

## Overlevelse, spredning og vandring i sjøen for simulert rømt lakseparr og smolt fra et landbasert settefiskanlegg

Ingebrigt Uglem  
Finn Økland  
Audun H. Rikardsen



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

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

### **NINA Temahefte**

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

### **NINA Fakta**

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

### **Annen publisering**

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

Norsk institutt for naturforskning

# **Overlevelse, spredning og vandring i sjøen for simulert rømt lakseparr og smolt fra et landbasert settefiskanlegg**

Ingebrigt Uglem  
Finn Økland  
Audun H. Rikardsen

Uglem, I., Økland, F. & Rikardsen, A. H. 2011. Overlevelse, spredning og vandring i sjøen for simulert rømt lakseparr og smolt fra et landbasert settefiskanlegg - NINA Rapport 705. 22 pp.

Trondheim, april 2011

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2292-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning  
Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

[Åpen]

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Ingebrigt Uglem

KVALITETSSIKRET AV

Bengt Finstad

ANSVARLIG SIGNATUR

Assisting research director Elisabeth Forsgren (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Fiskeri og havbruksnæringens Forskningsfond og SalMar AS

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Kjell Maroni og Karl Christian Aag (SalMar)

FORSIDEBILDE

NØKKEWORD

Norge, Sør Trøndelag, Trondheimsfjorden  
Atlantisk laks, *Salmo salar*, oppdrettsfisk  
Rømning, overlevelse, forflytninger  
Telemetry, akustiske sendere

KEY WORDS

Norway, Sør Trøndelag, Trondheimsfjorden  
Atlantic salmon, *Salmo salar*, farmed fish  
Escape, survival, movements  
Telemetry, acoustic transmitters

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

Postboks 5685 Sluppen  
7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 22 60 04 24

**NINA Tromsø**

Framsenteret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00  
Telefaks: 77 75 04 01

**NINA Lillehammer**

Fakkalgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 61 22 22 15

## Sammendrag

Uglem, I., Økland, F. & Rikardsen, A. H. 2011. Spredning og vandring i sjøen for simulert rømt lakseparr og smolt fra et landbasert settefiskanlegg. – NINA Rapport 705. 22 pp.

Hensikten med prosjektet var å undersøke overlevelse og spredning for parr og smolt av oppdrettslaks (*Salmo salar* L.) fra et landbasert settefiskanlegg (SalMar Settefisk AS, avd. Folla-foss) etter simulert rømning om høsten. Dette ble gjort ved å merke parr og smolt med akustiske merker for å kartlegge umiddelbar romlig og temporær spredning etter rømning, samt for å undersøke om, og eventuelt når, simulert rømt fisk vandrer opp i lokale elver. Resultatene tyder på at om lag en tredjedel av utsatt parr døde kort tid etter utsetting, mens dødelighet hos smolt trolig var betydelig lavere (8,5 %). Overlevende parr oppholdt seg i området utenfor settefiskanlegget i 2-3 dager, mens en høy andel av smolten forlot området allerede etter en dag. Parren forlot området ved settefiskanlegget hovedsakelig i østlig retning og langs land, mens over halvparten av smolten vandret utover i fjorden. Bevegelsesmønsteret til parr og smolt var ikke vesentlig forskjellig etter at de forlot området ved settefiskanlegget, med unntak av at flere smolt enn parr ble detektert i munningen i en av de fem elvene i området (Tangstadelva). Antallet merket fisk registrert i fjorden utenfor området ved settefiskanlegget gikk ned over tid. De to første ukene ble om lag halvparten av fisken registrert andre steder i fjorden enn i området ved settefiskanlegget, mens det i uke 5 kun ble registrert 4 fisk på disse lokalitetene. Til tross for manglende loggerdekning ble 35 % og 49 % av henholdsvis ikke-stasjonære parr og smolt detektert for siste gang i Skarnsundet som munner ut i Trondheimsfjorden, noe som kan tyde på at en relativt høy andel av den merkede fisken vandret ut av Beitstadfjorden i løpet av de første 3-4 ukene etter utsetting. Det var ingen forskjell i forflytningshastighet mellom parr og smolt som forlot området ved settefiskanlegget. Hastighet og bevegelsesmønster generelt kan indikere at smolten i dette studiet vandret langsommere og oppholdt seg lengre tid i fjorden enn det som er vanlig i tilsvarende studier for rømt vårs smolt av oppdrettslaks. Med unntak av to smolt i Tangstadelva, ble hverken parr eller smolt observert i munningsområdene eller oppe i Moldelva, Steinkjernelva eller Figgja. Det ble heller ikke registrert fisk oppe i elva ved settefiskanlegget (Folla-foss). Høsten 2010 var uvanlig kald med tidlig islegging i elvene. Ytterligere studier under mer normale forhold, samt også på våren/forsommeren, vil bidra til en sikrere evaluering av om rømt parr eller smolt vandrer opp i lokale elver. Resultatene tyder på at gjenfangst etter rømning bør skje så raskt som mulig og at redskap for gjenfangst bør plasseres spredt utenfor settefiskanlegget, både et stykke ute i sjøen og nært land.

Ingebrigt Uglem & Finn Økland, Norsk institutt for Naturforskning. Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Audun H. Rikardsen, BFE, Universitetet i Tromsø, 9037 Tromsø / Norsk institutt for Naturforskning, 9296 Tromsø

## Abstract

Uglem, I., Økland, F. & Rikardsen, A. H. 2011. Dispersal and movements in the sea of simulated escaped salmon parr and smolts from a land based hatchery during autumn. – NINA Report 705. 22 pp.

The aim of the current study was to examine survival and dispersal of parr and smolt of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) from a land based hatchery (SalMar settefisk Ltd.) following simulated escape incidents during autumn. This was done by tagging parr and smolt of similar size with acoustic transmitters in order to map immediate post-escape spatiotemporal dispersal in the fjord and surrounding rivers. The results indicate that approximately one third of the parr died almost immediately after release, while the survival of smolt was significantly higher (91.5%). Surviving parr typically left the hatchery area after 2 to 3 days, while many of the smolts left this location already after 1 day. The parr departed from the hatchery area along the shores, mainly in an easterly direction, while more than half of the smolt left in an outwards direction. The movement pattern of parr and smolt that left the hatchery area did not differ notably, apart from that a higher proportion of smolts compared to parr was recorded at the outlet of one of five monitored rivers in the fjord (Tangstadelva). The total numbers of parr and smolt that left the hatchery area and were later recorded other places in the fjord decreased during the study period. Within the two first weeks after release, around half of the surviving fish were recorded away from the hatchery area. During the fifth week, only four fish were recorded at these sites. Despite limited receiver coverage, 35 and 49 % of the surviving parr and smolts, respectively, were recorded for the last time in the outlet of the fjord (Skarnsundet) that opens into Trondheimsfjorden. This might indicate that a considerable proportion of the fish left the fjord system during the first three to four weeks. The movement speed did not differ between parr and smolt that left the hatchery area. The movement speed and the general dispersal pattern of the fish during autumn may indicate that escaped hatchery smolt reside for longer periods than what is common for hatchery reared smolt in other fjords during the natural smolt migration period. Apart from two smolts recorded in river Tangstadelva, no parr or smolt were recorded in any of the four other rivers being monitored in the fjord system, including the one close to the hatchery and the release location (< 60 m.). The autumn 2010 was exceptionally cold with the local rivers being ice covered much earlier than usual. Further studies under more normal conditions, as well as studies during the natural smolt run in spring/early summer, would strengthen our abilities to conclude with respect to the degree of local river entry of escaped parr and smolt from a land based hatchery. The results show that potential recapture efforts following escape should be initiated as soon as possible and dispersed both along and away from the shoreline.

Ingebrigt Uglem & Finn Økland, Norwegian Institute for Nature Research. Post. Box 5685 Sluppen, N-7485 Trondheim (e-mail: ingebrigt.uglem@nina.no)  
Audun H. Rikardsen, University of Tromsø, N-9037 Tromsø / Norwegian Institute for Nature Research, N-9296 Tromsø

---

# Innhold

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammendrag</b> .....                                       | <b>3</b>  |
| <b>Abstract</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>Innhold</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>Forord</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>1 Innledning</b> .....                                     | <b>7</b>  |
| <b>2 Metoder</b> .....  | <b>8</b>  |
| 2.1 Studieområde .....  | 8         |
| 2.2 Fisk .....  | 8         |
| 2.3 Merking og utsetting .....                                | 9         |
| 2.4 Overvåkning av svømmemønster etter simulert rømning ..... | 11        |
| 2.5 Analyser.....   | 12        |
| <b>3 Resultater</b> .....                                     | <b>13</b> |
| <b>4 Diskusjon</b> .....                                      | <b>18</b> |
| <b>5 Referanser</b> .....                                     | <b>21</b> |

## Forord

Dette studiet ble finansiert av SalMar, Fiskeri og havbruksnæringens forskningsfond og gjennom EU-prosjektet "PreventEscape". Prosjektet ble gjennomført som et samarbeid mellom Norsk institutt for naturforskning (NINA), SalMar og Universitetet i Tromsø. Vi vil gjerne takke Jon Eilertsen, Dag H. Karlsen, Anton Rikstad, Meelis Tambets, Mart Thalfeldt for uvurderlig hjelp i løpet av studiet.

