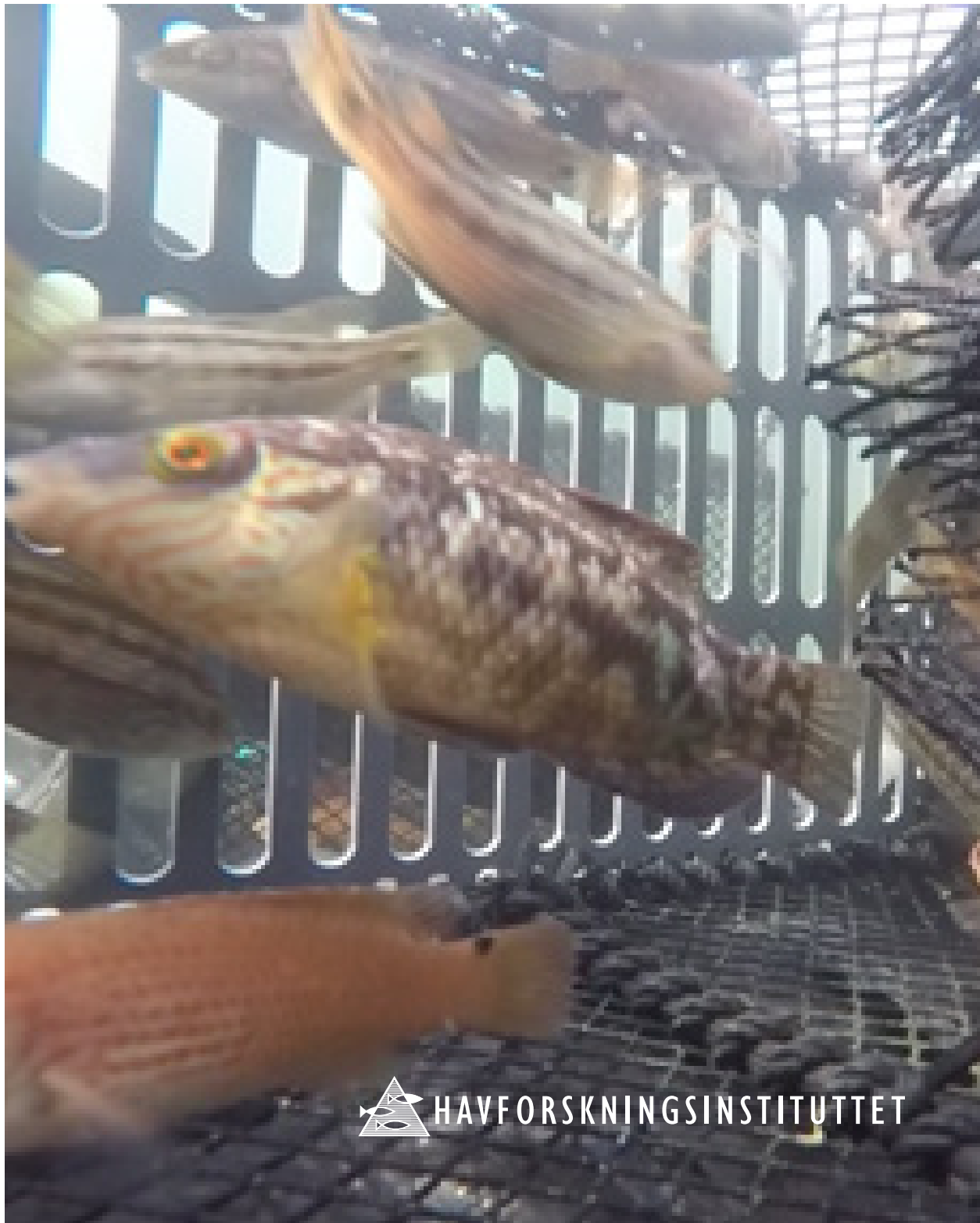


# SELEKSJON I LEPPEFISKREDSKAP

FHF-PROSJEKT # 901253

SLUTTRAPPORT

Terje Jørgensen, Reidun Bjelland, Kim Halvorsen, Caroline Durif,  
Steven Shema, Torkel Larsen, Cameron Thompson og Anne Berit Skiftesvik



## Innhold

Sammendrag.....	3
Summary in English.....	4
Bakgrunn og formål .....	5
Del 1: Forsøk med seleksjonsrister i teiner og ruser.....	6
Innledning .....	6
Materiale og metoder .....	6
Seleksjonsforsøk med teiner i merd .....	6
Drop-tester .....	9
Feltforsøk teine .....	9
Videoobservasjoner.....	9
Seleksjonsforsøk ruser .....	9
Statistisk analyse .....	11
Resultater .....	12
Seleksjonsforsøk med teiner i merd .....	12
Drop-tester .....	15
Feltforsøk teine .....	15
Videoobservasjoner.....	19
Seleksjonsforsøk ruser .....	20
Diskusjon .....	20
Konklusjon.....	22
Del 2: Reduksjon av ålebifangst .....	23
Materiale og metode.....	23
Forsøk med lys.....	23
Forsøk med ålestrømpe .....	24
Resultater .....	24
Forsøk med lys.....	24
Forsøk med ålestrømpe .....	26
Diskusjon .....	27
Takk.....	27
Referanser .....	27

## Sammendrag

Årlig fiskes det over 20 millioner leppefisk som brukes som rensefisk i lakseoppdrett. Grønnfylte og bergnebb dominerer fangstene, og i fisket fanges det betydelige mengder undermåls fisk som må utsorteres av fisker. For å sikre god overlevelse er det ønskelig at utsorteringen i størst mulig grad skjer på fiskedypet. Krav om fluktåpninger i ruser og teiner ble innført i 2015, men tidligere komparative feltforsøk har vist at andelen undermåls fisk fremdeles er høy (30-70 %). Samtidig er det utfordringer med bifangst av ål ved fangst av leppefisk.

Det overordnede formålet med prosjektet var å teste nye metoder og redskapsmodifikasjoner for å redusere bifangst av ål og undermåls leppefisk. For leppefisk ble det gjennomførte både kontrollerte merdforsøk og komparative feltforsøk for å teste om utsorteringen av undermåls bergnebb og grønnfylte kan økes ved å endre plassering og størrelsen på ristflaten.

I merdforsøkene med teiner var ristas størrelse og plassering i fangstkammeret ikke avgjørende for seleksjonen (inkludert kontaktsannsynlighet) for bergnebb og grønnfylte. I motsetning viste feltforsøk med teiner en betydelig bedre utsortering med enderist. For kontrollerte forsøk med ruser var det svært god utsortering av undermåls bergnebb i ruser med enderist satt inn i siste ring, mens siderister hadde dårlig utsortering. Årsakene til den betydelige dårligere utsorteringen ved siderister i ruser i forhold til teiner antas å skyldes at rusene har et større og lengre fangstkammer, som kan redusere den relative kontaktsannsynligheten til sideristene.

Det er et godt grunnlag for å anbefale påbud om enderist i ruser, da dette kan gi en betydelig reduksjon i fangst av undermåls bergnebb. Et påbud om enderist i teiner vil også være hensiktsmessig og gi bedre utsortering. I forhold til bredden på spaltene synes 12 mm å være optimalt for et blandet fiske etter bergnebb og grønnfylte. Teineforsøkene og drop-tester viste at bruk av 11 mm spaltebredde vil holde tilbake all lovlig bergnebb, men samtidig holde tilbake all grønnfylte over 10 cm. Videre gav rister med runde spalter kun marginalt høyere middelseleksjon enn flate. Glatte, runde spiler ga mindre skjelltap enn flate og kan ellers være mer skånsomme ved sortering enn flate spiler.

Det ble ikke observert skader eller dødelighet på fiskene som hadde rømt gjennom ristene i forsøket etter at de hadde gått en uke i en oppsamlingsmerd. Videre ble det gjennomført kontrollerte karforsøk for å se om ulike typer lys i fangstredskaper kunne redusere fangsten av ål. Grønt og hvitt led-lys i teiner førte til at færre ål gikk inn i teinene. Effekten på fangstratene av leppefisk bør testes før dette anbefales i et reelt fiskeri. I et annet forsøk ble det vist at en elastisk, strømpeformet fluktåpning for ål i teine var svært effektiv, uten tap av leppefisk. Da ruser har mye høyere fangst andel av ål enn i teiner, bør det i fremtidige forsøk testes om tilsvarende rømningsvei er like effektiv i ruser.

## Summary in English

Annually, more than 20 million cleaner fish are used for delousing salmon in aquaculture. Corkwing wrasse (*Symphodus melops*) and goldsinny wrasse (*Ctenolabrus rupestris*) dominate the catches, but a high proportion of the catch is below the legal size limit and are therefore discarded after sorting on the fishing vessel. Survival of these smaller fish is likely to improve if sorting takes place at the depth and location of capture. Compulsory escape grids inserted in the side of the catch chambers in fyke nets and pots were introduced in 2015, but previous comparative field trials have shown that the proportion of fish below the legal-size limit is still considerable (30-70% of the total catch). The occasional by-catch of the red listed European eel (*Anguilla anguilla*) should also be avoided in the wrasse fisheries.

The overall aim of the project was to test new methods and implement modifications to reduce by-catch of eels and smaller wrasse. For wrasse, both controlled experiments in net pens and comparative field trials were carried out to test whether the changes in the placement and surface area of the escape grids could give a better sorting of corkwing wrasse and goldsinny wrasse.

In the controlled pot experiments, similar selection was obtained regardless of placement and surface area of the escape grids (including contact probability). In contrast, field trials with pots showed a significantly better sorting with the escape grids placed at the end of the pots compared to two smaller grids on the sides. For controlled experiments with fyke nets with goldsinny wrasse, escape grids inserted in the last ring were highly effective, while escape holes in the side of the fyke nets retained a high number of smaller wrasse. Thus, rear-end escape grids are recommended in fyke nets and pots. A slit size of 12 mm is concluded to be optimal in a mixed fishery for goldsinny and corkwing wrasse. Rounded bar grids gave only marginally higher mean selection than instead of flat plastic grids which are currently being used.

Scale losses were occasionally seen in flat grids during drop test, but no mortality was observed after a week in recovery pens after trials. Lastly, we conducted two experiments to find methods to avoid catching eels in pots. First, green and white led light were moderately effective in reducing the catch of eels in controlled trials. However, it should also be tested whether artificial light affects catch rates of wrasses and other by-catch species. In the second trial, a sock-shaped elastic plastic net inserted in pots was found to be very effective to let eels escape without loss of wrasse.

## Bakgrunn og formål

Rensefisk er et viktig ikke-medikamentelt verktøy i kampen mot lakselus. Artene som brukes er berggylte, bergnebb, grønngylte, grasgylte, rødnebb/blåstål og rognkjeks. Alle de fem leppefiskartene beskattes, men bergnebb og grønngylte er de mest tallrike. Berggylte er mest ettertraktet som rensefisk, men finnes ikke i store mengder i naturen. All rognkjeks og en økende andel berggylte blir oppdrettet. Årlig leveres det i overkant 20 millioner villfanget leppefisk til oppdrettsnæring, hvor bergnebb og grønngylte til sammen utgjør over 80 % av fangsten. Fisket skjer med teiner og ruser på grunt vann (0-6 m). All høsting og annen utnyttelse av villlevende marine ressurser skal skje så skånsomt som mulig (havressurslova, §16). I fisket etter leppefisk med teiner og ruser tas det en betydelig andel undermåls fisk (Jørgensen og Løkkeborg, 2012; Jørgensen og Palm, 2014). Bidødelighet forårsaket av håndtering av fisken når redskapen trekkes og mulig predasjon ved gjenutsetting (f.eks. fra sjøfugl (Halvorsen *et al.* 2016)) tilsier at undermåls leppefisk i størst mulig grad bør sorteres ut på fiskedypet ved hjelp av rømningshull eller andre innretninger.

