection. *Fish. Res.* 60, 107-130.
- Sistiaga, M., Herrmann, B., Larsen, R.B., 2009. Investigation of the paired-gear method in selectivity studies. *Fish. Res.* 97, 196–205.
- O'Neill, F.G., Kynoch, R.J., Fryer, R.J., 2006. Square mesh panels in North Sea demersal trawls: separate estimates of panel and codend selectivity. *Fish. Res.* 78, 333–341.
- Robertson, J.H.B., 1983. Square mesh codend selectivity experiments on whiting (*Merlangius merlangus* (L.)) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus* (L.)). *ICES C.M.*, B25.
- Robertson, J.H.B., Stewart, P.A.M., 1988. A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends. *J. Cons. Int. Exp. Mer.* 44, 148–161
- Sangster, G.I., Lehmann, K., Breen, M., 1996. Commercial fishing experiments to assess the survival of haddock and whiting after escape from four sizes of diamond mesh codends. *Fish. Res.* 25, 323-345.
- Sistiaga, M., Larsen, R.B., 2010. The use of T90 in the Norwegian bottom trawl gadoid fishery. Report on the cruises onboard Jan Mayen; 6-13 March and 5-11 April. University of Tromsø.
- Sistiaga, M., Herrmann, B., Grimaldo, E., and Larsen, R.B. 2010. Assessment of dual selection in grid based selectivity systems. *Fish. Res.* 105(3): 187–199.
- Sistiaga, M., Grimaldo, E., 2012. Flytertrålfiske etter hvitfisk: Seleksjon i ekstrem høy tetthet av fisk. Rapport fra toktet med tråleren "Ramoen" 19.-30. Oktober 2011. SINTEF Rapport A23178.
- Soldal, A.V., Engås, A., Isaksen, B. 1993. Survival of gadoids that escape from a demersal trawl. *ICES Mar. Sci. Symp.* 196, 122-127.
- Suuronen, P., 1995. Conservation of young fish by management of trawl selectivity. *Finn. Fish. Res.* 15, 97-116.
- Suuronen, P., Perez-Comas, J.A., Lethonen, E., Tschernij, V., 1996. Size-related mortality of herring (*Clupea harengus* L.) escaping through a rigid sorting grid and trawl codend meshes. *ICES J. Mar. Sci.* 53, 691-700
- Suuronen, P., 2005. Mortality of fish escaping trawl gears. *FAO Fisheries Technical Paper No. 478*.
- Thorsteinsson, G., 1992. The use of square mesh codends in the Icelandic Shrimp (*Pandalus borealis*) Fishery. *Fish. Res.* 13, 255–266.
- Tschernij, V., Larsson, P.O., Suuronen, P., Holts, R., 1996. Swedish trials in the Baltic Sea to improve selectivity in demersal trawls. *ICES C.M.*, B25.
- Tschernij, V., Suuronen, P., 2002. Improving trawl selectivity in the Baltic. *Nordic Council of Ministers (TemaNord 2002. No. 512)*.
- Ulmstrand, M., Larsson, P.O., 1991. Experiments with square mesh window in the top panel of a Nephrops trawl. *ICES C.M.*, B50.
- Wileman, D.A., Ferro, R.S.T., Fonteyne, R., Millar, R.B. (Eds.), 1996. *Manual of Methods of Measuring the Selectivity of Towed Fishing Gears*. *ICES Cooperative Research Report No. 215*, Copenhagen, 126 pp.







Teknologi for et bedre samfunn  
[www.sintef.no](http://www.sintef.no)