Trondheim, april 2011

Ingebrigt Uglem  
Prosjektleder



# 1 Innledning

I 2008 ble over 230 millioner laksesmolt produsert i landbaserte settefiskanlegg Norge. De fleste av disse ble produsert for bruk i oppdrettsnæringen. Inntil 5 % (8 av 150) av de innrapporterte rømningene i perioden 2006 til 2009 var rømninger fra landbaserte settefiskanlegg (Jensen, Ø., Sintef. pers. medd.). Til sammen rømte minst 90 000 smolt fra landbaserte settefiskanlegg i denne perioden. Årsaken til rømningene var hovedsakelig teknisk svikt (f.eks. problemer med sil og ødelagte kar). Det er spekulert i at rømt smolt kan spre sykdommer og parasitter (f.eks. *Gyrodactilus salaris*) mellom settefiskanlegg og elver, samt forårsake negative genetiske interaksjoner ved senere gyting, på samme måte som oppdrettslaks rømt fra sjøbasert oppdrett (Hansen 2006; Hindar et al. 2006).

I Norge er det av flere årsaker de siste 30-40 årene gjennomført et stort antall forsøk med merking og utsetting av laksesmolt. Resultatene fra disse forsøkene er også relevante for å evaluere vandringsmønster og overlevelse hos fisk rømt fra settefiskanlegg. Blant annet er utsetting av klekkeriprodusert smolt et mye brukt tiltak for å styrke og reetablere svekkede eller utryddede laksebestander. Slike utsetninger har gitt varierende resultater. I noen elver har utsetninger vist seg å være et godt tiltak (Jensen et al. 2009), mens tilbakevandringsraten i andre elver er minimal (Saltveit 2006). Utsetting av laksesmolt har også bidratt til reetablering av laksebestander som har vært utryddet av sur nedbør (Hestehagen et al. 2011). Videre ble utsetting av laksesmolt i havbeitesammenheng undersøkt i Program for Utvikling og Stimulering av Havbeite (PUSH 1990-1997) (Skilbrei et al. 1998). Konklusjonen fra PUSH var at overlevelsen (0-10 %) av utsatt smolt varierte avhengig av en rekke faktorer (utsettingsår, lokalitet, smoltalder, kjønnsmodningsstatus, avstamning, produksjonsforhold og utsetningsmetode), samt at gjenfangsraten total sett var for lav til å utvikle et økonomisk lønnsomt havebeite med laks. PUSH viste også at introduksjon av liten stedegen yngel i øvre ikke-lakseførende deler kan bidra til å øke fangsten og produksjonen i et vassdrag. I forbindelse med studier rettet mot å evaluere effekten av lakselus på utvandrende smolt er det også utført en rekke forsøk der akustisk sporing (telemetri) er brukt for å studere detaljert vandringsmønster hos laksesmolt i sjøen utover et fjordsystem (f.eks. Thorstad et al. 2007; Davidsen et al. 2008; Plantalech Manel-La et al. 2009). Det er nylig vist at postsmolt som rømte fra et sjøbaserte oppdrettsanlegg i løpet av og like etter den naturlig smoltutvandringsperioden vandret raskt og målrettet ut av fjorden der oppdrettsanlegget var lokalisert (Skilbrei 2010).

I samtlige av de ovennevnte studiene er laksesmolt satt ut på tidspunkt der overlevelse og gjenfangstrate er antatt å være høyest, med andre ord i eller nært perioden da smolten er selektert til naturlig å vandres ut (april-juni, dvs. vårs smolt) (Rikardsen et al. 2004). Kunnskapen om overlevelse og vandringsmønster hos oppdrettet smolt satt ut utenfor den naturlige smoltutvandringsperioden er imidlertid mangelfull og med til dels motstridende konklusjoner. Det er for eksempel vist at overlevelse hos smolt og postsmolt satt ut på høst og vinter er minimal (Hansen og Jonsson 1989), mens utsetninger på sensommeren har resultert i relativt god tilbakevandringsrate (Rosseland 1979). Nye resultater viser også at postsmolt som rømmer fra sjøbaserte oppdrettsanlegg i perioden august til oktober (gjennomsnittlig vekt 0,5 til 1,3 kg, smolt satt i sjøen i begynnelsen av mai) ikke viser naturlig vandringsatferd for smolt i og med at en høy andel av postsmolten ikke vandret ut av fjorden der oppdrettsanlegget var lokalisert (Skilbrei 2010). Overlevelse og atferd hos lakseparr som er nært smoltifiseringsfasen (periode hvor laksen blir fysiologisk tilpasset å kunne leve i saltvann), samt detaljert bevegelsesmønster hos parr og nylig smoltifisert fisk satt ut på høsten, er så langt vi vet ikke undersøkt. Siden rømning fra landbaserte settefiskanlegg også finner sted utenfor det naturlige smoltvinduet, er det dermed behov for kunnskap om overlevelse og vandring hos parr/smolt som rømmer om høsten (dvs. høstsmolt). Økt kunnskap om detaljert bevegelsesmønster etter rømning fra landbaserte settefiskanlegg vil kunne brukes til å forutsi eventuelle negative effekter forårsaket av rømt smolt. Slik kunnskap vil også kunne være viktig for å redusere omfanget av rømningene gjennom gjenfangst av rømt fisk, samt for hvordan et gjenfangstfiske bør organiseres.

Hensikten med dette prosjektet var å undersøke overlevelse og spredning for parr og smolt fra et landbasert settefiskanlegg (SalMar Settefisk AS, avd. Follafooss) etter simulert rømning om høsten. Dette ble gjort gjennom å merke parr og smolt med akustiske merker for å kartlegge om, og eventuelt når, disse vandret opp i elvene i området rundt settefiskanlegget. I tillegg ble umiddelbar romlig og temporær spredning etter rømning undersøkt for å vurdere muligheter for gjenfangst.

## 2 Metoder

Overlevelse og spredning av parr og smolt av oppdrettslaks ble gjennomført ved å simulere en rømning fra et landbasert settefiskanlegg (Follasmolt AS) og merke disse med akustiske sendere. Smoltifiseringsstatus ble manipulert med lysstyring. Den merkede fiskens bevegelser ble overvåket ved hjelp av akustiske lyttebøyer plassert utenfor settefiskanlegget, utenfor elveutløpene og oppe i fem elver i Beitstadfjorden, samt flere andre steder i fjorden. All merking, håndtering og utsetting av fisk ble utført etter godkjenning fra Forsøksdyrsutvalget og Direktoratet for naturforvaltning.

### 2.1 Studieområde

Undersøkelsen ble gjennomført ved SalMar settefisk AS sitt anlegg i Beitstadfjorden, som er den innerste fjordarmen av Trondheimsfjorden i kommunene Steinkjer, Inderøy, Verran og Mosvik (**Figur 1**). Fjorden er 28 km lang fra sørvest til nordøst, og inntil 6-8 km bred. Flere lokale elver med kjente bestander av anadrom laksefisk munner ut i Beitstadfjorden. De største av disse (se nedenfor) er velegnet for å undersøke om rømt parr/smolt tiltrekkes eller vandrer opp i elvene. Siden Beitstadfjorden munner ut i Trondheimsfjorden via Skarnsundet er det mulig å bestemme om, og eventuelt når, smolten vandrer ut av fjorden.

### 2.2 Fisk

Det ble brukt fisk fra Aquagen-stammen. Parr og smolt kom fra to forskjellige kar (karvolum smolt: 340m<sup>3</sup>, parr: 30 m<sup>3</sup>). Uttak av fisk for senere merking med akustiske merker ble foretatt 267 og 201 dager etter startfôring for henholdsvis smolt og parr. Begge gruppene hadde gått på 24 timer lys fra startfôring, fram til smolten fikk 12 timer lys: 12 timer mørke fra 10. august til 20. september 2010 (6 uker vinterstimuli). Fra 20. august fram til utsetting ble smolten satt på 24 timer lys. Parren ble satt på 12 timer lys: 12 timer mørke fra 1. september og fram til utsetting. Med unntak av karstørrelse og lyssyklus ble smolt og parr behandlet likt før de ble tatt ut for merking med akustiske merker.

Den 27. september 2010 ble totalt 240 fisk (120 parr og 120 smolt) tatt ut av produksjonskarene og fordelt på mindre kar (Diameter: 2 m., volum 2,5 m<sup>3</sup>). Smolt og parr ble fordelt på forskjellige kar med vanntemperatur på 12-13 °C fram til utsetting/simulert rømning. Parren stod i 24 timer mørke mens smolten stod med lys hele døgnet. Fisken ble ikke føret etter flytting siden implantering av merker er enklest for fisk uten mageinnhold.

Den 30. september ble til sammen 50 parr og 49 smolt merket med akustiske sendere (**Tabell 1**). Utsetting (simulert rømning) foregikk i perioden 19-23.oktober. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase aktivitet ble målt av Havbruksinstituttet i for- og etterkant av utsetting i henhold til metoder skissert i McCormick (1993). Grenseverdien for smoltifisering ble satt til 10 µmol ADP ·mg protein<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>. Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase verdier fra 18. oktober viser at smolten hadde utviklet tilstrekkelig sjøvannstoleranse ved utsettingstidspunktene, mens tilsvarende resultater for umerket parr fra 27.oktober viser at disse ikke var smoltifisert ved utsetting.