For å sikre at fisket etter leppefisk skjer i samsvar med intensjonene i Havressursloven, innførte Fiskeridirektoratet i 2015 nye tekniske reguleringer for utøvelsen av fisket etter leppefisk. Det ble da blant annet innført krav om at leppefiskredskap skal være utstyrt med fluktåpninger med minimum 12 mm spaltebredde. Videre er det satt krav til inngangssperre (kryss) med mindre inngangen (kalven) er mindre enn at en sylinder med diameter 70 mm kan trekkes gjennom inngangen. Krysset skal hindre/ redusere fangst av oter og sjøfugl, større fisk, hummer og krabbe, men vil ikke ha effekt på ål (*Anguilla anguilla*). Det er dokumentert høy bifangst av ål i ruser (6 % av total fangst – forsøksfiske Skagerrak 2013), mens den var betydelig lavere i teiner (0.1 % av total fangst) (Halvorsen *et al.* 2017). Ål i leppefiskredskap kan føre til skade og predasjon på leppefisken. Det er ønskelig å finne metoder for å hindre bifangst av ål i dette fisket. Ål er dessuten rødlistet, og bør derfor ikke fanges om det kan unngås.

Formålet for dette prosjektet her var å undersøke optimal spaltestørrelse, utforming og plassering av fluktåpninger for optimal utsortering av undermåls leppefisk. Videre ble det gjennomført forsøk for å se om ulike typer lys i fangstredskapen kunne redusere fangsten av ål, samt forsøk med egen fluktstrømpe for ål. Sluttrapporten er derfor delt inn i to deler, hvor den første delen omhandler forsøk med seleksjonsrister for å redusere fangst av undermåls leppefisk, mens del to rapporterer resultatene fra forsøkene for å redusere bifangst av ål.

## Del 1: Forsøk med seleksjonsrister i teiner og ruser

### Innledning

Fangstforsøk utført i regi av Havforskningsinstituttet i 2015, og data for 2015 og 2016 fra referansefiskerne, viste at selv ved bruk av rist var det et høyt innslag av undermåls leppefisk (bergnebb (*Ctenolabrus rupestris*) og grønngylte (*Symphodus melops*) i fangstene. Dette antyder at ristene ikke fungerer som tiltenkt. Observasjoner antyder at fisk ikke alltid er motivert for å rømme, selv om de fysisk sett er av en størrelse som tilsier at de lett kunne unnslippe gjennom spaltene i de påbudte ristene. På evalueringsmøtet om leppefiskforvaltningen i regi av Fiskeridirektoratet på Gardermoen 2.-3. desember 2015 ble det lansert et forslag fra Fjordservice AS om en heldekkende enderist i teiner. Ved å feste tauet i motsatt ende av rista, vil ristflaten ved trekking vende mot bunnen. Dermed kan en utnytte fiskens naturlige fluktreaksjon (å svømme mot bunn) til å forbedre utsortering av undermåls leppefisk. Videre ble det fra næringen hevdet at 12 mm spaltebredde i rist medførte et betydelig tap av lovlig fisk, spesielt bergnebb. Forsøkene i 2015 støttet også opp om dette, men presisjonen på seleksjonsestimatene fra de komparative fiskeforsøkene i felt var svært lav. Det ble derfor bestemt å utføre nye seleksjons-forsøk for bergnebb og grønngylte i 2016. Forsøkene med teiner skulle undersøke om en stor heldekkende enderist ga bedre seleksjon enn den påbudte 3-spalters standardrista, bestemme seleksjon for enderister med 11 og 12 mm spaltebredde, samt undersøke om det er forskjell i seleksjon for rister med runde og flate spiler. I forsøket med ruser var formålet å teste om en heldekkende rist i siste rusering gav bedre seleksjon enn mindre rister festet i siden på fangstkammeret.

Tidligere seleksjonsforsøk på leppefisk har vært utført i felt som komparative forsøk der en har satt redskapen parvis med en kontroll og en eksperimentell enhet. For hvert par har en tilstrebet mest mulig identiske forsøksbetingelser. Forsøkene har imidlertid vist at det er store variasjoner i fisketetthet over små områder og dermed tilsvarende variasjon i fangst, slik at kravet om identiske forsøksbetingelser ofte ikke er oppfylt. Ved indirekte estimering av seleksjon, resulterer dette i svært stor usikkerhet i de estimerte parameterne. Derfor ble det nå gjennomført både tilsvarende feltforsøk med de nye rist-typene og kontrollerte forsøk hvor inngangene til teinene ble avstengt og forsøksgrupper med fisk av kjent størrelse satt inn. På den måten kan man skille ut fangstfasen (og tilhørende usikkerhet) og estimere selektivitet ved rømning direkte. Det ble også gjennomført såkalte drop-tester, hvor man tester hvilke størrelser som fysisk kan passere de ulike typer størrelse og utforming på spaltene – som da gir et estimat på den maksimale seleksjonen for en gitt spaltebredde. For å få bedre kunnskap om fiskens rømningsadferd ble det gjort videoopptak i teiner. I den opprinnelige prosjektbeskrivelsen ble det planlagt å teste kvadratmaskepanel i ruser. Det ble av dyrevelferdsmessige grunner besluttet å ikke gjennomføre dette, siden det er gjort erfaringer med at leppefisk lett setter seg fast i elastiske masker. Et kvadratmaskepanel må også ta høyde for ulike kroppsfasong hos de ulike artene, noe som ville gitt en økt artsdifferensiering i seleksjonen.

### Materiale og metoder

#### Seleksjonsforsøk med teiner i merd

For teiner ble det valgt å gjøre kontrollerte forsøk i merd, basert på resultatene fra et pilotforsøk i 2015. Til seleksjonsforsøkene i merd ble det benyttet en finmasket not på 12x12x12 m ved Havforskningsinstituttets sjøanlegg ved Forskningsstasjonen Austevoll. En aluminiumsrigg tilpasset størrelsen på merden ble fylt med tareimitasjon for å simulere bunnvegetasjon og plassert ut i merden. I hvert forsøk ble det plassert 6 teiner på riggen, 3 på hver av to motstående sider (Figur 1). Teinene hadde to tau, et i hver kortende, for nøyaktig posisjonering på riggen. Teinene ble plassert med fangstkammeret vendt inn mot senter av merden. I seleksjonsforsøkene var kalvene i teinene blokkert slik at fisk kun kunne rømme via riståpningene.



Figur 1. Bilder av forsøksoppsett for kontrollert merdforsøk med ulike typer seleksjonsrister i teine for å sammenlikne utsortering av undermåls bergnebb og grønngylt. Øverst: Ramma med tareimitasjon som teinene stod på. Nederst: Riggeren med 6 teiner plassert ut i merden. Ristene vendte alltid inn mot riggeren.

Teinene som ble brukt målte 80x40x28 (lxbxh) og var produsert av OK Marine AS. De hadde 2 kalver med ovale plastringer og fangstkammer med en spiss, vertikal kalv fra hoved- til fangstkammer. Seleksjonsristene var plassert i fangstkammeret (Figur 2). Standardrista med 3 spalter var plassert på langsiden av teina, mens de andre ristene som ble brukt i forsøkene alle var tilpasset endeblaten av teina i størrelse og utforming (de dekket hele endeblaten). Det ble laget heldekkende enderister med flate og runde spiler, og spileavstander på 11 og 12 mm. Ristene med flate spiler var laget av svart PVC og hadde tre rekker med spalter i høyden for å sikre tilstrekkelig stivhet for ristspilene. Ristene med runde spiler hadde en ramme av polyoxymethylene (POM) og spiler av glassfiber. Spilene hadde en diameter på 10 mm og sirkulært tverrsnitt. For ristene med glassfiberspiler var den ingen tverrstag, slik at spaltene gikk fra bunn til topp i rista.

For hver ristkombinasjon ble det kjørt tre replikate forsøk med seks teiner (Tabell 1). I hvert forsøk ble teinene med de to risttypene satt annenhver, med tre teiner på hver av to motsatte sider av riggeren. Fisken som ble brukt i seleksjonsforsøkene, ble fisket med teiner i nærområdet til Forskningsstasjonen. Samme fisk ble kun benyttet i ett forsøk. I hvert forsøk ble det satt inn ca 40 fisk i hovedkammeret på hver teine, ca halvparten av hver art (bergnebb og grønngylte), og for hver art ca halvparten henholdsvis over og under minstemålet. Før innsetting ble all fisken lengdemålt og veid, samt merket med et subkutant fargemerke (VIE, Northwest Marine Technology) som var unikt for den enkelte teine. Etter en ståtid på 19-23 timer ble teinene halt sakte i tauet som var festet i motsatt ende av kortenden med rist. Gjenværende fisk i den enkelte teine ble lengdemålt og registrert. Deretter ble rømt fisk fanget opp av merden, lengdemålt og veid og teinetilhørighet ble bestemt basert på fiskens fargemerkning. Fiskene ble satt ut i en annen merd hvor de gikk i syv dager for å undersøke om de hadde fått skader da de gikk gjennom ristene.



Figur 2. De ulike risttypene brukt i det kontrollerte merdforsøket med seleksjonsristeksperimenter i teine for å sammenlikne utsortering av undermåls bergnebb og grønnfylt. Øverst til venstre: standard 3-spalters siderist; nederst til venstre: heldekkende enderist med flate spiler; til høyre: heldekkende enderist med runde spiler. For flate spiler ble både 11 og 12 mm rist testet.

Tabell 1. Oversikt over forsøksoppsett og tid for gjennomføring i det kontrollerte merdforsøket med seleksjonsristeksperimenter i teine.

Forsøk	Forsøksoppsett	Runde	Dato
1	12 mm siderist vs. 12 mm enderist, flate spiler	1	2016-08-26
		2	2016-09-02
		3	2016-09-21
2	11 mm enderist vs. 12 mm enderist, flate spiler	1	2016-09-27
		2	2016-09-28
		3	2016-09-29
3	12 mm enderist med runde spiler vs. 12 mm enderist med flate spiler	1	2016-09-30
		2	2016-10-05
		3	2016-10-06



### Drop-tester

For å undersøke hvilke størrelser av bergnebb og grønngylte som fysisk kan passere gjennom rister med spaltebredde 10, 11 og 12 mm, ble levende bergnebb og grønngylte holdt vinkelrett på ristflaten med snuten mot riståpningen og så sluppet (Figur 3). De samme fiskene som hadde vært benyttet i seleksjonsforsøkene ble brukt i drop-testene.



Figur 3. Drop-tester ble utført på bergnebb og grønngylt, som brukes å estimere den maksimale seleksjonen ved 100 % kontaktsannsynlighet med risten.

### Feltforsøk teine

Det ble gjennomført komparative feltforsøk med teiner for å sammenlikne med data fra merdforsøk. Forsøkene ble gjennomført i Austevoll 07.09.-16.09.2016. Antall over- og undermåls bergnebb og grønngylte ble sammenliknet i teiner med 12 mm siderist (som påbudt under nåværende regulering) mot enderist (11 og 12 mm), siderist (11 mm) samt kontrollteine (ingen rist). 11 mm rister var ikke tilgjengelig før 13.09, så det ble først gjennomført 12 replikater av trio-sett med kontroll, ende- og siderist 12 mm, mens 11 mm ristene ble med fra 13.09 og da satt i kvintetter med kontroll teine og alle risttypene (16 replikater). Totalt 116 teinetrekk. Teinene som inngikk i en trio/kvintett ble satt med 8-15 meters avstand i tilsvarende dybde og habitat. Ståtiden varierte fra 22-24 timer.

