



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet  
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi  
Institutt for naturforvaltning

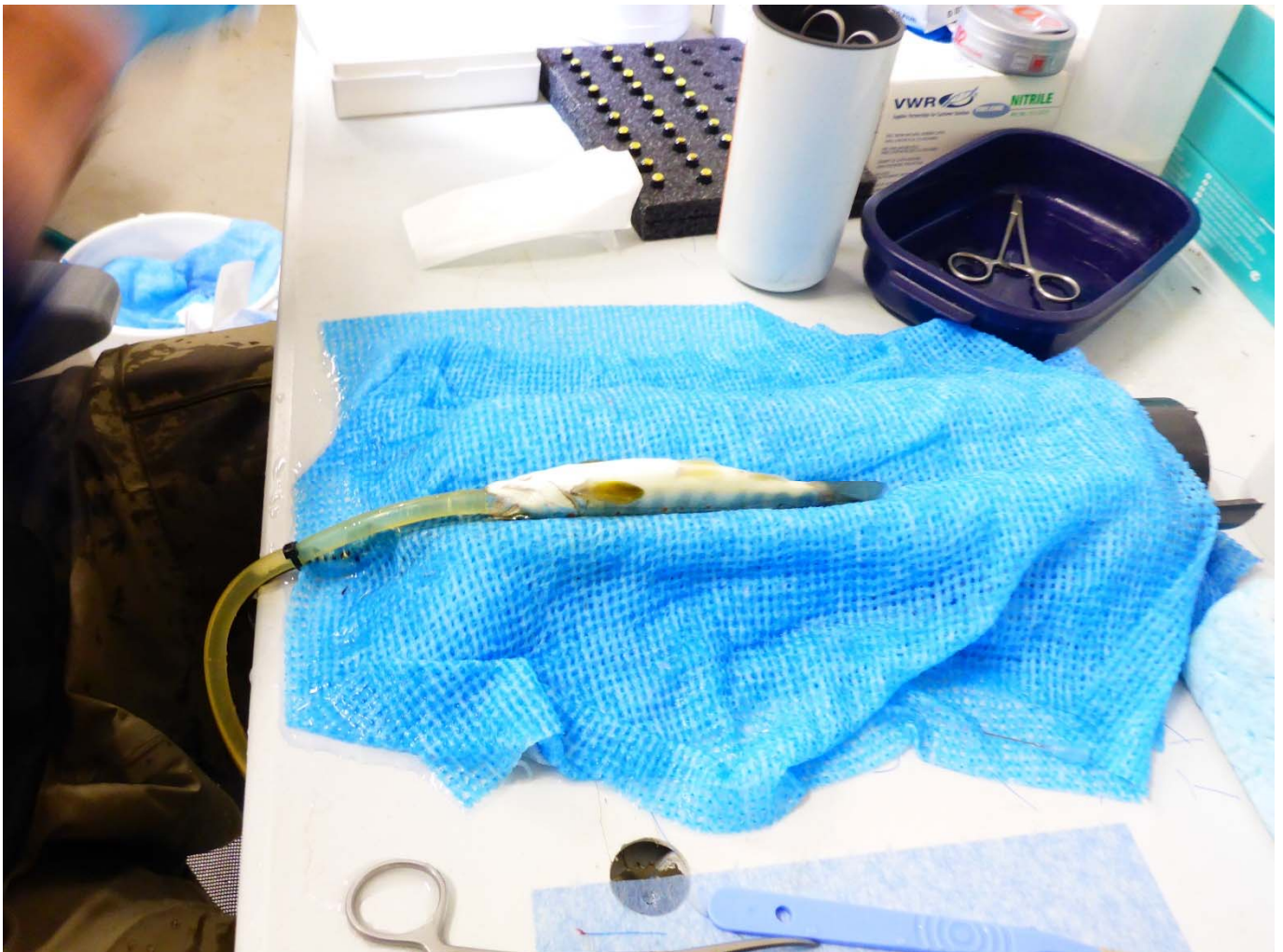
2016


ISSN: 1891-2281

INA fagrapport 32

# Vandringsmønster og overleving hjå laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso

Thrond Oddvar Haugen, John Birger Ulvund, Rune Lunde,  
Torstein Kristensen, Bjørn T. Barlaup & Henning Andre Urke



|   |   |
|---|---|
|  | <b>PROSJEKTTITTEL:</b><br><b>Vandringsmønster og overleving hjå laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso</b> |
|   | <b>OPPDRAGSNUMMER:</b><br><br>1384  |
| <b>OPPDRAGSGJEVAR:</b><br>Vossolauget   | <b>KONTAKTPERSON:</b><br>Nils-Inge Hitland  |