Tabell 1. Størrelse ved merking og ATPase verdier (Smolt: 18.oktober, Parr: 27.oktober) for parr og smolt. ATPase er analysert for 20 umerket fisk (10 parr og 10 smolt)

|                | Lengde (mm) |             | Vekt (g)    |             | K-faktor    |             | Smoltindeks |             | ATPase      |             |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD | Snitt ± STD |
| Parr - ATPase  | 173,0       | 6,2         | 58,0        | 7,1         | 1,12        | 0,04        | 3,3         | 0,0         | 3,5         | 1,2         |
| Smolt - ATPase | 175,0       | 8,4         | 56,0        | 7,0         | 1,04        | 0,03        | 4,0         | 0,0         | 9,0         | 2,5         |
| Parr - merket  | 187,5       | 11,7        | 71,0        | 14,2        |             |             |             |             |             |             |
| Smolt - merket | 188,6       | 7,4         | 65,9        | 8,0         |             |             |             |             |             |             |

## 2.3 Merking og utsetting

Før merking (30. september 2010) ble fisken bedøvd med 0,7 ml 2-phenoxy-ethanol per liter vann. Gjennomsnittlig tid i bedøvelsen var 01:53±00:11 min. Alt kirurgisk utstyr og senderne ble desinfisert i 70 % alkohol før operasjonen. Senderen (Thelma Biotel, 7,3 x 18 mm, signalintervall 30/90, kodesett R04K, estimert levetid 120 dager, vekt i luft/vann 1,9/1,2 g) ble lagt inn i bukhulen på fisken gjennom et 10-12 mm langt snitt foran bukfinnene. Snittet ble lukket med to separate sting med silkesutur. Operasjonen varte i gjennomsnitt 01:38±00:16 min. Under inngrepet ble vann med 0,2 ml 2-phenoxy-ethanol per liter kontinuerlig sirkulert over fiskens gjeller. Etter merking ble fisken satt i et kar med rent vann hvor oppvåkningstiden normalt var mindre enn 3 minutter. Ingen dødelighet ble observert under eller umiddelbart etter implantering av sendere.

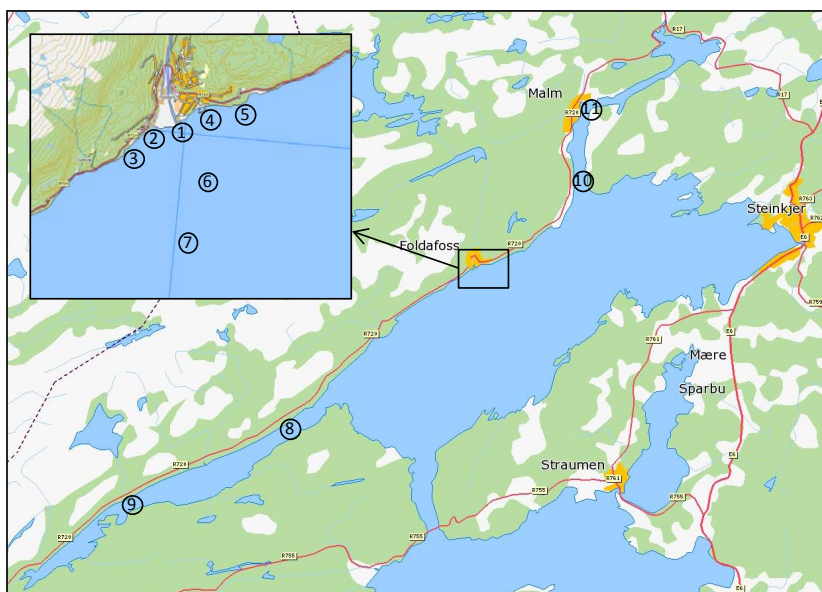
Etter merking ble fisken fordelt på åtte kar (fire kar med smolt og fire med parr). Fram til utsetting stod parren i mørke, mens smolten stod med lys hele døgnet. Fôringen ble gjenopptatt etter merking og pågikk fram til utsetting. Ingen dødelighet ble rapportert etter merking, bortsett fra en smolt som hoppet ut av karet. I tillegg ble ett merke utstøtt (også en smolt). Dette betyr at det totalt ble satt ut 47 merkede smolt og 50 merkede parr. Det ble rapportert at den merkede fisken oppførte seg som normalt i karene.

For å unngå kodekollisjoner mellom merket fisk, ble disse satt ut i sjøen i fire grupper (tilnærmet likt antall smolt og parr for hver utsetting) på kveldstid i perioden 20-23. oktober (fisk fra to kar hver kveld). Fisken ble satt ut i nærheten av elveutløpet (<60m). Siden avløpet fra settefiskanlegget munner ut i sjøen vil utsetting av merket fisk i saltvann representere en realistisk rømningssituasjon. Salinitet og temperatur ble målt ned til 5 meter på 11 lokaliteter i Beitstadfjorden siste utsettingsdag (**Figur1 /tabell 2**).

Tabell 2. Salinitet og temperatur ned til 5 meter på 11 lokaliteter i Beitstadfjorden siste utsettingsdag (23.10.10).

| Salinitet<br>Dyp (m) | Lokalitet |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                      | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
| 0,0                  | 19,1      | 23,4 | 20,9 | 23,6 | 26,7 | 24,6 | 23,6 | 28,0 | 28,7 | 23,3 | 22,4 |
| 0,5                  | 23,6      | 24,0 | 24,1 | 27,0 | 26,8 | 25,1 | 25,3 | 28,2 | 28,7 | 24,0 | 24,6 |
| 1,0                  | 26,8      | 24,5 | 24,9 | 27,0 | 27,1 | 26,0 | 27,0 | 28,2 | 28,7 | 24,7 | 24,6 |
| 1,5                  | 27,9      | 28,1 | 28,3 | 27,4 | 27,3 | 26,4 | 27,5 | 28,3 | 28,7 | 24,8 | 25,5 |
| 2,0                  | 28,1      | 27,9 | 28,0 | 28,0 | 28,2 | 27,2 | 28,5 | 28,3 | 28,8 | 25,0 | 25,4 |
| 3,0                  | 28,3      | 28,0 | 28,2 | 28,1 | 28,1 | 27,4 | 29,2 | 28,4 | 28,8 | 25,4 | 25,6 |
| 4,0                  | 28,3      | 28,2 | 28,3 | 28,1 | 28,1 | 28,4 | 29,1 | 28,6 | 29,1 | 26,3 | 26,4 |
| 5,0                  | 28,3      | 28,5 | 28,3 | 28,2 | 28,2 | 28,8 | 29,2 | 28,6 | 29,4 | 27,4 | 26,5 |

| Temperatur<br>Dyp (m) | Lokalitet |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----------------------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|                       | 1         | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| 0,0                   | 5,0       | 5,3 | 5,1 | 5,7 | 7,2 | 6,1 | 6,0 | 8,0 | 8,8 | 5,5 | 5,4 |
| 0,5                   | 5,2       | 5,8 | 5,6 | 7,3 | 7,4 | 6,2 | 6,3 | 8,0 | 8,7 | 5,5 | 6,0 |
| 1,0                   | 7,6       | 6,5 | 6,3 | 7,6 | 7,7 | 6,6 | 7,1 | 8,0 | 8,8 | 5,7 | 6,2 |
| 1,5                   | 8,3       | 7,9 | 7,9 | 7,8 | 7,7 | 7,0 | 7,4 | 8,1 | 8,7 | 6,0 | 6,8 |
| 2,0                   | 8,5       | 8,3 | 8,3 | 8,3 | 8,4 | 7,7 | 8,5 | 8,1 | 8,8 | 6,1 | 6,7 |
| 3,0                   | 8,6       | 8,5 | 8,5 | 8,4 | 8,4 | 7,9 | 9,1 | 8,2 | 8,9 | 6,2 | 6,9 |
| 4,0                   | 8,6       | 8,6 | 8,7 | 8,4 | 8,4 | 8,3 | 9,0 | 8,5 | 9,2 | 6,9 | 7,2 |
| 5,0                   | 8,6       | 8,7 | 8,7 | 8,4 | 8,5 | 8,9 | 9,0 | 8,6 | 9,3 | 7,7 | 7,5 |



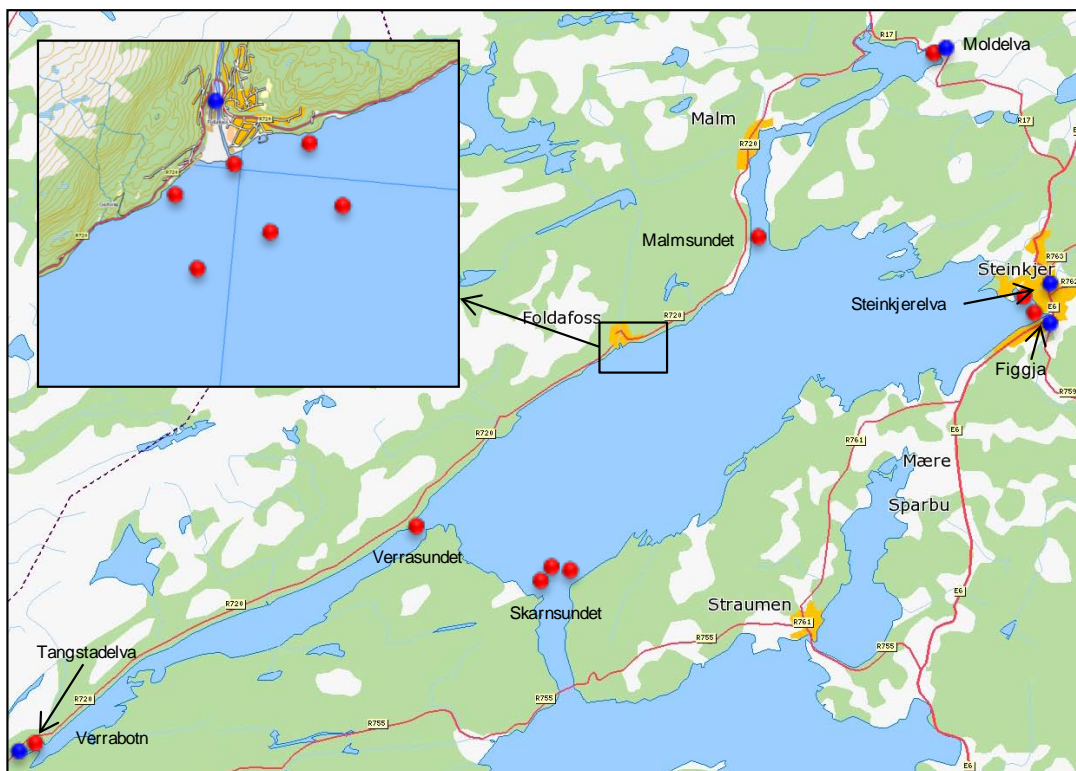
Figur 1. Posisjoner for salinitet- og temperaturmålinger