### Videoobservasjoner

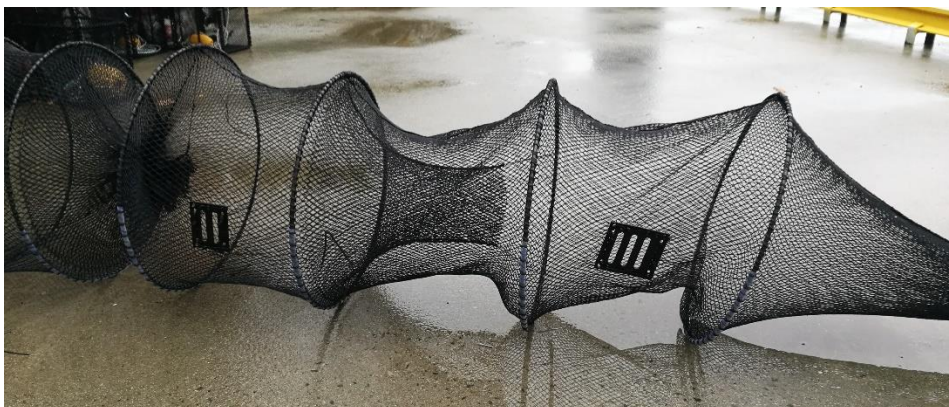
For å dokumentere rømningsadferd ble det også gjennomført videoopptak i utvalgte teiner i merdforsøkene, samt i en feltsituasjon hvor 40 grønngylte og bergnebb ble fylt i teiner med stengte innganger, med to replikater. Teinene stod en halvtime før de ble trukket.

### Seleksjonsforsøk ruser

Ruser egnet seg ikke for forsøk i merd – men hovedprinsippene fra de kontrollerte forsøkene med teine, som stengning av inngang og fargemerking av leppefisken, ble videreført i et kontrollert forsøk i naturlige omgivelser. Rusene ble lagt på 1-3 meters dyp i Breidbukta på Havsøya utenfor

Forskningsstasjonen Flødevigen. Forsøkene var planlagt gjennomført i 2016, men ble utsatt til 2017 år grunnet for lav temperatur. Grunnet svært lav tilgang på grønngylte under 11 cm ble kun bergnebb benyttet i ruseforsøkene. Bergnebb ble fisket inn ved bruk av leppefiskeiteiner (svart med 15 mm maskevidde). Fisken ble holdt i oppbevaringsnett i sjø opp til to dager før de ble benyttet i forsøkene. All bergnebb (n=324) som ble benyttet ble kjønnsbestemt, lengdemålt (totallengde (til nærmeste mm)) og veid (0.1 g). Før utsett i leppefiskrusene ble fisken fargemerket for å kunne skille forsøksgruppene fra eventuelle fisk i området som kunne ha kommet inn i gjennom fluktåpningene i løpet av forsøket. Kun 12 mm spaltebredde ble benyttet i ruseforsøk, på bakgrunn erfaringene fra fjorårets teineforsøk og drop-tester (se resultater).

To typer seleksjonsrister ble sammenliknet; *siderister* av typen som er påbudt under nåværende regulering mot en hel enderist satt inn i siste rusering. Sideristene var en rist med tre 12 mm spalteåpninger (12x10,5 cm) montert på siden i det siste kammeret og en rist med to 12 mm fluktåpninger (8,5x10,5 cm) montert på siden av det nest siste kammeret i rusen (figur 4). Enderisten var en sirkulær rist med 12 mm åpninger som monteres på enden av rusen (diameter = 55 cm) (Figur 5). Inngangen til de to siste kamrene i rusen ble stengt ved bruk av strips slik at annen fisk enn de benyttet i forsøket ble hindret fra å komme inn i rusen denne veien. Rusene ble så plassert i godt habitat for leppefisk og stod ute til neste dag. Gjenværende fisk i rusene dagen etter ble lengdemålt og veid på nytt for å kunne avgjøre hvilke individer som har gått ut av rusene i løpet av forsøket.



Figur 4: Ruser og seleksjonsrister brukt i kontrollerte felteksperimenter i ruse for å sammenlikne utsortering av undermåls bergnebb og grønngylt. Her vises leppefiskruse med seleksjonsrister på siden.



Figur 5: Ruser og seleksjonsrister brukt i kontrollerte felteksperimenter i ruse for å sammenlikne utsortering av undermåls bergnebb og grønngylt. Her vises leppefiskruse med heldekkende enderist satt inn i siste ring. Ruseposen er vrent oppover på utsiden av rusen.

## Statistisk analyse

Seleksjon i de kontrollerte forsøkene ble beregnet for sammenslåtte (“pooled”) data fra de tre replikate forsøkene med hver ristkonfigurasjon, da antall fisk i det enkelte redskap var for lite til separate analyser. Ved modelleringen er kontaktsannsynligheten ( $c$ ) eksplisitt modellert ved bruk av en Clogit modell:

$$r(l, v) = \text{Clogit}(l, L50, SR, c) \equiv 1.0 - c \times (1.0 - \text{logit}(l, L50, SR)) \quad (1)$$

der  $l$  er lengde,  $c \in [0,1]$  uttrykker sannsynligheten for at en fisk skal komme i kontakt med seleksjonsinnretningen,  $L50$  er middelseleksjonslengden (lengden der 50 % av fiskene som prøver å rømme gjennom seleksjonsinnretningen holdes tilbake og 50 % unnslipper) og  $SR$  er seleksjonsbredden ( $L75-L25$ ). Ved modellering med en clogit-funksjon er retensjonskurven en funksjon av tre parametre: kontaktsannsynligheten, middelseleksjonslengden og seleksjonsbredden. Kontaktsannsynligheten angir sannsynligheten for at en fisk skal komme i kontakt med seleksjonsinnretningen, mens de to andre parametrene angir seleksjonsprosessen for de fiskene som er i kontakt med seleksjonsinnretningen  $L50$  og  $SR$  er for ei rist hovedsakelig bestemt av spaltebredden i rista i forhold til fiskens maksimale bredde. Riststørrelse og plassering i seg selv forventes derfor ikke å resultere i forskjellige verdier for  $L50$  og seleksjonsbredde ( $SR$ ). Effektiviteten til ristene kan imidlertid være forskjellig dersom størrelse og plassering påvirker sannsynligheten for at fiskene i redskapet skal komme i kontakt med rista. Ved en kontaktsannsynlighet mindre enn 1, vil kurven ikke gå asymptotisk mot null retensjon med avtagende lengde, men mot en verdi gitt ved  $1-c$ .

For drop-test data ble en logit modell benyttet ( $c=1$ ). 95 % konfidensbånd for de estimerte seleksjonskurvene ble beregnet ved bootstrap. Det ble benyttet en to-trinns bootstrap hvor det resamples både mellom og innen teiner. Det ble benyttet 2000 resamplinger. Seleksjonen til to ristkonfigurasjoner ble klassifisert som signifikant forskjellige dersom konfidensområdene ikke overlappet. Beregningene ble gjort med programpakken SELNET (Herrmann et al., 2012)

For feltforsøk med teiner ble antall over- og undermåls bergnebb og grønnfylte sammenliknet i de ulike teine- (rist)typene. Dette ble gjort ved å tilpasse en GLMM (generalized linear mixed model) modell der responsvariabelen følger en negativ binomialfordeling. Analysen ble gjort ved bruk av lme4-pakken i statistikkprogrammet R (versjon 3.2.2 – R Core Team 2015). Får å ta høyde for eventuelle effekter som følge av om teinene var satt i trio eller kvintett ble *trio/kvintett* inkludert som en *fixed*-effekt i modellen. For å ta høyde for variasjon mellom sett, ble sett inkludert som *random*-effekt. Det ble så gjort en seleksjonsanalyse basert på metodikken for parvise forsøk (Millar, 1992). Det forutsettes at de to redskapene i det parvise forsøket har samme populasjon tilgjengelig for fangst. Antall fisk i testteina i lengdegruppe  $l$  er binomisk fordelt med parametre  $n_l$  og

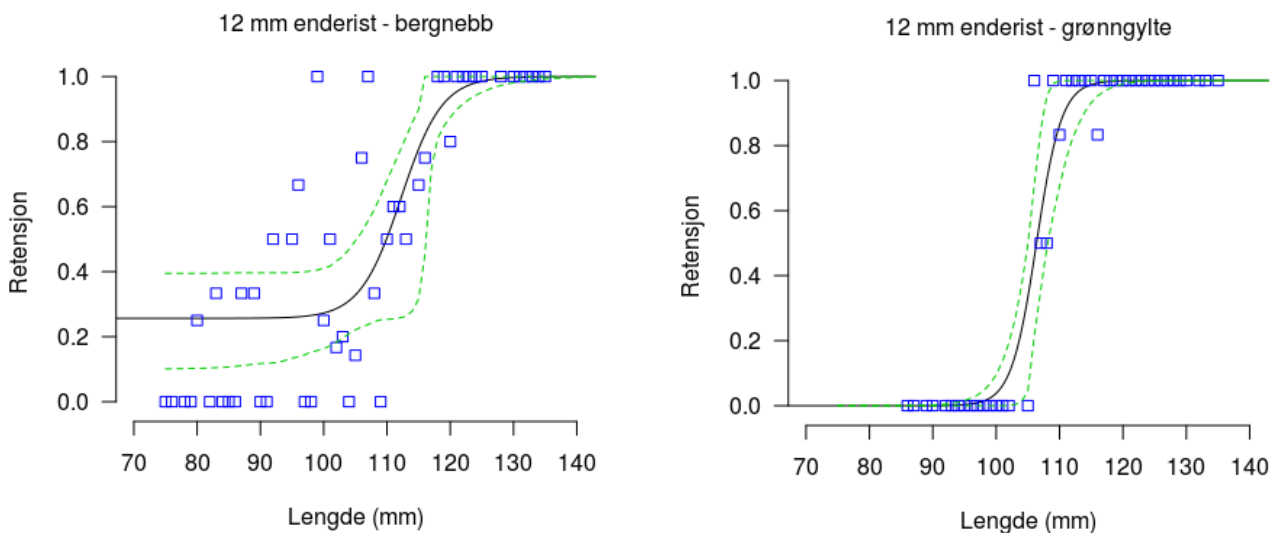
$$\varphi(l) = \frac{pr(l)}{pr(l) + (1-p)} \quad (2)$$

hvor  $n_l$  er totalt antall fisk av lengde  $l$  fanget i de to parvise teinene,  $r(l)$  er retensjonen i testredskapet og  $p$  (splitt-faktoren) er sannsynligheten for at en fisk gikk inn i testredskapet, gitt at den gikk inn i et av de parvise redskapene. For retensjonen ble det brukt en Clogit kurve. Analysen ble gjort med programpakken SELNET.

## Resultater

### Seleksjonsforsøk med teiner i merd

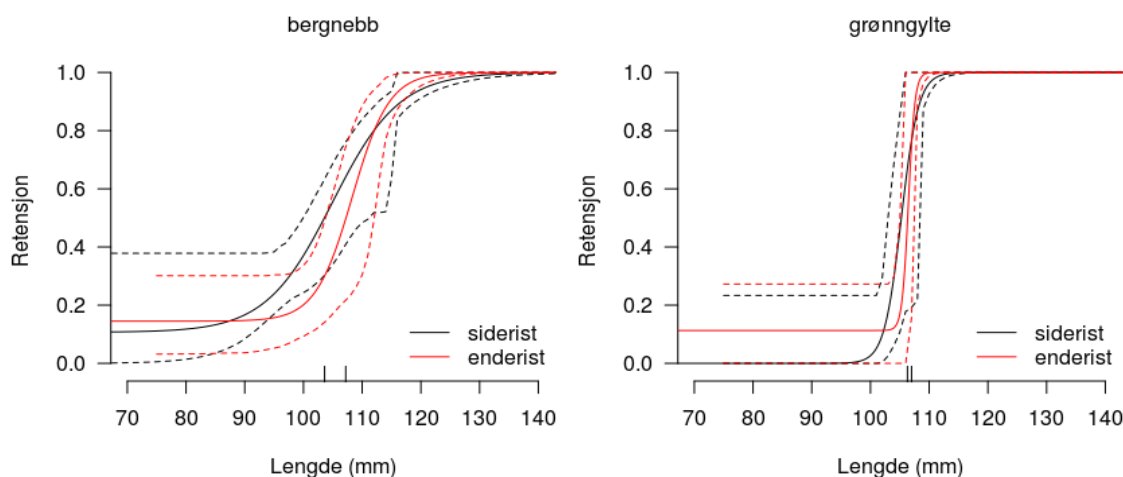
Seleksjonsforsøkene viste en systematisk og markant lavere kontaktsannsynlighet med rist for bergnebb enn for grønnfylte (Figur 6, Tabell 2). Dette reflekteres i at en høyere andel små bergnebb blir igjen i fangstkammeret enn hva tilfellet er for grønnfylte. Siden dette er fisk som i forhold til sin fysiske størrelse kunne rømt gjennom spaltene (se drop-test resultater), antyder det at grønnfylte er mer motivert for å rømme enn bergnebb. Det var ingen signifikant forskjell i retensjonskurven mellom en liten siderist med tre spalter og en heldekkende enderist (begge med 12 mm spaltebredde) for hverken bergnebb eller grønnfylte (Figur 7), men konfidensregionene er vide i nedre del av lengdeintervallet og reflekterer stor usikkerhet i estimerte kontaktsannsynligheter. For siderist var L50 for bergnebb 10,49 cm og for grønnfylte 10,53 cm, mens SR var henholdsvis 1,25 og 0,32 cm. For enderist var middelseleksjonen marginalt høyere, henholdsvis 10,82 for bergnebb og 10,65 for grønnfylte. Estimaten for SR var 0,69 for bergnebb og 0,32 for grønnfylte.