|   |  |
|---|--|
| <b>UTFØRT AV:</b><br><b>INAQ AS</b>   | <b>PROSJEKTLEIAR</b><br>Henning Andre Urke                     |
| <b>UTARBEIDD AV:</b><br>Thrond Oddvar Haugen <sup>1</sup><br>John Birger Ulvund <sup>2</sup><br>Rune Lunde <sup>2</sup><br>Torstein Kristensen <sup>3</sup><br>Bjørn T. Barlaup <sup>4</sup><br>Henning Andre Urke <sup>2</sup> | <b>KVALITETSKONTROLL:</b><br><br>Reidar Borgstrøm <sup>1</sup> |
| <b>GODKJENT AV:</b><br>Frode Blakstad   |  |
| <b>DATO:</b><br>10.01.2016  | <b>GRADERING</b><br>Open                                       |
| <b>STIKKORD:</b><br>Akustisk telemetri; Atlantisk laks; Kultivering; Smoltutvandring; Vossovassdraget<br><b>KEYWORDS:</b><br>Acoustic telemetry; Atlantic salmon; Cultivation; Smolt migration; Vosso riversystem               |  |

1. Norges miljø- og biovitenskapelige universitet, Institutt for naturforvaltning, Postboks 5003, 1432 Ås
2. INAQ AS, Postboks 1223 Sluppen, 7462 Trondheim
3. Nord universitet, Fakultet for Biovitenskap og Akvakultur, Postboks 1490, 8049 Bodø
4. UNI Research Miljø, Postboks 7810, 5020 Bergen

## Forord

Vi vil spesielt takke Geir Ove Henden og Ove Kambestad på Voss klekkeri for bistand i forhold til gjennomføring av feltarbeid og tilrettelegging av fasilitetar. Lerøy Sjøtroll Sørfjorden har bidrege med eigeninnsats i samband med utplassering av lyttebøyer, innsamling av vertikalprofilar og opptak av utstyr. Utan denne innsatsen har ikkje prosjekt latt seg gjennomføre. Vi takkar vidare Morten Andre Bergan, NINA for innsamling av vill laksefisk; Knut Alfredsen, NTNU, for lån av temperaturloggarar, Knut Hjørnevik for lån av båt i Evangervatnet, Kjersti Daae for samanstilling av vertikalprofiler for temperatur og salinitet, NINA ved Ingebrigt Uglem, Havforskningsinstituttet ved Ove Skilbrei, NTNU ved Jan Davidsen og Uni Research Miljø ved Knut Vollset for lån av akustiske lyttebøyer. Sistnemnde, saman med Ulrich Pulg (Uni Research Miljø), takkast for viktige innspel til rapporten og for gassmettingsdata som vart nytta til vurderinga av dødelegheitsfaktorar.

Ein stor takk til professor emeritus Reidar Borgstrøm, NMBU-INA, som har kvalitetssikra rapporten og kome med gode faglege og språklege innspel.

Vi vonar at prosjektet har auka kunnskapsgrunnlaget i forhold til kva for faktorar og problemområde som gjer at Vossolaksen framleis slit med å byggje seg opp etter han forsvann på slutten av 1980-talet – trass i omfattande kultiveringstiltak. Prosjektet er finansiert av *Vossolaug*, og vi takkar styreleiar Nils Inge Hitland for tilliten

Trondheim 08.12.2015

Henning Andre Urke  
Prosjektleder, INAQ AS

## **Innhald**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Abstract</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>Samandrag</b> .....   | <b>7</b>  |
| <b>1 Innleiing</b> .....   | <b>9</b>  |
| 1.1 Målsetjingar .....   | 10        |
| <b>2 Metodikk</b> .....  | <b>11</b> |
| 2.1 Områdeskildring .....  | 11        |
| 2.2 Vossovassdraget .....  | 11        |
| 2.3 Voss klekkeri .....  | 14        |
| 2.4 Innsamling og akustisk merking av fisk .....                                 | 14        |
| 2.5 Stasjonsnett – passive lyttebøyer .....                                      | 15        |
| 2.6 Vassføring og vassstemperatur .....  | 15        |
| 2.7 Vertikalprofilar for salinitet og temperatur i fjorden .....                 | 17        |
| 2.8 Statistiske analysar .....   | 20        |
| <b>3 Resultat</b> .....  | <b>23</b> |
| 3.1 Registreringar .....   | 23        |
| 3.2 Utvandring frå Vosso til Evangervatnet .....                                 | 23        |
| 3.3 Utvandring frå Bolstadelva til Bolstadfjorden.....                           | 25        |
| 3.4 Samanlikning mellom smolt utsett i Vosso med smolt utsett i Bolstadelva..... | 28        |
| 3.5 Vandring i fjorden .....   | 29        |
| <b>4 Diskusjon</b> .....   | <b>37</b> |
| 4.1 Metodikk og datakvalitet .....   | 37        |
| 4.2 Kva skjer i Evangervatnet?.....  | 40        |
| 4.3 Vandringa gjennom Bolstadfjorden og vidare ut Osterfjorden .....             | 44        |
| 4.4 Utvandring og overleving for klekkerismolten .....                           | 45        |
| 4.5 Vidare arbeid .....  | 47        |
| <b>5 Referansar</b> .....  | <b>48</b> |