## 2.4 Overvåking av svømmemønster etter simulert rømning

Atferd og spredning av merket fisk ble registrert ved hjelp av automatiske lyttebøyer (Vemco VR2) som beskrevet i for eksempel Uglem et al. (2008). Denne typen lyttebøyer registrerer klokkeslett og individuell kode når en akustisk sender er innenfor bøynes rekkevidde. Rekkevidden varierer med vær og andre fysiske forhold og er vanligvis noen få hundre meter. I dette studiet ble rekkevidden testet og varierte vanligvis mellom 200 og 400 meter i radius.

I perioden 23-25 september 2010 ble det satt ut til sammen 22 lyttebøyer. Seks av disse dekket området rundt munningen på elva i Follafoss; en i munningen og fem lokalisert med ca. 400 m avstand (**Figur 2**). Disse bøylene registrerte fisken ved utsetting, oppholdstid i utsettingsområdet, samt hvilken retning fisken tok dersom den forlot dette området. Videre ble det satt ut lyttebøyer både i elvemunningen og oppe i Steinkjernelva, Figgja, Moldelva og Tangstadelva, samt en bøye oppe i Folla (**Figur 2**). Disse bøylene registrerte om, og eventuelt når merket fisk kom til munningsområdet, om de vandret opp i de ulike elvene, samt hvor lenge de stod i elva. Lyttebøya i utløpet av Folla ble satt slik at sannsynligheten for å registrere fisk som oppholdt seg i elva var lav. Det ble videre lagt ut fem bøyer i W-formasjon i inngangen til Skarnsundet, samt en bøye ved i henholdsvis inngangen til Verrabotn og ved inngangen mot Malm (Vadaneset). Selve lyttebøylene ble montert 1,5 til 3 m under en blåse som fløt på overflaten og ble ankeret fast med tau på dyp fra 20 - 150 m. Fire av lyttebøylene som ble satt ut i sjøen ble dessverre mistet i løpet av den første måneden (to i Skarnsundet og to i området utenfor settefiskanlegget). En av disse (sørvest for settefiskanlegget) ble erstattet av en ny bøye om lag 5 dager etter at den gikk tapt og en ble hentet opp av dykker (øst for settefiskanlegget ved land). Tapet av lyttebøylene medførte imidlertid ikke til vesentlig tap av data.

Merking og utsetting ble utsatt om lag tre uker fordi smoltifiseringen gikk senere enn antatt. Dette medførte også at observasjonsperioden i sjøen ble noe forkortet. Høsten 2010 var den kaldeste på lang tid, noe som førte til unormalt tidlig islegging i elvene og elvemunningene. De fleste lyttebøylene ble derfor tatt opp i slutten av november for ikke å risikere å miste utstyr og data. Lyttebøylene i Folla og Moldelva ble tatt opp den andre uken i desember 2010, mens bøylene i Verrabotn og Steinkjernelva ble tatt opp den tredje uken i januar 2011. Loggeren i Tangstadelva ble tatt opp i midten februar 2011. Loggeren i Figgja ble ikke funnet igjen etter isløsningen og er trolig tapt. Mangel på data fra Figgja påvirker ikke resultatene siden det ikke ble registrert fisk på loggeren i utløpet av denne elva (se resultater).



Figur 2. Oversikt over plassering av aktive lyttebøyer i Beitstadfjorden. De to tapte lyttebøylene i Skårnsundet er ikke vist i figuren. Blå og røde symboler indikerer lyttebøyer satt i henholdsvis salt og ferskvann. Se tekst for mer detaljert beskrivelse av lyttebøyeplassering

## 2.5 Analyser

I tilfeller der det er mye akustisk støy i sjøen eller mange fisk registreres på en mottaker i samme periode (høy grad av signaloverlapp) kan falske ID-koder genereres. Disse kan tilsvare signaler fra merket fisk. Det er imidlertid svært sjelden at flere falske signaler detekteres etter hverandre, og støy/falske signaler ble i dette studiet filtrert ut ved å fjerne enkeltstående signaler med kortere intervall enn 60 minutter. Dette betyr at dersom en ID-kode er registrert to eller flere ganger i løpet av en time betraktes dette som en sann deteksjon av en merket fisk.

Merkene som ble brukt registrerer ikke dybde eller andre parametere som kan hjelpe til med å bestemme om en merket fisk er i live eller død. Denne typen sensormerker er for store til å kunne implanteres i fisk av den størrelsen som ble undersøkt i dette studiet. På bakgrunn av det man vet om atferd hos lakseparr/smolt er det imidlertid trolig at fisk som er stasjonære i nærheten av en eller flere lyttebøyer over uvanlig lange perioder er døde. Det er derfor svært sannsynlig at fisk som var stasjonære i området ved settefiskanlegget i de fem ukene alle loggerne var i sjøen var døde.

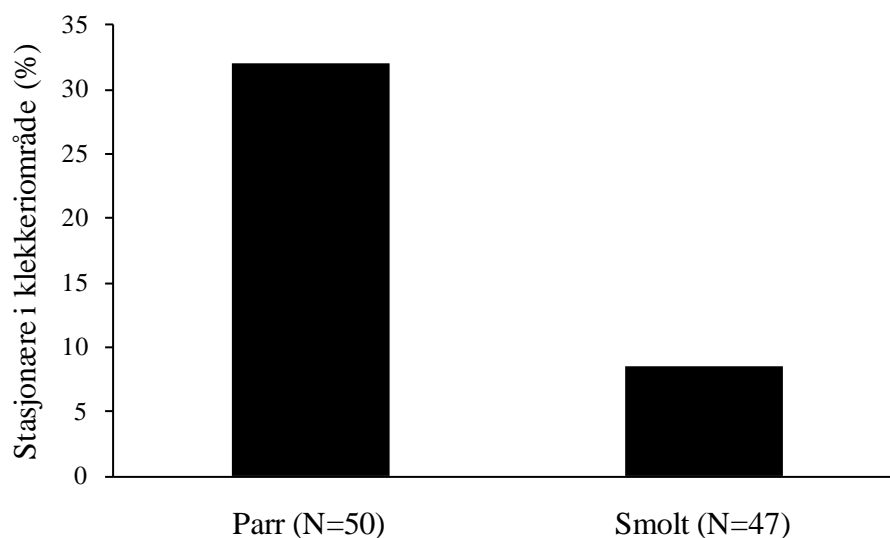
All merket fisk ble satt ut mindre enn 60 meter fra munningen av Folla. Fisk registrert på loggeren plassert i munningen av Folla ble definert som at de oppholdt seg på "utsettingsstedet". Fisk som ble registrert av de andre loggerne utenfor Folla ble definert som at de oppholdt seg i "området ved settefiskanlegget". En betydelig andel av fisken ble registrert over flere dager på utsettingsstedet, men ikke nødvendigvis flere dager på rad. Definisjonen på om en fisk "forlot" utsettingsstedet var at fisken ikke ble registrert på loggeren i munningen av Folla i løpet av minst 24 timer. Den samme definisjonen gjelder også for fisk som forlot området ved settefiskanlegget.

Rekkevidden for loggere av den typen som ble brukt i dette studiet varierer på grunn av en rekke faktorer, inkludert bølgehøyde, temperatur- og salinitetsskikt og akustisk støy. Loggerne registrerer også kun tilstedeværelse og ikke detaljert bevegelsesmønster mellom ulike loggere, noe som medfører at det ikke er mulig å beregne eksakt svømmehastighet for fisk som forflytter seg mellom loggere. Vi har derfor beregnet *forflyttingshastighet* som antall km per dag i luftlinje mellom loggere (ekskludert 400 m loggerrekkevidde). Forflyttingshastighet ble beregnet kun for fisk som ikke var stasjonære i området ved settefiskanlegget. Avstander i luftlinje fra området ved settefiskanlegget til Skarnsundet, Verrasundet eller Malmsundet var henholdsvis 8,5 km, 11 km og 7,5 km.

Statistiske analyser ble utført i SPSS (v. 18.0.2). Når annet ikke er angitt er kji-kvadrat tester brukt til å analysere nominale data, mens Mann-Whitney U-tester er brukt for kontinuerlige data. På grunn av enkelte svært avvikende verdier er median brukt for å angi de mest typiske verdiene istedenfor gjennomsnitt. En sammenheng ble ansett for å være signifikant dersom  $P < 0,05$ .