Figur 6. Forskjell i kontaktsannsynlighet med sorteringsrist med 12 mm spaltebredde for bergnebb (venstre) og grønnfylte (høyre) i det kontrollerte forsøket med teiner i merd. Heltrukne linjer angir seleksjonskurven og de stiplede angir tilhørende 95 % konfidensregion.

Tabell 2. Estimerte seleksjonsparametere for bergnebb (BN) og grønngylte (GG) for de forskjellige eksperimentelle oppsett i det kontrollerte forsøket med teiner i merd. Modelltilpasningen er gjort for sammenslåtte data fra de 9 teinene som inngår i hvert forsøk. I hver teine var det satt inn ca 20 individer av hver art. L50 er middelseleksjonslengde, SR er seleksjonsbredde, L501 og SR1 er middellengde og seleksjonsbredde for de fisk som har vært i kontakt med rista, c er kontaktsannsynligheten, p-verdi er sannsynligheten for at modellen forklarer mer enn en modell med en konstant, dev er devians og df er antall frihetsgrader. Middelseleksjonslengde og seleksjonsbredde er gitt i cm.

Forsøk	Art	Rist	L50	SR	L501	SR1	c	p-verdi	dev	df
1	BN	12 mm, side	10,36	1,48	10,49	1,25	0,89	0,21	55,49	48
		12 mm, ende	10,72	0,89	10,83	0,69	0,86	0,75	38,37	45
	GG	12 mm, side	10,53	0,32	10,53	0,32	1	1	7,31	37
		12 mm, ende	10,63	0,14	10,65	0,12	0,89	1	16,12	39
2	BN	11 mm, ende	-	-	10,20	0,01	0,47	0,95	36,17	52
		12 mm, ende	10,99	-	11,22	0,72	0,74	0,69	42,61	48
	GG	11 mm, ende	9,33	0,25	9,33	0,25	1	1	2,89	41
		12 mm, ende	10,63	0,43	10,63	0,43	1	1	15,38	41
3	BN	12 mm, flat	10,7	1,17	10,87	0,75	0,80	0,95	36,17	52
		12 mm, rund	11,34	0,78	11,45	0,56	0,83	0,69	42,61	48
	GG	12 mm, flat	10,44	0,45	10,44	0,45	1	1	2,89	41
		12 mm, rund	10,87	0,49	10,87	0,49	1	1	15,38	41

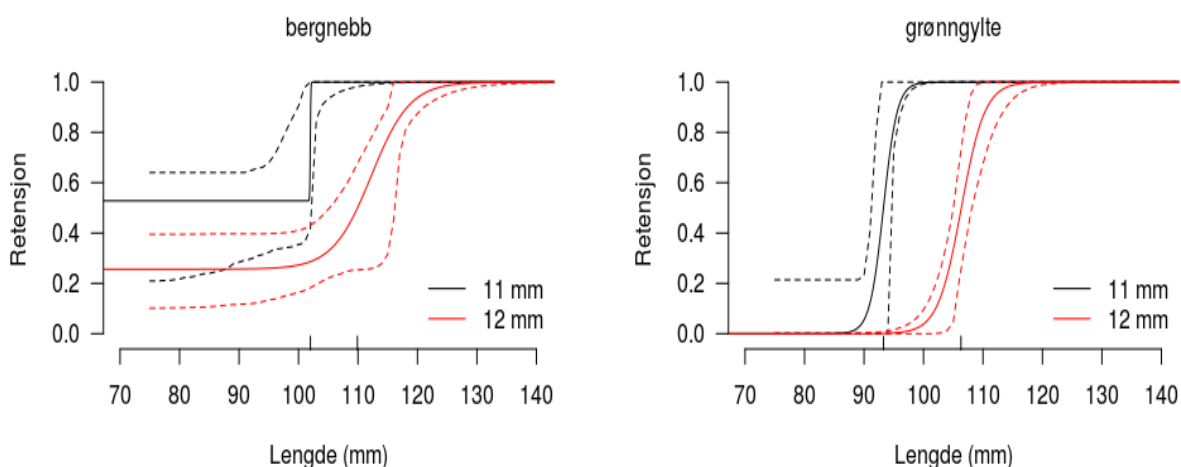


Figur 7. Siderist vs. Enderist, 12 mm. Estimerte seleksjonskurver for bergnebb (venstre) og grønngylte (høyre) i det kontrollerte forsøket med teiner i merd. Heltrukne linjer angir seleksjonskurven og de stiplede angir tilhørende 95% konfidensregion.

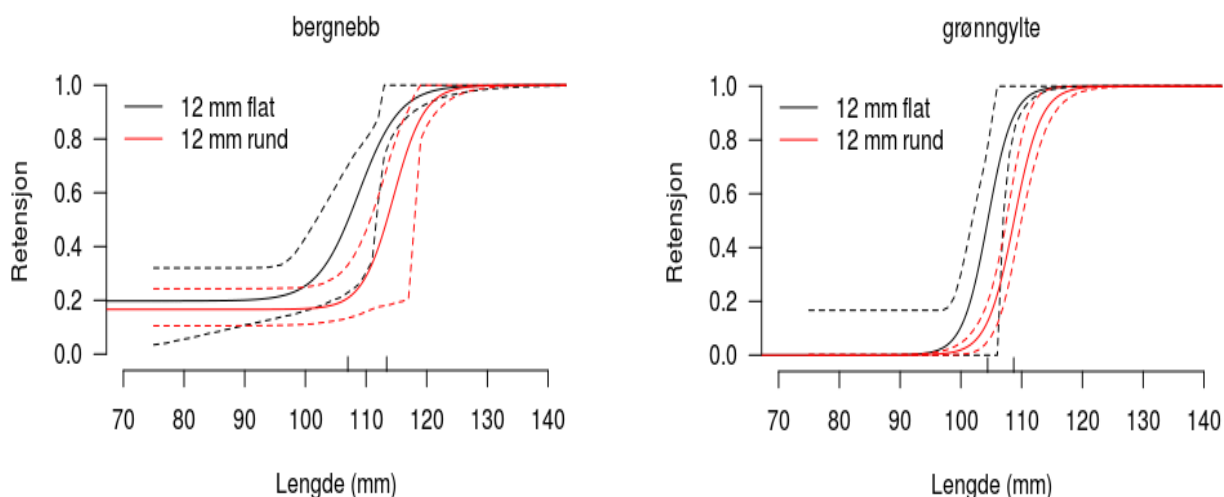
Middelseleksjonslengden var signifikant høyere for rist med 12 mm spaltebredde enn for rist med 11 mm spaltebredde (Figur 8). Dette gjelder for både bergnebb og grønngylte. For 11 mm spaltebredde er L50 for bergnebb estimert til 10,20 cm, og resultatene antyder at all bergnebb over minstemålet vil bli holdt tilbake med denne spaltebredden.

For grønnfylte var L50 for 11 mm spaltebredde 9,33 cm, og all grønnfylte over 10 cm vil bli holdt tilbake. Seleksjonsbredden var liten for begge artene (henholdsvis 0,01 og 0,25 for bergnebb og grønnfylte). For 12 mm spaltebredde var L50 11,22 cm for bergnebb og 10,63 cm for grønnfylte, mens SR var henholdsvis 0,72 og 0,43. Runde spiler ga høyere middelseleksjonslengde enn flate spiler, men forskjellen var bare signifikant i øvre del av seleksjonsintervallet (Figur 9).

Middelseleksjonslengden for bergnebb var 10,87 cm for flate spiler og 11,45 cm for runde spiler, med tilhørende SR på henholdsvis 0,75 og 0,56 cm. Kontaktsannsynligheten var ca 0,80 for begge spiletypene. For grønnfylte var L50 10,44 cm for flate spiler og 10,87 for runde, med SR på henholdsvis. 0,45 og 0,49 cm. Kontaktsannsynligheten var 1 for begge spiletypene.



Figur 8. 11 vs. 12 mm spaltebredde. Estimerte seleksjonskurver for bergnebb (venstre) og grønnfylte (høyre) i det kontrollerte forsøket med teiner i merd. Heltrukne linjer angir seleksjonskurven og de stiplede angir tilhørende 95% konfidensregion.



Figur 9. Flate vs. runde spiler i rist med 12 mm spaltebredde. Estimerte seleksjonskurver for bergnebb (venstre) og grønnfylte (høyre) i det kontrollerte forsøket med teiner i merd. Heltrukne linjer angir seleksjonskurven og de stiplede angir tilhørende 95% konfidensregion.

### Drop-tester

Estimatene for seleksjonsparametere basert på drop-testene er vist i Tabell 3. Sammenlignet med merdforsøkene er middelseleksjonslengden basert på droptestene høyere, men avviket er mindre enn 10 %.

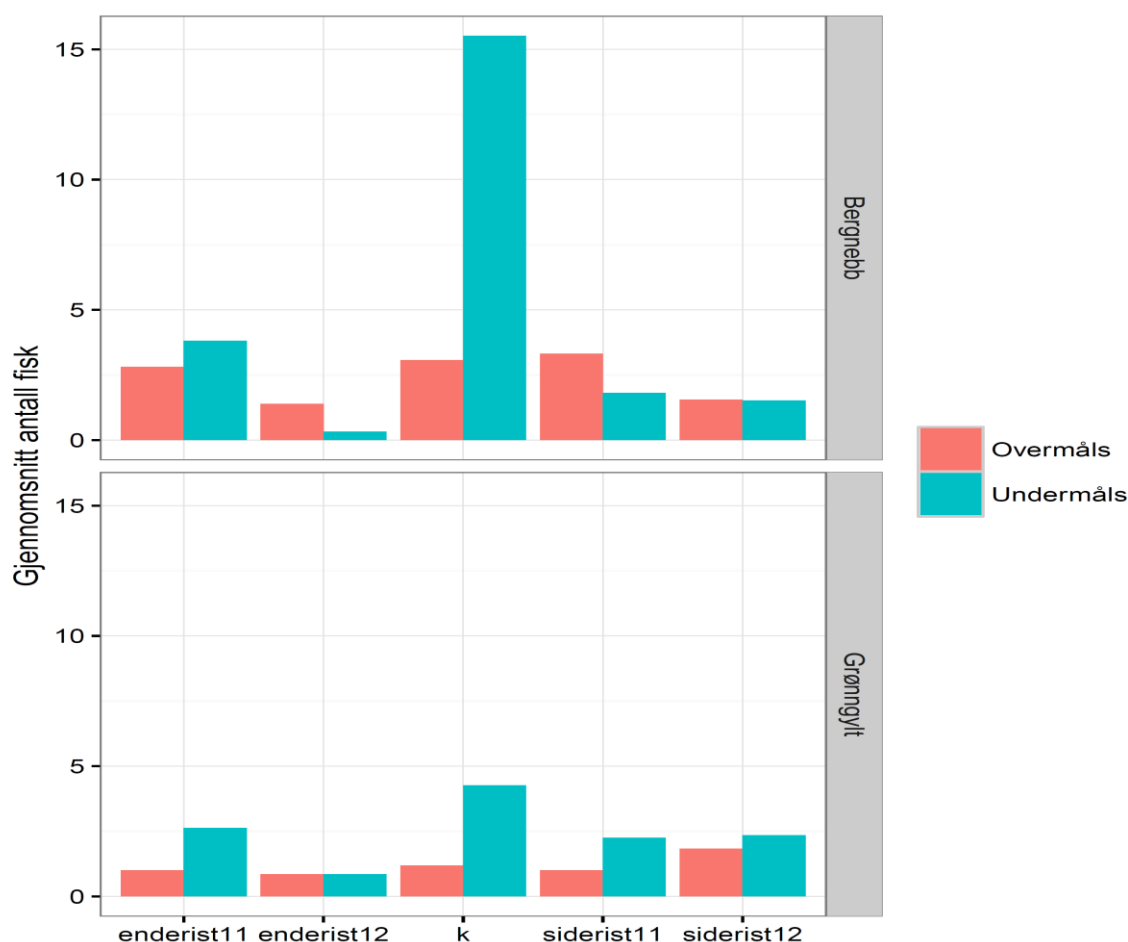
Tabell 3. Drop-test. Estimerte seleksjonsparametre basert på en logit-modell for bergnebb (BN) og grønnfylte (GG) for forskjellige spaltebredder og spiletyper (rund eller flat). L50 er middelseleksjonslengde, SR er seleksjonsbredde, p-verdi er sannsynligheten for at modellen forklarer mer enn en modell med en konstant, dev er devians og df er antall frihetsgrader.

Rist	Art	L50 (cm)	SR(cm)	p-value	Dev	df
10mm, flat	BN	9,51	0,46	1,00	23,46	59
	GN	8,85	0,33	1,00	8,92	50
11 mm, flat	BN	10,27	0,52	1,00	23,07	59
	GN	9,53	0,42	1,00	23,76	48
11 mm, rund	BN	10,48	0,54	0,99	29,74	51
	GN	9,40	0,10	1,00	0	27
12 mm, flat	BN	11,52	0,51	0,99	36,17	59
	GN	10,72	0,53	1,00	26,04	50
12 mm, rund	BN	12,06	0,66	1,00	18,46	53
	GN	11,30	0,66	0,88	34,19	45

### Feltforsøk teine

Resultatene fra feltforsøket viste at bruk av rist ga en betydelig reduksjon i fangst av undermåls fisk i forhold til kontrollteine (Figur 10,11a og 11b; tabell 4). For overmåls bergnebb var det høyere fangster i 11 mm rister og kontrollteine, mens fangsten av overmåls grønnfylte var lavere i enderist (12 mm) enn i siderist (12 mm). Ved bruk av 12 mm enderist ble L50 (for fisk i kontakt med rista) estimert til 11,4 cm (SR= 0,7) for bergnebb og 10,5 cm (SR= 0,1) for grønnfylte (Tabell 5, Figur 11a). Kontaktsannsynligheten ble estimert til henholdsvis 0,99 og 1.

Tilnærmet all bergnebb og grønnfylte under 10,5 cm ble sortert ut (Figur 11a). For 12 mm siderist var det en markant høyere andel undermåls fisk som ble holdt tilbake for både bergnebb og grønnfylte. Modelltilpasningen for siderist viste at det ikke var noen forbedring å bruke clogit modellen versus en konstant ( $p < 0.05$ ) for både bergnebb og grønnfylte (Tabell 5). For 11 mm rist var kontaktsannsynligheten høy og bare marginalt lavere for siderist enn for enderist (Tabell 5). For fisk i kontakt med rista ble L50 for bergnebb estimert til 10,4 cm for enderist og 10,9 for siderist, mens estimatene for grønnfylte var 9,8 cm for enderist og 10,0 cm for siderist (Tabell 5).

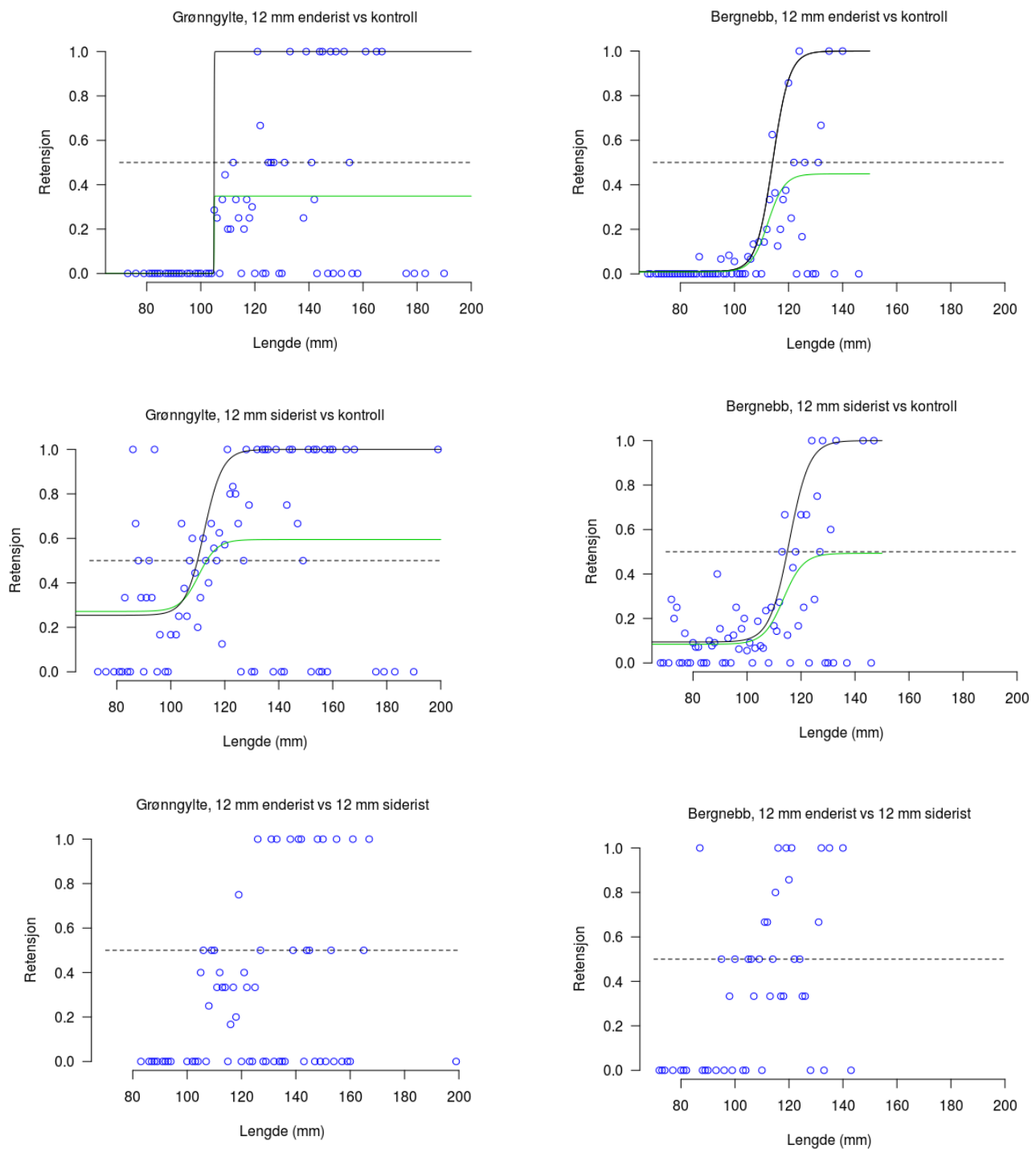


Figur 10. Gjennomsnittlig fangst av over- og undermåls bergnebb (øverst) og grønnfylte (nederst) i feltforsøk med teiner med ulike typer seleksjonsrister i komparativt feltforsøk med teiner

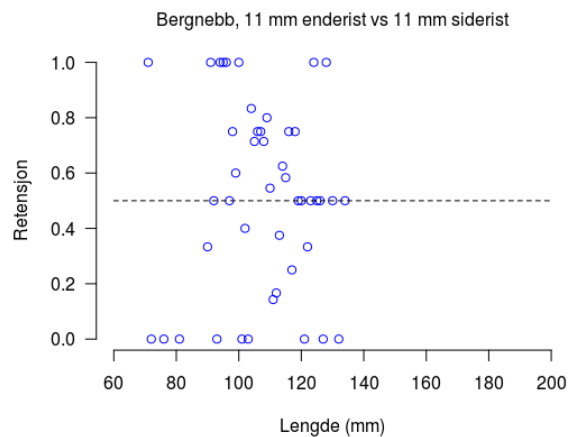
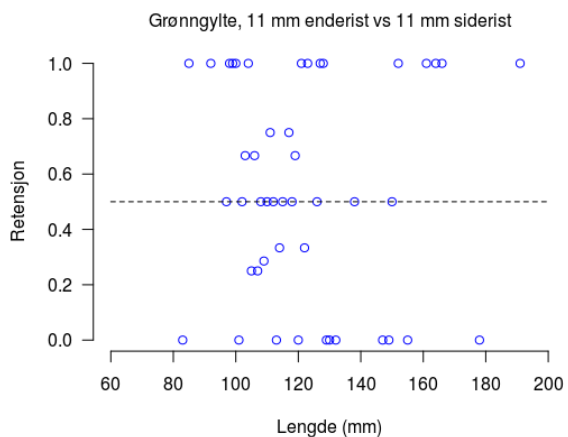
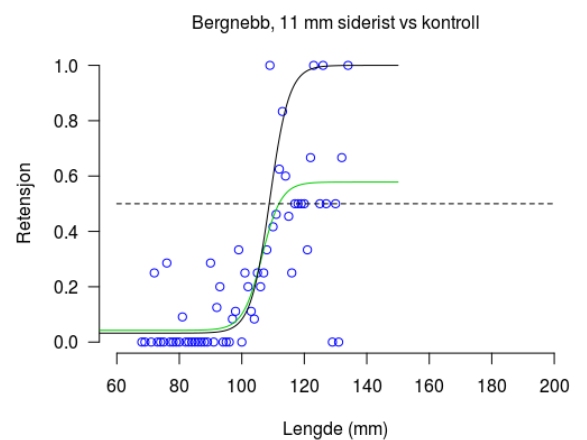
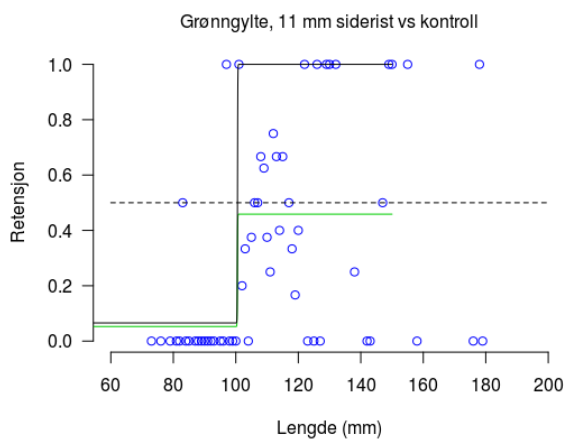
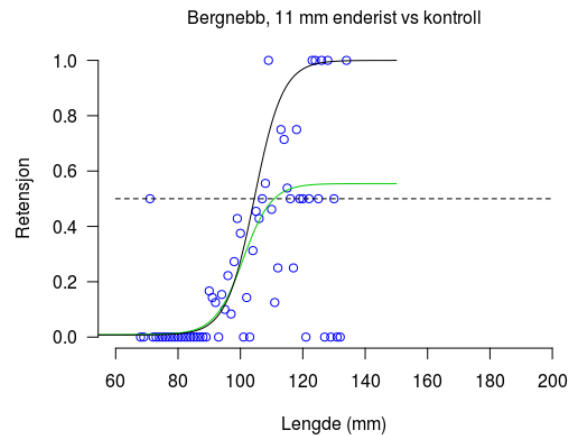
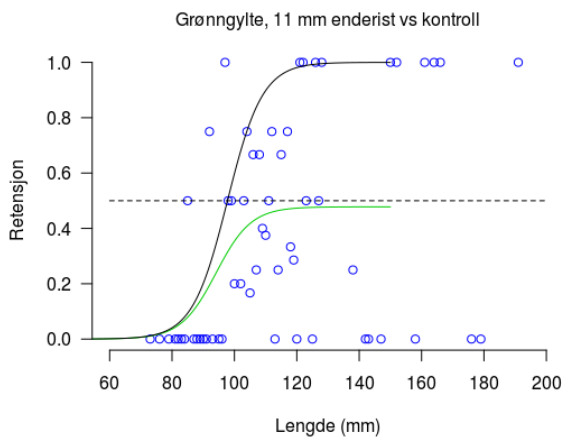
Tabell 4. Resultater av generaliserte mixed modeller av fangst av over og undermålsfisk i ulike rist typer i komparative feltforsøk med teiner. Referansefaktorer er siderist 12mm (standard) og kvintett. Sett var inkludert som *random effekt*. Signifikante p-verdier er gitt i fet skrifttype.