### 3 Resultater

Nesten en tredjedel av parran ble registrert kontinuerlig i området utenfor settefiskanlegget de fem første ukene etter utsetting, mens 8,5 % av smolten var stasjonære i dette området i samme periode (**Figur 3**). Fisk definert som stasjonære var trolig døde og andelen av disse var signifikant høyere for parr enn for smolt ( $\chi^2 = 8,17$ ,  $P = 0,004$ )

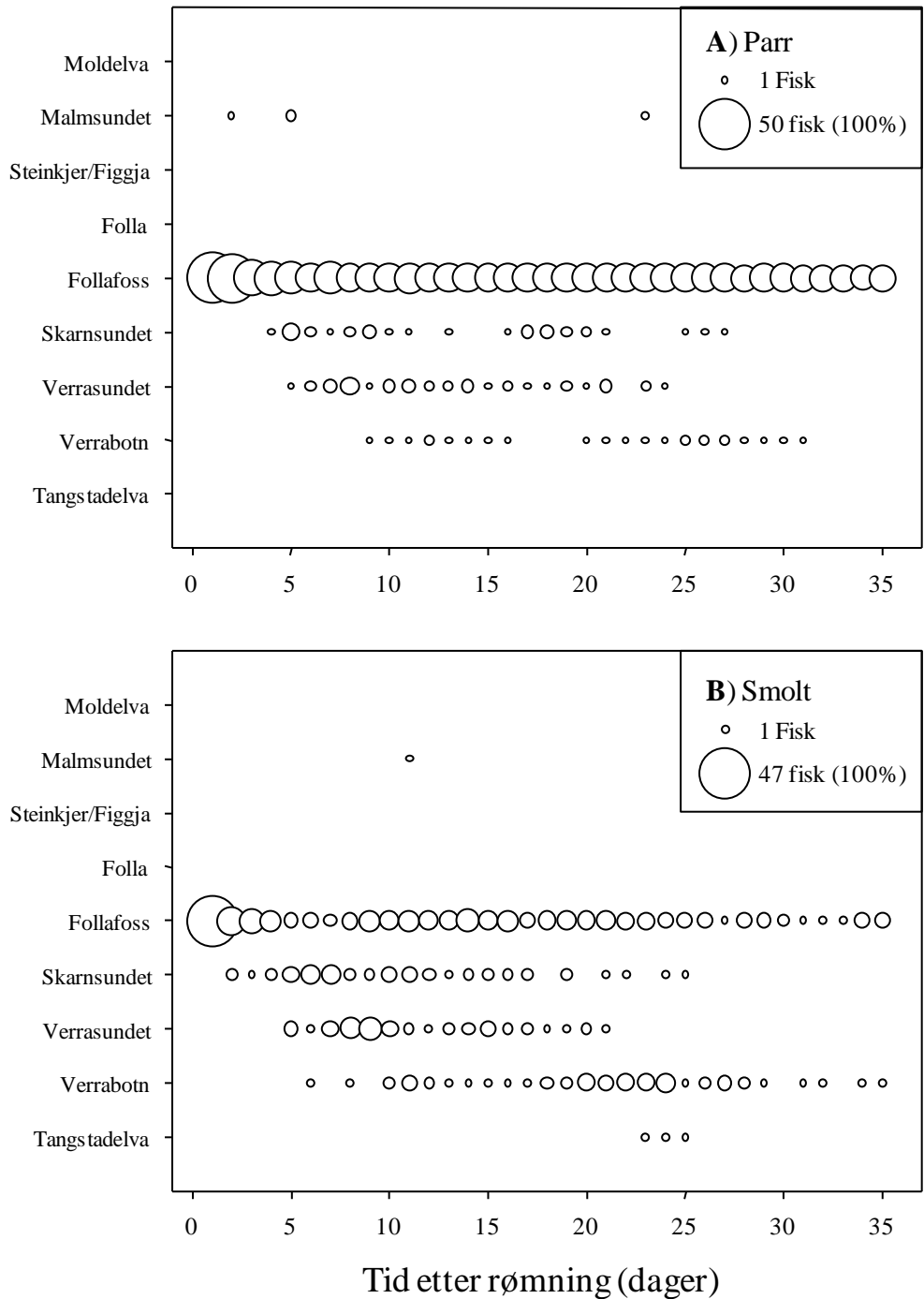


*Figur 3. Andel parr og smolt definert som stasjonære og antatt døde i området utenfor settefiskanlegget*

Parren forlot både utsettingsstedet og området ved settefiskanlegget noe senere enn smolten, men både parr og smolt returnerte til området utenfor settefiskanlegget, også etter å ha blitt observert andre steder i fjordsystemet (**Figur 4**). Av 34 ikke-stasjonære parr kom 11 tilbake til utsettingsstedet og 16 tilbake til området ved settefiskanlegget for kortere og lengre perioder. Tilsvarende for smolt var henholdsvis 4 og 12 fisk. Åtte av 24 parr (33 %) og 9 av 34 smolt (26 %) returnerte til området ved settefiskanlegget etter enten å ha blitt observert i Skarnsundet, Verrasundet eller Malmsundet.

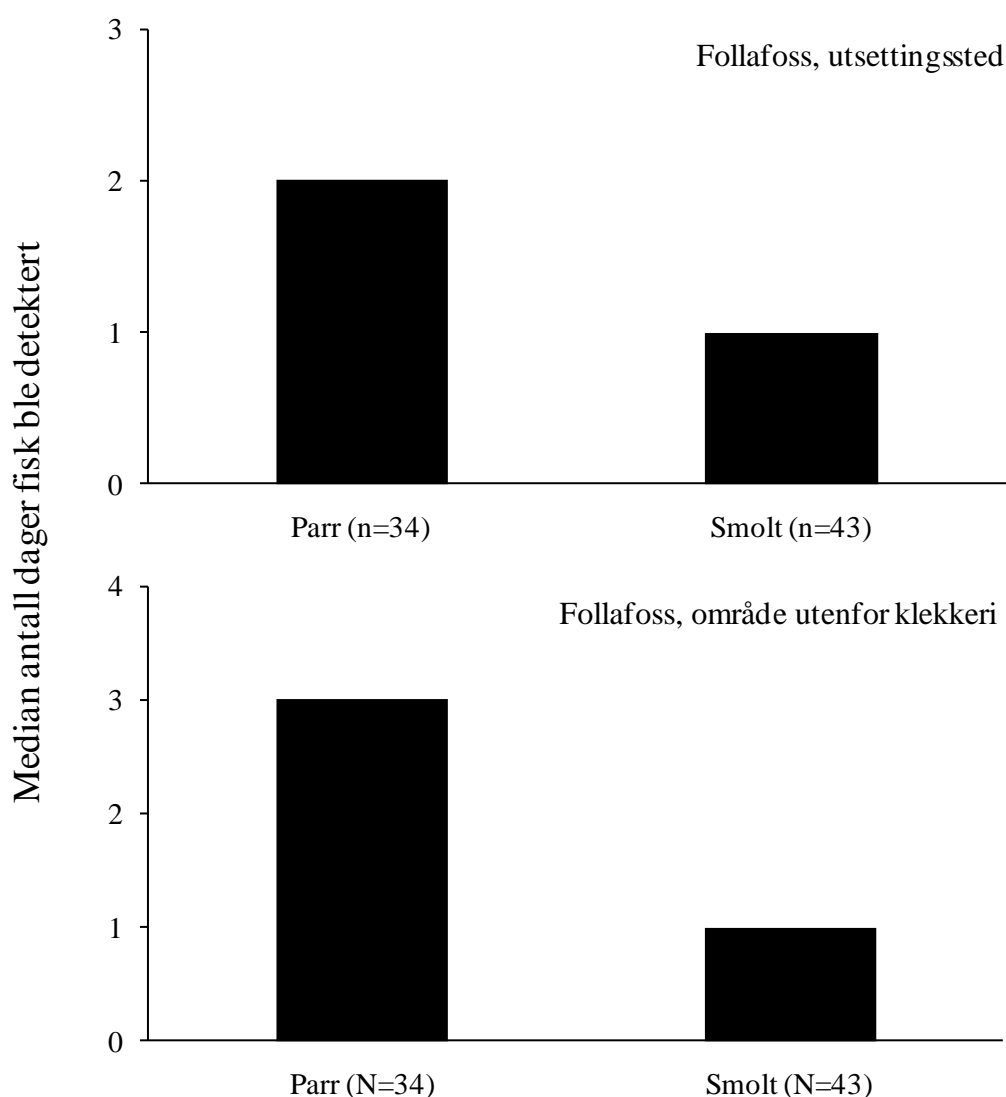
Median antall dager ikke-stasjonære parr og smolt ble detektert i *utsettingsområdet* (inkludert perioder da smolten hadde returnert) var henholdsvis 2 og 1 dager (**Figur 5**). Median antall

dager ikke-stasjonære parr og smolt ble detektert i området ved settefiskanlegget var henholdsvis 3 og 1 dager for ikke-stasjonære fisk (**Figur 5**). Parren oppholdt seg i signifikant lengre perioder både i utsettingsområdet ( $Z = -4,4, P < 0,001$ ) og i området ved settefiskanlegget ( $Z = -4,1, P < 0,001$ ) sammenlignet med smolten.