	Bergnebb				Grønnfylte			
	Overmåls		Undermåls		Overmåls		Undermåls	
	<i>Estimat</i>	<i>p-verdi</i>	<i>Estimat</i>	<i>p-verdi</i>	<i>Estimat</i>	<i>p-verdi</i>	<i>Estimat</i>	<i>p-verdi</i>
Intercept	0,26	0,304	0,37	0,203	0,50	<b>0,029</b>	0,78	<b>0,002</b>
rist (enderist12)	-0,03	0,907	-1,60	<b>&lt;0,001</b>	-0,77	<b>0,004</b>	-0,99	<b>0,001</b>
rist (enderist11)	0,73	<b>0,023</b>	0,79	<b>0,032</b>	-0,65	<b>0,047</b>	0,02	0,956
rist (siderist11)	0,87	<b>0,006</b>	0,08	0,840	-0,62	0,056	-0,15	0,636
rist (kontroll)	0,79	<b>0,003</b>	2,33	<b>&lt;0,001</b>	-0,46	0,065	0,55	<b>0,023</b>
Trio	0,06	0,807	-0,16	0,610	-0,06	0,841	-0,32	0,316





Figur 11a. 12 mm rist i komparative feltforsøk med teiner. Estimerte seleksjonskurver (sort kurve) for grønnfylte (venstre panel) og bergnebb (høyre panel). Sammenslåtte data for 20 parvise settinger. Modellert relativ retensjon er gitt ved grønn kurve og blå symboler er tilhørende observerte verdier for det enkelte lengdeintervall.



Figur 11b. 11 mm rist i komparative feltforsøk med teiner. Estimerte seleksjonskurver (sort kurve) for grønnfylte (venstre panel) og bergnebb (høyre panel). Sammenslåtte data for 9 parvise settinger. Modellert relativ retensjon er gitt ved grønn kurve og blå symboler er tilhørende observerte verdier for det enkelte lengdeintervall.

Tabell 5. Seleksjonsestimat i komparative feltforsøk med teiner. Estimerte seleksjonsparametre basert på en clogit-modell for bergnebb (BN) og grønnfylte (GG) for forskjellige parvise sammenligninger av ende- og siderist med 11 og 12 mm spaltebredde. K er kontrollteine uten rist. C er kontaktsannsynlighet, L50 er middelseleksjonslengde, SR er seleksjonsbredde, SP er splitt-faktor, p-verdi er sannsynligheten for at modellen forklarer mer enn en modell med en konstant, dev er devians og df er antall frihetsgrader. For 11 mm rist ble det gjort 9 parvise forsøk, for 12 mm 20.

Rist	Art	Forsøk	C	L50 (cm)	SR (cm)	SP	p-verdi	Dev	df
11 mm	Bergnebb	Ende vs. Kontroll	0,993	10,45	1,00	0,5546	0,1415	72,2	61
		Side vs. Kontroll	0,968	10,89	0,68	0,5783	0,5669	56,53	63
	Grønnfylte	Ende vs. Kontroll	1,000	9,78	1,24	0,4779	0,1220	67,39	55
		Side vs. Kontroll	0,934	10,05	0,010	0,4587	0,4507	55,63	55
12 mm	Bergnebb	Ende vs. Kontroll	0,989	11,43	0,675	0,4992	0,8305	52,27	63
		Side vs. Kontroll	0,906	11,57	0,81	0,4930	0,0201	90,46	65
	Grønnfylte	Ende vs. Kontroll	1,000	10,50	0,010	0,3485	0,8959	54,67	63
		Side vs. Kontroll	0,746	11,23	0,75	0,5948	0,0141	107,89	78

#### Videoobservasjoner

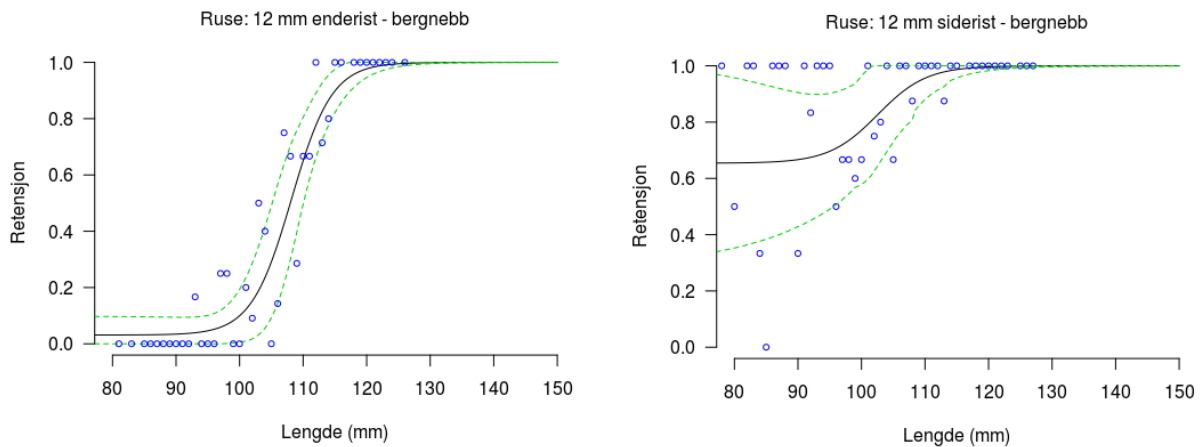
Rømningsadferd ble dokumentert med video både i felt og merdsituasjoner. Det ble observert rømming både mens teina stod stille, mens en del fisk av begge arter også demonstrerte fluktheadferd ved trekk av teine, hvor de søkte mot bunnen av teina og da tok seg igjennom enderisten (Figur 12).



Figur 12: Leppefisk i teine under forsøkssituasjonene. Venstre, skjermdump fra teine i felt (øverst) og merd (nederst). Høyre: Skjermdump av trekk og rømming fra enderist i felt (øverst) og merd (nederst) som viser at trekking utløser en fluktreaksjon hvor leppefisken søker nedover mot enderisten.

## Seleksjonsforsøk ruser

Seleksjonsforsøkene viste en markant forskjell i størrelsesseleksjon av bergnebb i ruser med side- vs. enderist. (Figur 13). For siderista var kun 35 % av fiskene i kontakt med rista, mens kontaktsannsynligheten ved bruk av enderist var nær 1 (0,97). For fisk i kontakt med rista var middelseleksjonslengde 10,82 cm for enderist og 10,26 cm for siderist. Tilhørende seleksjonsbredde var henholdsvis 0,70 og 0,85 cm.



Figur 13: Estimerede seleksjonskurver for bergnebb i kontrollerte ruseforsøk med enderist (venstre) og siderist (høyre), begge med 12 mm spaltebredde. Heltrukne linjer angir seleksjonskurven og de stiplede angir tilhørende 95% konfidensregion. Punktene (blå sirkler) angir observert andel som ble holdt tilbake i hver lengdeklasse.

## Diskusjon

De kontrollerte forsøkene med teine i merd viste at undermåls bergnebb i mindre grad enn undermåls grønnfylte rømmer gjennom spilene i seleksjonsristene. Siden dette er fisk av en størrelse som lett kan rømme gjennom spaltene i ristene, er det nærliggende å anta at fisken ikke er motivert for å rømme. Det er tidligere antatt at predatorer på utsiden av redskapen som eksempelvis store berggylter og torsk kunne demotivere småfisk fra å rømme. I dette forsøket var det imidlertid ingen potensielle predatorer i teinenes nærområde. Det er i tidligere forsøk observert at grønnfylte kan være dominerende og påvirke bergnebbens adferd i merd (FHF-prosjekt nr. 900978).

Konfidensintervallene til de estimerte seleksjonsparametrene basert på merdforsøkene med teine er generelt snevre. Dette står i sterk kontrast til tidligere komparative feltforsøk med leppefisk (Jørgensen et. al. 2015). I disse forsøkene sviktet trolig ofte antagelsen om at målpopulasjonen var lik for de to redskapene som inngikk i et par. Dette genererte mye støy og svært lav presisjon på estimatene. Ved bruk av tareimitasjon i forsøksmerden ble det forsøkt å generere tilnærmet naturlige forhold med vegetasjon der fisken kan gjemme seg. Det er derfor sannsynlig at resultatene kan generaliseres fra merd til felt. Ved innsetting av tidligere innsamlet fisk kan en også velge en størrelsessammensetning som bedre dekker hele seleksjonsintervallet og derfor bidrar til mer presise estimat.

Seleksjonsparametrene beregnet for en heldekkende enderist var kun marginalt lavere enn den betydelig mindre siderista med kun tre spalter. Dette indikerer at riststørrelsen i seg selv ikke var begrensende for seleksjonen, i hvert fall ved de tettheter som ble brukt i forsøket (ca 40 fisk per teine). Ved trekking ble teinene løftet sakte ved å hale i tauet festet i motsatt ende av der rista var montert, slik at rista vendte mot bunnen (tareimitasjonen).

Resultatene fra dette forsøket indikerer lik og relativ høy kontaktsannsynlighet i både side og enderist (bergnebb; 0,8 og grønnfylt 1), slik at ved trekk hadde mesteparten av fisken av størrelse som kunne passere risten allerede rømt.

Runde spiler ga høyere middelseleksjonslengde enn flate, men forskjellen var bare signifikant for den øvre del av seleksjonsintervallet. Ristene med runde spiler hadde større lysåpning enn de med flate, da en ved bruk av glassfiberspiler ikke trengte horisontale støttestag. Det er derfor mulig at ristflaten fremstår som mer åpen enn ristflaten med flate spiler. Spilene fremstår også trolig som glattere enn kantene i de flate ristene. Dette kan medvirke til at fisk nær den fysiske grensen for å passere i større grad prøver å presse seg gjennom spaltene mellom runde spiler. I drop-testene ble det aldri observert skjelltap ved bruk av ristene med runde spiler, mens dette tidvis forekom ved bruk av ristene med flate spiler. Runde eller avrundede flate spiler vil redusere eventuelle skjellskader på fisken.

Forsøket viser at drop-tester gir et bra estimat for forventet seleksjon til leppefisk som er i kontakt med en seleksjonsrist. Drop-testene overestimerte L50 med fra 0,2-0,8 cm, det vil si  $< 10\%$ . Dette er derfor en rask og enkel måte å skaffe til veie et grovt estimat av retensjonskurven for en gitt spaltebredde.

De komparative fiskeforsøkene med teine i felt ga generelt estimat for L50 og SR som samsvarte bra med de kontrollerte merdforsøkene. For 12 mm spaltebredde viste imidlertid feltforsøkene en markant bedre utsortering av undermåls fisk ved bruk av enderist sammenlignet med siderist. Dette reflekteres i høyere estimerte kontaktsannsynligheter for enderist enn for siderist. Dette resultatet fremgikk ikke av merdforsøkene. Det var imidlertid relativt brede konfidensbånd for kontaktsannsynligheten (nedre asymptotiske nivå for retensjonskurvene) og feltforsøket er basert på et betydelig større materiale enn merdforsøket. Feltforsøket kan også ha resultert i gunstigere betingelser (på grunn av teinevinkel og teinebevegelse) for rømming under trekking, i samsvar til antakelsen om at fisken ved trekking har en adferdsrespons der den søker mot bunnen. I merdforsøkene hadde fisken vært igjennom en omfattende håndtering (fangst, mellomagring, måling og fargemerkning), som igjen kan påvirke atferden og dermed forskjellen i resultater mellom disse felt- og merdforsøkene. Det mindre omfattende forsøket med 11 mm spaltebredde viste imidlertid ikke de samme klare forskjellene som for 12 mm spaltebredde. Årsaken til dette er ukjent, men bredere spalte kan muligens visuelt bedre motivere for fluktadferd.