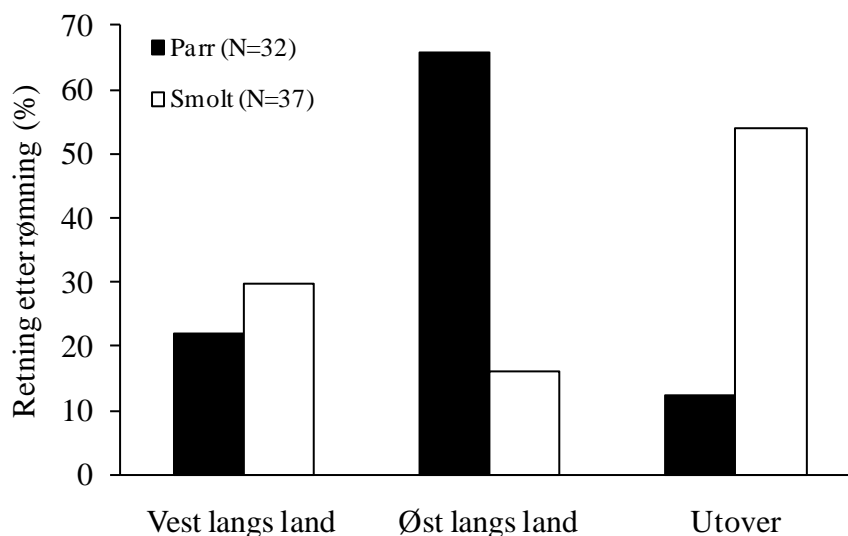
Figur 4. Spredning av parr (A) og smolt (B) fra settefiskanlegget i Follafoss. Størrelse på sirkelne viser andel av totalt antall merket som er observert pr dag over fem uker etter utsetting. Kategoriene "Moldelva" og "Steinkjer/Figgja" representerer logger både i elvemunning og oppe i elva. Kategorien "Skarnsundet" representerer samtlige tre loggere plassert på denne lokaliteten.





Figur 5. Median antall dager ikke-stasjonære parr og smolt ble detektert på utsettingsstedet og i området ved settefiskanlegget utenfor Follafoss.

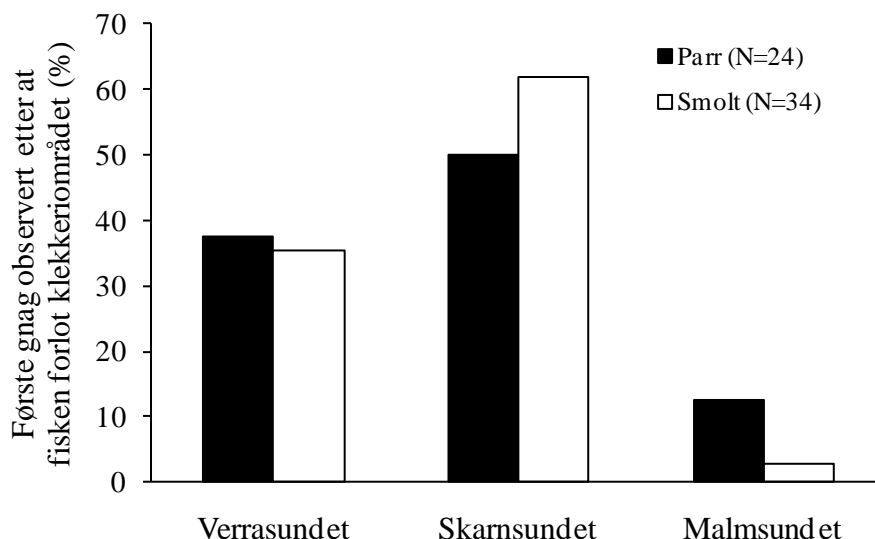
I hvilken retning ikke-stasjonære parr (N=32) og smolt (N=37) forlot utsettingsstedet ble analysert for fisk som dro fra dette området i løpet av den første uka etter utsetting og som i tillegg hadde blitt detektert tilstrekkelig mange ganger til at retningen kunne bestemmes med sikkerhet. Mesteparten av parren (88 %, Binomial test,  $P < 0,001$ ) ble først detektert på loggere plassert langs land etter at de forlot utsettingsstedet, mens mer enn halvparten (54 %) av smolten ble først registrert på loggerne plassert et stykke fra land (**Figur 6**). En signifikant høyere andel parr forlot dermed utsettingsstedet langs land sammenlignet med smolt ( $\chi^2 = 14,2$ ,  $P < 0,001$ ). En overvekt av parren forlot utsettingsstedet i østlig retning (66 %, Binomial test,  $P = 0,013$ ), mens det ikke var signifikant forskjell med hensyn til retningen langs land for smolt (Binomial test,  $P = 0,33$ ).



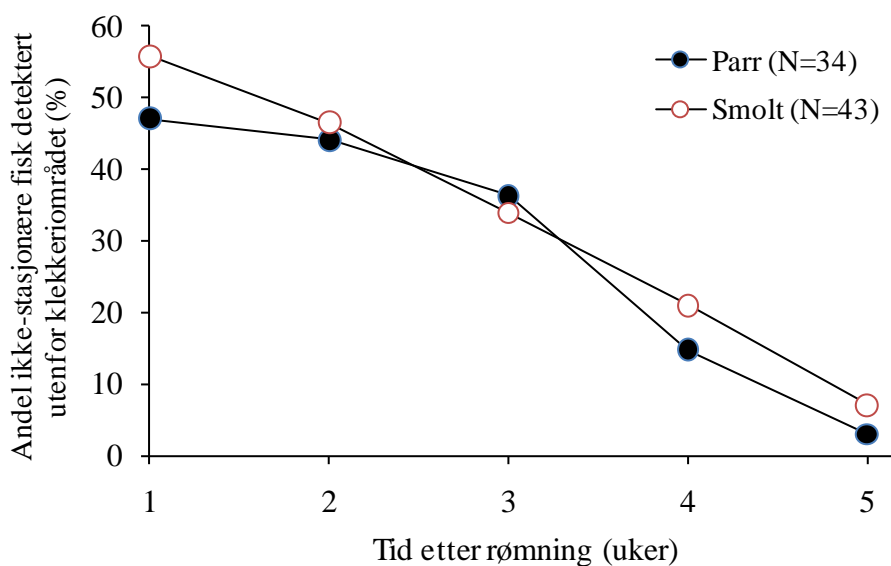
Figur 6. Retning etter at parr og smolt forlot utsettingsstedet for første gang

Flere smolt (N = 34, 72 %) enn parr (N = 24, 48 %) ble detektert andre steder i fjorden enn området ved settefiskanlegget ( $\chi^2 = 5,9$ ,  $P = 0,015$ ). Av parren som ble registrert andre steder enn i området ved settefiskanlegget ble om lag halvparten først registrert i Skarnsundet, mens nesten 40 % ble først detektert i Verrasundet (**Figur 7**). Til tross for at en høy andel av parren forlot området ved settefiskanlegget i østlig retning, ble kun tre parr ble registrert i Malmsundet første gang etter at de forlot området ved settefiskanlegget (**Figur 7**). Mønsteret for smolten var i store trekk det samme som for parr, men med en noe høyere andel fisk først registrert i Skarnsundet og bare en fisk i Malmsundet (**Figur 7**).

Fisk som ikke ble stående igjen utenfor settefiskanlegget ble registrert hovedsakelig i Skarnsundet, Verrasundet og Verrabotn, men det var ingen klare forskjeller med hensyn til spredning over tid mellom parr og smolt (**Figur 4**). Andelen ikke-stasjonær fisk som ble detektert i andre områder enn området ved settefiskanlegget gikk ned i løpet av de fem ukene alle lyttebøyene var på plass. De første to ukene ble om lag halvparten av ikke-stasjonær fisk detektert en eller flere steder i fjorden utenfor området ved settefiskanlegget (**Figur 8**). I uke 5 var andelen ikke-stasjonær fisk detektert utenfor området ved settefiskanlegget redusert til kun 3 % og 7 % for henholdsvis parr og smolt (**Figur 8**). Siden lyttebøyene i Skarnsundet ikke dekket hele sundet er det vanskelig å anslå om årsaken til at andel ikke-stasjonær fisk registrert i fjorden gikk ned over tid var at fisken forlot Beitstadfjorden gjennom Skarnsundet. Det faktum at siste deteksjon for henholdsvis 35,3 % og 48,8 % av ikke-stasjonær parr og smolt var i Skarnsundet tyder imidlertid på at en relativt høy andel av fisken kan ha gått ut av fjorden i løpet de fem første ukene etter utsetting.

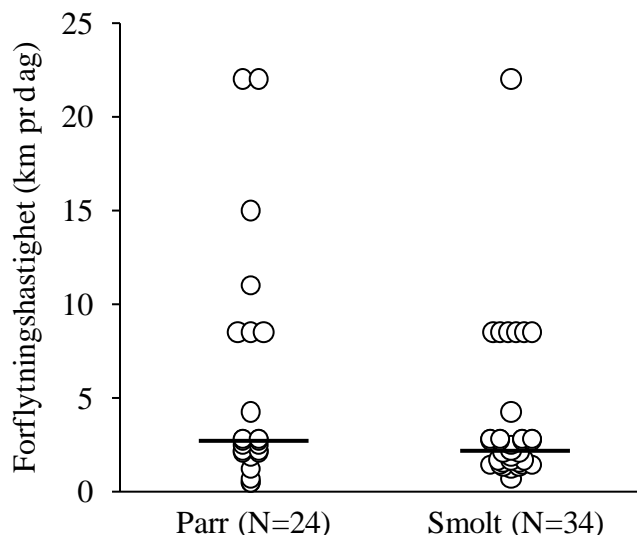


Figur 7. Andel parr og smolt som ble registrert i Verrasundet, Skarnsundet eller Malmsundet første gang etter at de forlot området ved settefiskanlegget.



Figur 8. Andel ikke-stasjonær fisk detektert i andre områder enn området ved settefiskanlegget over tid.