Det er tidligere dokumentert et tap av lovlig bergnebb mellom 11 og 12 cm ved bruk av 12 mm spaltebredde. Forsøkene viser at bruk av 11 mm spaltebredde ville eliminere dette tapet, da alle bergnebb  $\geq 11$  cm vil bli holdt tilbake. Samtidig ville imidlertid all grønnfylte  $\geq 10$  cm også bli holdt tilbake. Fangsten av undermåls grønnfylte ville dermed forventes å øke betraktelig. Med dagens minstemål på 11 cm for bergnebb og 12 cm for grønnfylte, synes derfor 12 mm spaltebredde å være et bra kompromiss mellom tap av noe undermåls bergnebb og økt bifangst av undermåls grønnfylte.

I motsetning til teineforsøkene, gav heldekkende enderist i ruseforsøkene markant bedre utsortering enn siderist. Årsaken til den store forskjellen mellom redskapstypene er mest sannsynlig relatert til forskjellene i størrelse og utforming av fangstkammeret. Teiner har mindre volum og overflate i forhold til rusene, som antageligvis fører til økt kontaktsannsynlighet med siderister i teiner. Det er også mulig at fluktresponsen fungerer bedre i ruser, der fangstkammeret er lengre og større slik at leppefisken har mer tid og plass til å søke nedover mot enden av rusen ved trekking. I teinen vil mesteparten av fisken oppholde seg i fangstkammeret, i kort avstand fra risten, og vil derfor antageligvis har betydelig mindre tid og plass for en rettet fluktrespons, men istedenfor havne på tvers av spalteåpningene når det trekkes.

Den markant bedre seleksjonseffektiviteten til 12 mm enderist i ruser og resultatene fra feltforsøket med teiner forskjellene overbevisende resultatene for ruser er et solid grunnlag for påbud om heldekkende enderist i ruser som brukes i leppefisket. Ideelt sett skulle også grønngylte ha vært inkludert, men siden bergnebb er den arten som har det laveste minstemålet, er det naturlig at også denne legger føringer for reguleringene av plassering av 12 mm fluktåpninger, siden spalter av denne størrelsen ikke slipper ut grønngylte av fangbar størrelse.

### Konklusjon

Merdforsøk med teiner ga ikke holdepunkter for å hevde at riststørrelse og plassering i fangstkammeret er avgjørende for utsortering av undermåls fisk av bergnebb og grønngylte. Feltforsøk med rister med 12 mm spaltebredde viste imidlertid bedre utsortering av undermåls fisk ved bruk av enderist i forhold til siderist, mens det var små forskjeller for rister med 11 mm spaltebredde. Ved bruk av enderist i ruser var det derimot en meget markant forskjell mellom side- og enderist, med en svært lav kontaktsannsynlighet (0,35) ved bruk av siderist. Gitt den høye andelen undermåls fisk i det kommersielle fisket, anbefales det derfor å innføre et påbud om enderist i ruser. Et påbud bør også vurderes for teiner. Bruk av 11 mm spaltebredde vil holde tilbake all lovlig bergnebb, men samtidig holde tilbake all grønngylte over 10 cm.

Ved et blandet fiske etter bergnebb og grønngylte synes derfor 12 mm spaltebredde å være et optimalt valg. Rister med runde spalter gir marginalt høyere middelseleksjon enn flate. Glatte, runde spiler ga mindre skjelltap enn flate og kan ellers være mer skånsomme ved sortering enn flate spiler. Det ble ikke observert skader eller dødelighet på fiskene som hadde rømt gjennom ristene i forsøket etter at de hadde gått en uke i en oppsamlingsmerd.

## Del 2: Reduksjon av ålebifangst

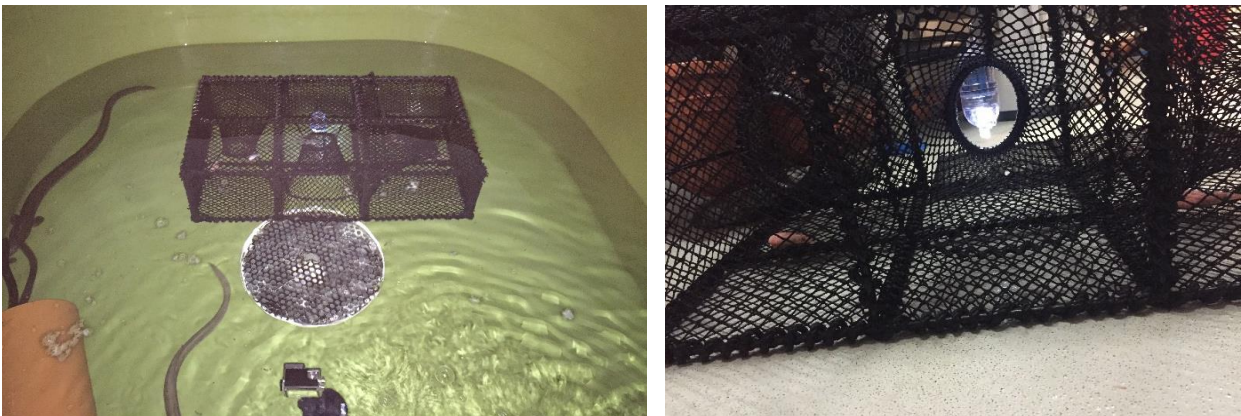
Mange fiskearter responderer på lys, og lys kan initiere både tiltrekking og frastøting (Marchesan et al. 2005), men det er generelt lite systematisk kunnskap om de forskjellige arters respons på lys av forskjellig bølgelengde og intensitet under varierende økologiske forhold. Ål er nattaktiv og det er derfor mulig at lys i fangstredskaper vil hindre ålen i å gå inn i redskaper eller redusere problemet med ål som bifangst. Fotofobi er observert for ål i ferskvann (Bertin 1956; Lowe 1952), og lys er brukt for å lede ål bort fra inntak til turbiner og lignende (Bruijs and Durif 2009; Sheridan et al. 2014). Utvikling av LED-teknologien som ikke krever store batteripakker, har åpnet mange nye anvendelsesområder for kunstig lys i både sports- og yrkesfiske, og en rekke LED-lys produkter er kommersielt tilgjengelige.

I denne delen av prosjektet undersøkte vi om bruk av lys i inngangspartiet på teiner og ruser kan brukes for å unngå fangst av ål. Det ble også utviklet og testet en fluktåpning for ål, bestående av en kort elastisk plaststrømpe montert på notlinet i oppsamlingskammer på teiner.

### Materiale og metode

#### Forsøk med lys

Forsøksoppsettet var det samme i alle forsøkene. Forsøkene ble gjennomført i to kar der hvert kar hadde en teine og et sted ålen kunne gjemme seg (Figur 14). Begge teinene hadde en lampe i inngangen, men bare i den ene var slått lyset på. Fem åler ble satt ut i hvert kar, og lyset i rommet der karene var ble slått av. Teinen ble egnet med reke. Størrelsesfordelingen av ålene i de to forsøkskarene var omtrent den samme i hvert forsøk. Forsøkene ble satt opp mellom kl. 15:00 og 16:00. Antallet ål i teinene ble registrert neste morgen kl. 08:00. To ulike lysfarger ble testet: hvitt og grønt. Logistisk regresjon ble brukt til å teste om andelen ål i teine var avhengig av behandling (lys på/av), farge på lys (grønn/hvit) og ålens vekt.

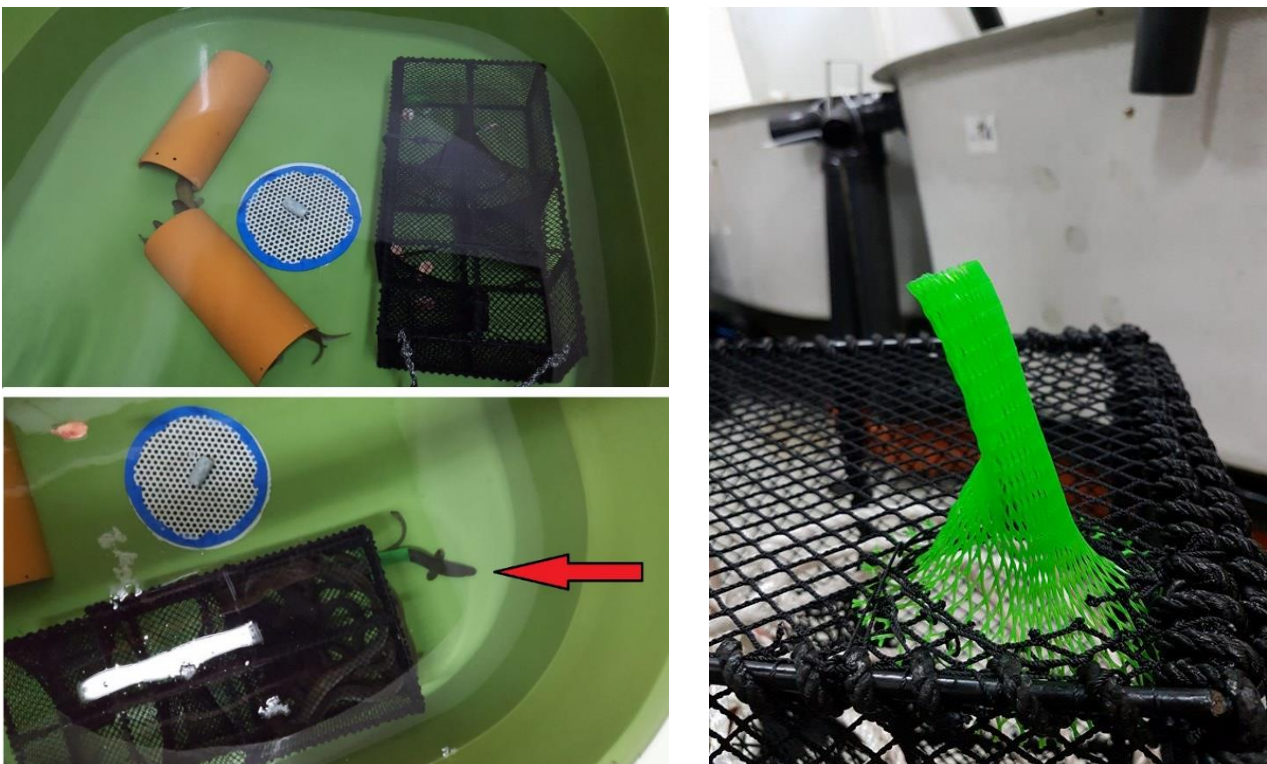


Figur 14. Effekt av lys på fangst av ål: Bildet viser forsøksoppsett med teine hvor led-lys er plassert i fangståpningen.

### Forsøk med ålestrømpe

Eksperimentene ble gjennomført med teiner. Det ble laget en åpning i et av hjørnene i teinen og en strømpe ble montert i denne åpningen (Figur 15). Åpningen var designet slik at den ikke skulle fungere som et skjul for leppefisk, men slik at det ble lettere for ålen til å rømme ut av teinen. 11-18 ål ble plassert i teinen (Tabell 7). Alle andre åpninger enn strømpen ble stengt slik at strømpen var eneste rømningsvei. Teinen ble så plassert i et kar fylt med sjøvann og stod der over natten. Agn (reker) ble brukt til å motivere ålen til å forlate teinen. Agn ble enten plassert på utsiden av teinen, eller inne i teinen for å etterligne en vanlig teinesetting. Teinen ble satt med åpningen opp eller åpningen til siden.

Det ble også gjort separate forsøk for å se om leppefisk ville gå ut av teinen via strømpen. Mellom 7 og 11 bergnebb og berggyllt ble plassert i teinen (5 replikater). Agnet ble plassert i karet på utsiden av teinen. Teinen med leppefisk stod over natten på samme måte som når ål var plassert i dem, og de ble sjekket neste dag for hvor mange som eventuelt hadde rømt.



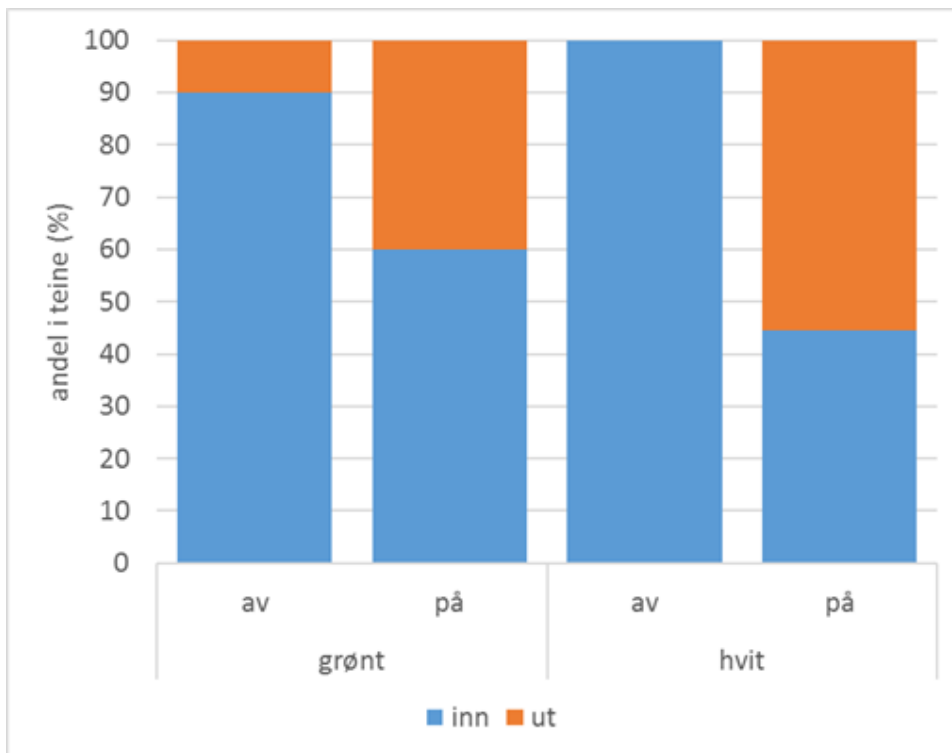
Figur 15. Forsøk med strømpe som fluktåpning for ål: Venstre: Forsøkstank for strømpeforsøk. Rød pil viser ål som går ut av teinen gjennom strømpen. Høyre: Strømpe som ble brukt som fluktåpning for ål montert i teine. Strømpen er klippet til av elastisk plastnetting og er ca 10 cm lang.

### Resultater

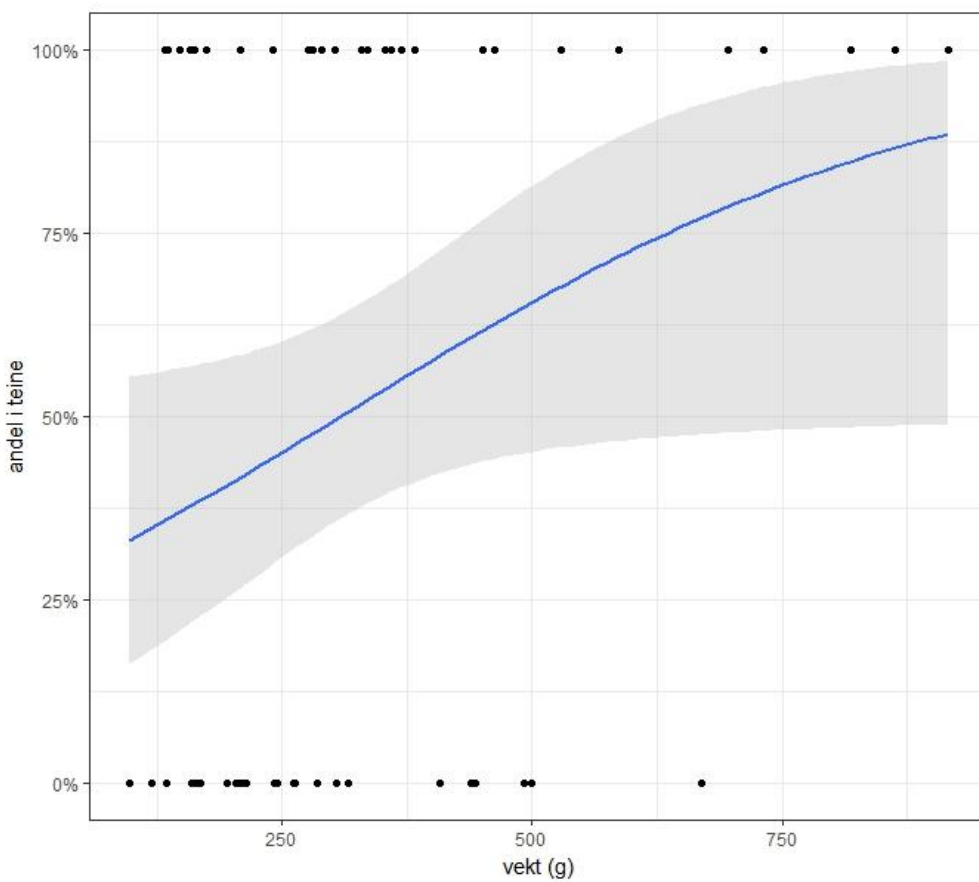
#### Forsøk med lys

Det var en klar effekt av at lys hindret en større andel ål fra å gå inn i teiner ( $p < 0.0001$ ; figur 16). Både grønt og hvitt lys holdt ca 50 % av ålen utenfor teinen, men det var ingen signifikant forskjell mellom fargene ( $p = 0.26$ ; Figur 16). Sannsynligheten for å gå inn i teine øker med ålens vekt ( $p = 0.049$ ; Figur 17). En oversikt over forsøkene er gitt i tabell 6.





Figur 16. Effekt av lys på fangst av ål: Andel ål i og utenfor teine etter forsøk.



Figur 17. Effekt av lys på fangst av ål: Sannsynligheten for å gå inn i teine øker med størrelsen på ål.

Tabell 6. Effekt av lys på fangst av ål: Oppsummering av forsøksgruppene og resultater

Eksperiment	Behandling	Antall ål i teine/total	Gjennomsnitt størrelse ål i teine	Gjennomsnitt størrelse ål utenfor teine	% ål i teine
Hvitt lys	Av	5/5	582	-	
		5/5	519	-	
		5/5	729	-	
		6/6	667	-	
		5/5	623	-	
	På	3/5	672	520	60
		2/5	520	502	40
		5/6	744	765	83
		1/6	640	621	17
		1/5	600	574	20
Grønt lys	Av	3/5	632	550	
		5/5	635	-	
		5/5	674	-	
		5/5	614	-	
	På	5/5	610	-	
		5/5	592	-	
		1/5	715	595	
		2/5	583	615	
		2/5	650	575	

#### Forsøk med ålestrømpe

Ingen av leppefiskene rømte i de 5 forsøkene som ble gjennomført. For ål gikk en høy andel ut (58 – 100 %), og åpning på siden var mer effektivt enn åpning oppe på teina (Tabell 7).

Tabell 7. Forsøk med strømpe som fluktåpning for ål: Antall ål i rømt og igjen i teinene i ulike forsøk og plassering av strømpe og agn (reker)

Agn	Åpning	Rømt	Igjen i teinen	% av ål rømt
Utsiden	side	14	1	93%
Innsiden	side	12	0	100%
Utsiden	side	13	1	93%
Innsiden	side	16	2	89%
Utsiden	side	14	0	100%
Innsiden	side	14	0	100%
Utsiden	opp	9	2	82%
Utsiden	opp	13	2	87%
Utsiden	opp	7	4	64%
Utsiden	opp	7	5	58%
Utsiden	opp	13	2	87%

## Diskusjon

I disse forsøkene viste lys å gi en lavere andel ål i teinene – vi fant ingen forskjell mellom hvitt og grønt lys. Vi testet ikke hvilken effekt lys hadde på leppefisk, men siden leppefisk hovedsakelig er dagaktiv, er det rimelig å anta at kunstig lys ikke vil ha negativ påvirkning på fangstraten. Strømpen viste seg å være en svært effektiv rømningsvei for ål, uten at leppefisken rømmer. Det oppfordres til å bruke slike strømper i områder der bifangst av ål er høy. Det er enkelt å produsere og sette inn strømpen i de vanlige leppefiskeinene. Tilsvarende rømningsveier bør utvikles og testes i ruser, hvor ålebifangsten er høyere. En referansefisker i Hvaler har i flere år brukt en tilsvarende rømningsvei i ruser, og rapporterer svært god effekt på reduksjon i bifangst av ål. Om anbefalingen om påbud med enderist i ruser tas til følge, vil det være enkelt å montere strømpen i denne.

## Takk

Forsøkene er utført med støtte fra Fiskeri- og havbruksnæringens forskningsfond (FHF) og Fiskeridirektoratet, Utviklingsseksjonen.

## Referanser

- Bertin, L. 1956. *Eels: A Biological Study*. Cleaver-Hume Press Ltd., London.
- Brujjs, M.C.M. and Durif, C.M.F. 2009. Silver eel migration and behaviour. In: Van Den Thillart, G. Dufour, S. and Rankin, J.C. eds. *Spawning migration of the European eel: Reproduction index, a useful tool for conservation management*. Fish & Fisheries Series 30, Springer, pp. 65-95.
- Halvorsen, K.T., Larsen, T., Sjørdalen, T.K., Vøllestad, L.A., Knutsen, H. and Olsen, E.M. (2017) Impact of harvesting cleaner fish for salmonid aquaculture assessed from replicated coastal marine protected areas. *Marine Biology Research* 13, 359–369.
- Halvorsen, K.T., Sjørdalen, T.K., Vøllestad, L.A., Skiftesvik, A.B., Espeland, S.H. and Olsen, E.M. (2016) Sex- and size-selective harvesting of corkwing wrasse (*Symphodus melops*)—a cleaner fish used in salmonid aquaculture. *ICES Journal of Marine Science* 107, 660–669.
- Herrmann, B., Sistiaga, M., Nielsen, K. N. og Larsen, R. B. 2012. Understanding the size selectivity of redfish (*Sebastes* spp.) in North Atlantic trawl codends. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 44: 1-13.
- Jørgensen, T. og Løkkeborg, S. 2012. Fangst av leppefisk: mye undermåls fisk, men lite bifangst av andre arter. Rapport. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Jørgensen, T. og Palm, A. C. U. 2014. Forsøk med seleksjonsinnretninger i leppefiskredskap. Rapport. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Jørgensen, T., Bjelland, R. og Skiftesvik, A. B. 2016. Seleksjon i leppefiskredskap med 12 mm fluktåpning og inngangssperre. Rapport fra forsøk utført i 2015. Rapport. Havforskningsinstituttet, Bergen.
- Lowe, R. H. 1952. The Influence of Light and Other Factors on the Seaward Migration of the Silver Eel (*Anguilla anguilla* L.). *Journal of Animal Ecology* 21(2), pp. 275-309. DOI: 10.2307/1963.
- Marchesan, M., Spoto, M., Verginella, L., and Ferrero, E. A. 2005. Behavioural effects of artificial light on fish species of commercial interest. *Fisheries Research* 73(1-2), pp 171-185.
- Sheridan, S., Turnpenny, A., Horsfield, R., Solomon, D., Bamford, D., Bayliss, B., Coates, S., Dolben, I., Frear, P., Hazard, E., Tavner, I., Trudgill, N., Wright, R., and Aprahamian, M. 2014. Screening at intakes and outfalls: measures to protect eel (*Anguilla anguilla*). In Turnpenny, A.W.H. and Horsfield, R.A. eds. *International Fish Screening Techniques*. WIT Press, Southampton, UK , pp. 17-30.