Forflytningshastigheten fra utsettingsområdet til første gangen en fisk ble registrert andre steder i fjorden var ikke signifikant forskjellig mellom parr og smolt (**Figur 9**,  $Z = -0,69$ ,  $P = 0,49$ ). Median forflytningshastighet var 2,6 og 2,4 km per dag for henholdsvis parr og smolt, men enkelte fisk forflyttet seg betydelig raskere. Fem av fiskene forflyttet seg med en hastighet som oversteg 10 km per dag, og det ble faktisk observert at en og samme fisk hadde vært i nærheten av loggere både i området ved settefiskanlegget, Verrasundet og Skarnsundet i løpet av en dag.



Figur 9. Forflytningshastighet som km per dag for ikke-stasjonær parr og smolt

Med unntak av Tangstadelva ble det ikke registrert merket fisk hverken i munningen eller oppe i elva i Steinkjerelva, Figgja eller Moldelva. Både parr og smolt ble imidlertid detektert i munningen av Tangstadelva. Det ble totalt registrert 3 parr og 12 smolt på denne lokaliteten ( $\chi^2 = 4,9$ ,  $P = 0,027$ ). To smolt svømte også opp i elva mellom 10. og 12. november. Den ene fisken var oppe i elva en gang, mens den andre ble registrert i elva to dager på rad. Begge fiskene ble registrert oppe i elva mellom kl 14:45 og 18:30 på dagen, noe som tilsvarer perioden like etter full flo for disse datoene. De svømte begge ut i sjøen etter at de hadde vært oppe i elva, og ble periodevis registrert i munningen av Tangstadelva fram til henholdsvis 27 og 85 dager etter utsetting. Ingen av disse to fiskene ble registrert i Verrasundet så lenge denne loggeren var på plass (dag 35). Mellom dag 35 og 85 etter utsetting ble det periodevis registrert 2 parr og 5 smolt i munningen av Tangstadelva. Det ble ikke registrert merket fisk oppe i elva ved settefiskanlegget (Folla).

## 4 Diskusjon

Det er trolig at om lag en tredjedel av utsatt parr døde kort tid etter utsetting, mens antatt dødeligheten hos smolt var betydelig lavere. Høy dødelighet for parr er ikke unaturlig siden parr ikke er fysiologisk tilpasset sjøvann (Hoar 1988). Andre faktorer som i tillegg til forskjell i salinitet kan ha bidratt til dødelighet er langtidseffekter som følge av implantering av akustiske sendere og temperaturforskjeller. Det er mulig at en relativt stor forskjell i temperatur mellom settefiskanlegg og sjø førte til en økt dødelighet hos utsatt parr, noe som er påvist i laboratorieforsøk for smolt (Handeland et al. 2003). Effekten av implantering av akustisk sender vil i utgangspunktet være lik for parr og smolt og det er grunn til å tro at slike effekter ikke i vesentlig grad påvirket overlevelse, siden det ikke ble observert direkte dødelighet i perioden mellom merking og utsetting.

Parr som ikke var stasjonære i området ved settefiskanlegget over lang tid oppholdt seg i dette området lengre enn smolt. Forskjellen i oppholdstid mellom parr og smolt var imidlertid ikke stor. Median oppholdstid for parr var 2-3 dager, mens smolten som oftest ikke oppholdt seg mer enn en dag i nærområdet til settefiskanlegget. Bevegelsesmønster hos parr satt ut i sjøen er så vidt vi vet ikke undersøkt i detalj, men en kort oppholdstid på utsettingsstedet er vanlig for smolt (Thorstad et al. 2007; Davidsen et al. 2008).

Parr som ikke var stasjonære i området ved settefiskanlegget forlot dette hovedsakelig langs land og i østlig retning. Årsaken til dette er uklar, men siden utsettingen foregikk på samme tid på kvelden over en kort periode kan en sammenheng med flo- og fjæresyklus ikke utelukkes. Til tross for at en høy andel av parren forlot området ved settefiskanlegget i østlig retning ble kun tre parr deretter detektert øst for Follafoss. Over halvparten av smolten ble sist registrert på loggerne som var plassert ute i fjorden. Det faktum at en høy andel av smolten så ut til å forlate området ved settefiskanlegget med retning utover kan være relatert til at smolt generelt tenderer til vandre pelagisk (Davidsen et al. 2008; 2009) og oppføre seg som en stimfisk, i motsetning til parr som er mer bentisk og vanligvis ikke viser utpreget stimatferd (Iwata 1995).

Bevegelsesmønsteret hos parr og smolt som forlot området ved settefiskanlegget var ikke vesentlig forskjellig etter at de forlot dette området. Ett unntak var at en høyere andel av smolten ble detektert i munningen av Tangstadelva sammenlignet med parr. Antallet merket fisk registrert utenfor området ved settefiskanlegget gikk ned over tid. De første to ukene ble omlag halvparten av fisken detektert andre steder i fjorden, mens det i løpet av uke 5 etter utsetting kun ble detektert fire fisker andre steder enn området ved settefiskanlegget. Hvorvidt dette skyldes at fisken vandret ut av Beitstadfjorden gjennom Skarnsundet er vanskelig å fastslå siden lyttebøyene ikke dekket hele sundet. Videre kan retningsbestemt utvandring gjennom sund og fjorder kun bestemmes med sikkerhet dersom lyttebøyer er plassert i to rekker som hver har full dekning av bredden av sundet/fjorden. Til tross for manglende dekning i Skarnsundet ble 35 % og 49 % av henholdsvis ikke-stasjonære parr og smolt detektert for siste gang her. Dette kan tyde på at en relativt høy andel av den merkede fisken vandret ut av Beitstadfjorden i løpet av de første 3-4 ukene etter utsetting. Det er imidlertid også trolig at en del fisk ikke vandret ut av fjorden i løpet av de første fem ukene, men antallet er ikke mulig å estimere på bakgrunn av eksisterende data. En av årsakene til dette er at det er så godt som umulig å skille levende parr/smolt fra fisk som er spist av predatorer dersom merker som registrerer variasjon i svømmedybde ikke er brukt (Thorstad et al. 2011).

Det var ingen forskjell i forflytningshastighet mellom parr og smolt som forlot området ved settefiskanlegget. Median forflytningshastighet var ~ 2,5 km per dag for begge gruppene, noe som tilsvarer ca. 0,1 km/t og 0,16 kroppslengder i sekundet. Dette er relativt sakte i forhold til tidligere studier av utvandrende klekkeriprodusert og vill smolt på våren, der gjennomsnittshastigheter i størrelsesorden 0,5-3 kroppslengder i sekundet er rapportert (Thorstad et al. 2007; Davidsen et al. 2008; 2009). En del fisk forflyttet seg imidlertid betydelig raskere enn gjennomsnittet. Maksimum forflytningshastighet i dette studiet var 22 km per dag, eller med andre ord ca. 0,9 km/t og ca. 1,3 kroppslengder i sekundet, noe som heller ikke er uvanlig raskt for laksesmolt (Thorstad et al. 2007; Davidsen et al. 2008; 2009). Den lave forflytningshastigheten i dette studiet kan være relatert til at fisken ble satt i sjøen utenfor det naturlige smoltvinduet kombinert med lavere sjøtemperatur. Bevegelsesmønsteret vil trolig også variere som følge av ulike geografiske og oseanografiske forhold, og det er vanskelig å evaluere om bevegelsesmønster hos høstsmolt i Beitstadfjorden er forskjellig fra vårs smolt når ikke vandring er undersøkt om våren i dette fjordsystemet. Basert på erfaringer fra andre fjordsystem kan det imidlertid se ut som om smolten i dette studiet vandrer saktere og oppholder seg lengre i fjorden enn det som er vanlig i tilsvarende studier for vårs smolt (for eksempel Thorstad et al. 2007; Davidsen et al. 2008; 2009; Thorstad et al. 2011).

Mesteparten av fisken som forlot området ved settefiskanlegget ble først registrert enten i Verrasundet eller Skarnsundet. En relativt høy andel av fisken som forlot området ved settefiskanlegget (~20 %) ble også registrert innerst i Verrabotn, like utenfor utløpet av Tangstadelva. To av disse, begge smolt, ble også observert oppe i Tangstadelva i kortere perioder (3-4 timer), men ingen av dem ble stående i elva over lang tid. Disse to fiskene gikk opp i elva like i etterkant av full flo. Med unntak av to fisk i Tangstadelva, ble verken parr eller smolt observert i munningsområdet eller oppe i Moldelva, Steinkjerelva eller Figgja. Det ble videre heller ikke registrert merket fisk i Folla, selv om fisken ble satt ut mindre enn 60 meter fra utløpet av denne elva. Dette er spesielt overraskende for parr, siden disse ikke var sjøvannstilpasset (smoltifisert). Med tanke på at kun 2 av totalt 15 fisk observert i munningen av Tangstadelva ble de-

tektert oppe i elva i korte perioder, samt at oppvandring i andre elver ikke ble registrert, kan det konkluderes med at sannsynligheten for oppvandring av rømt parr og smolt i lokale elver om høsten var relativt liten under rådende forhold. Det bør i denne sammenhengen imidlertid poengteres at høsten 2010 var uvanlig kald, med liten vannføring i enkelte elver. Med unntak av Steinkjerelva, ble elvene i området islagt svært tidlig i 2010. I tillegg kan det tenkes at parren var forholdsvis nært smoltifisering, siden om lag halvparten av disse ble observert andre steder i fjorden enn området ved settefiskanlegget, samt at det ikke var store forskjeller i bevegelsesmønster og hastighet mellom parr og smolt. Dette indikerer at en høy andel av parren var i stand til å tilpasse seg sjøvann ganske raskt. Det er mulig at mindre og yngre parr kan være mer motivert til å vandre opp i ferskvann. Videre studier under mer normale forhold, samt også på våren/forsommeren, vil muliggjøre sikrere evaluering av risiko for oppvandring i elver.

Det overordnede formålet med studiet var å fremskaffe kunnskap for å evaluere muligheter for gjenfangst av parr og smolt som rømmer på høsten fra landbaserte settefiskanlegg, samt å evaluere i hvilken grad parr/smolt rømt fra landbaserte settefiskanlegg potensielt kan representere en trussel for ville laksebestander, både med hensyn til genetiske effekter og eventuell spredning av sykdommer/parasitter. Under de rådende forhold var kortsiktig oppvandring i lokale elver beskjeden og potensialet for at rømt parr og smolt representerer en umiddelbar trussel for vill laksefisk vil således trolig være lite. Det er ikke mulig å vurdere i hvilken grad rømning av parr eller smolt fra settefiskanlegg kan påvirke vill laksefisk under andre forhold og tidspunkt og på lang sikt på bakgrunn av dette studiet. Det er imidlertid grunn til å tro at dødelighet hos mindre og yngre parr vil være høy dersom de ikke har mulighet til å gå opp i elver svært nær rømningsstedet. Dersom den rømte fisken overlever og vandrer til havet, kan den senere år returnere til området og dermed bidra til genetisk innblanding med vill laks. Vår studie kan imidlertid ikke gi noe estimat på langtidsoverlevelsen til de merkede fiskene, men tidligere undersøkelser av smolt satt ut om høsten og vinteren indikerte lav overlevelse over tid (Hansen og Jonsson 1989). Man kan dermed anta at selv om mange av de merkede fiskene i dette studiet trolig forlot studieområdet, er det ikke svært stor sannsynlighet for at de senere vil bidra til genetisk innblanding med villaks i elvene rundt smoltanlegget.

Resultatene tyder på at smolt og parr sjelden oppholder seg mer enn et par-tre dager i nærområdet utenfor settefiskanlegget, noe som innebærer at gjenfangst etter rømning bør skje så raskt som mulig. Parren tenderer til å følge land etter rømning, mens en forholdsvis høy andel av smolten går rett ut i fjorden. Dette betyr at redskap for gjenfangst bør plasseres spredt utenfor settefiskanlegget, både et stykke ute i sjøen og nært land. Det ble ikke brukt akustiske sendere med dybdesensor i dette studiet siden slike merker er for store for fisk av den aktuelle størrelsen og det er derfor vanskelig å vurdere optimalt dyp for plassering av gjenfangstredskap. Generell kunnskap om svømmedybde hos smolt tyder imidlertid på at smolten sjelden går dypere enn noen få meter (Davidsen et al. 2008; Plantalech Manel-La et al 2009). Parr oppholder seg mer langs bunnen enn smolt i elvene, men svømmedyp for lakseparr i fjorder er så vidt vi vet ikke undersøkt. Redskap plassert i de øverste 5 meterne vil derfor trolig være egnet for gjenfangst av smolt. En nylig studie viste at stor oppdrettslaks som rømmer om sommeren vandrer raskt fra anlegget og går dypt de første dagene (Chittenden et al. 2011). Etter dette vandret de nært overflaten og langs land, hvor kilenot viste seg å være et effektivt gjenfangstredskap. Dersom for eksempel kilenot skulle brukes for å fange rømt parr og smolt, må maskevidden reduseres betraktelig, noe som også vil gjøre det vanskeligere å fiske med denne type redskap (mer strømutsett). Det bør derfor vurderes å teste mulige fangstredskaper (kilenot, storruse, garn, dragnot o.l.) for en mest mulig effektiv gjenfangst ved eventuell rømming av parr eller smolt fra et landbasert oppdrettsanlegg. Under de rådende forholdene vandret hverken smolt eller parr opp i elva ved settefiskanlegget. Hvorvidt dette også vil være tilfelle ved andre forhold og for mindre og yngre parr er usikkert. Dersom yngre fisk som er lengre unna smoltifisering rømmer, vil en både forvente en høyere dødelighet i sjøen og kanskje også en økt motivasjon til å vandre opp i ferskvann. Redskap for gjenfangst i lokale elver eller fiskesperrer i elver i umiddelbar nærhet av settefiskanlegget vil da kunne være tiltak som kan vurderes.

## 5 Referanser

- Chittenden CM, Rikardsen AH, Skilbrei O, Davidsen JG, Halttunen E, McKinley RS (2010) Dispersal behaviour and recapture rates of escaped adult farmed Atlantic salmon in northern Norway. *Aquaculture Environment Interactions* 1, 215-224.
- Davidsen JG, Plantalech Manel-la N, Økland F, Diserud OH, Thorstad EB, Finstad B, Sivertsgård R, McKinley S, Rikardsen AH (2008) Changes in swimming depths of Atlantic salmon post-smolts in relation to light intensity. *Journal of Fish Biology* 73, 1065-1074.
- Davidsen JG, Rikardsen AH, Halttunen E, Thorstad EB, Økland F, Letcher BH, Skardhamar J, Næsje TF (2009) Migratory behaviour and survival rates of wild northern Atlantic salmon *Salmo salar* post-smolts: effects of environmental factors. *Journal of fish biology*. 75, 1700-1718
- Handeland SO, Björnsson BT, Arnesen AM, Stefansson SO (2003) Seawater adaptation and growth of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) of wild and farmed strains. *Aquaculture* 220, 367–384
- Hansen LP (2006) Migration and survival of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released from two Norwegian fish farms . *ICES Journal of Marine Science* 63, 1211-1217
- Hansen LP, Jonsson B (1989) Salmon ranching experiments in the river Imsa - effect of timing of Aatlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. *Aquaculture* 82, 367-373
- Hesthagen T, Larsen BM, Peder Fiske (2011) Liming restores Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations in acidified Norwegian rivers. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 68, 224-231
- Hindar K, Fleming IA, McGinnity P, Diserud O (2006) Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results. *ICES J Ma. Sci* 63:1234-1247
- Hoar WS (1988) The physiology of smolting salmonids. In: Hoar WS, Randall DJ (Eds.), *Fish Physiology*, Vol. XIB. Academic Press, New York, NY, pp. 275–343
- Iwata M (1995) Downstream migratory behavior of salmonids and its relationship with cortisol and thyroid hormones: a review. *Aquaculture* 135, 131–139
- Jensen AJ, Bremset G, Finstad B, Hvidsten NA, Jensås JG, Johnsen BO, Lund E (2009) Fiskebiologiske undersøkelser i Auravassdraget - Årsrapport 2008. NINA Rapport 451: 53 pp.
- McCormick SD (1993) Methods for non-lethal gill biopsy and measurement of Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>-ATPase activity. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 50, 656–658
- Plantalech Manel-La N, Thorstad EB, Davidsen JG, Økland F, Sivertsgård R, McKinley RS, Finstad B. (2009) Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of the marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 16, 147-154
- Plantalech Manel-La N, Thorstad EB, Davidsen JG, Økland F, Sivertsgard R, Mckinley RS, Finstad B (2009) Vertical movements of Atlantic salmon post-smolts relative to measures of salinity and water temperature during the first phase of the marine migration. *Fisheries Management and Ecology* 16, 147-154
- Rikardsen AH, Haugland M, Bjørn PA, Finstad B, Knudsen R, Dempson JB, Holm M, Holst JC, Hvidsten NA (2004) Geographical differences in early marine feeding of Atlantic salmon post-smolt in Norwegian fjords. *Journal of Fish Biology* 64, 1655-1679
- Rosseland L (1979) Erfaringer fra smoltutsettinger i regulerte vassdrag (i Gunnerød og Mellqvist, Vassdragsregulerings biologiske virkninger i magasiner og lakseelver, Oslo 1978)
- Saltveit SJ (2006) The effects of stocking Atlantic salmon, *Salmo salar*, in a Norwegian regulated river. *Fisheries Management and Ecology* 13, 197-205
- Skilbrei OT (2010) Reduced migratory performance of farmed Atlantic salmon post-smolts from a simulated escape during autumn. *Aquaculture Environment Interactions* 1, 117-125
- Skilbrei OT, Johnsen BO, Heggberget TG, Krokan PS, Aarset B, Sagen T, Holm M (1998) Havbeite med laks – Artsrapport. Norges forskningsråd. 70 pp.

- Thorstad EB, Uglem I, Arechavala-Lopez P, Økland F, Finstad B (2011) Low survival of hatchery-released Atlantic salmon smolts during initial river and fjord migration. *Boreal Environment Research* 16, 1-6
- Thorstad EB, Økland F, Finstad B, Sivertsgård R, Plantalech N, Bjørn PA, McKinley RS (2007) Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. *Hydrobiologia* 582, 99-107
- Thorstad EB, Økland F, Finstad B, Sivertsgård R, Plantalech N, Bjørn PA, McKinley RS (2007) Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. *Hydrobiologia* 582, 99-107.
- Uglem I, Bjørn P-A, Dale T, Kerwath S, Økland F, Nilsen R, Aas K, Fleming I, McKinley RS (2008) Movements and spatiotemporal distribution of escaped farmed and local wild Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in a Norwegian fjord. *Aquaculture Research* 39, 158-170





# NINA Rapport 705

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2292-1



## Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

[www.nina.no](http://www.nina.no)