## Abstract

Haugen, T.O., Ulvund, J.B., Lunde, R., Kristensen, T., Barlaup, B.T. & Urke, H.A. 2016. Vandringsmønster og overleving hjå laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso [Migration pattern and survival in Atlantic salmon smolt from Bolstadelva and Vosso]. - INA fagrappport 32. 54 pp.

The River Vosso population of Atlantic salmon (*Salmo salar*) was strongly reduced over the course of a few years during late 1980s, and has not recovered since despite strong mitigating efforts. The ultimate reasons(s) for the population decline is currently unclear, as are the causes for lack of recovery. After decades of poor numbers of returning salmon, it is likely that the causative factors are still in operation. Former studies indicate heavy mortalities of hatchery-produced smolts during migration through the inner fjord, and especially in the Bolstadfjord estuary.

This project has investigated the migratory pattern and survival of descending wild and hatchery-produced smolts from the rivers Vosso and Bolstadelva (Vosso downstream the lake Evangervatnet) by acoustic telemetry. In total, 48 passive receivers were deployed throughout the migration route, constituting 14 zones. Forty individuals from each fish group (160 smolts in total) were tagged with acoustic transmitters. Of the total 160 fish tagged, 67 were recorded as migrants to the estuary (3, 5, 37 and 22 individuals from Vosso-wild, Vosso-hatchery, Bolstad-wild and Bolstad-hatchery, respectively). Only one individual (Vosso-hatchery) was recorded at the outermost fjord zone (Nordhordlandsbrua).

In total, 80% of all tagged fish from Vosso were lost before the river outlet (Bolstadøyri), and only five out of eight individuals made it through the estuary. Survival of Vosso-wild individuals was very high (95%) prior to entering the lake Evangervatnet, but very low through this lake (7.9%). The Vosso-hatchery group had a lower survival to Evangervatnet (63%) and a higher survival (24%) through the lake, although this number is still quite low given the short migration distance through the lake. Migration time through Evangervatnet was very long, with an average time of 9.5 and 17.3 days spent in the uppermost 3.5 km of the lake for Vosso-wild and Vosso-hatchery smolt, respectively. For smolt groups from Bolstadelva, survival to the estuary was high for Bolstad-wild individuals (93%) and lower for the Bolstad-hatchery group (55%). For these groups, 32 and 38% were detected as migrants through the estuary.

The hatchery smolt groups responded differently to well-documented environmental migration triggers (water discharge increase and temperature increase) compared to their wild

counterparts, and migrated less synchronously over a longer time-period. Despite this, the overall survival seemed similarly low in both groups. Some hatchery-produced smolts were shown to migrate upstream. This aberrant smolt behavior may have affect the low release-zone-to-next-zone-survival estimates found in this group. These individuals may not be dead, but attained a stationary behavior between the receivers (for Bolstadelva smolt) or upstream the uppermost receivers (for Voss smolt).

Most of the earlier migration studies in the Vosso system is based on hatchery-produced smolts released in the lowermost reaches of the river Bolstadelva, and it is therefore difficult to directly compare the overall results with the current study. Previous studies using both acoustic tags, carlin tags and coded-wire tags largely applied on hatchery-produced smolts have similar findings as in our study: Smolt individuals released within the Vosso river system display a large, currently unexplained, mortality associated with river descent and migration through the estuary. The number of returning spawners is very low. Causes for the very low survival rate estimated for the 6.7 km migration route through Evangervatnet remain enigmatic. However, both acidification, gas-supersaturation from Evanger power plant and predation have been suggested as plausible explanations.

The differences in migratory behavior found between wild and hatchery smolts indicate differences in smoltification development trajectories or absolute levels. If this is a recurring annual situation, the hatchery smolt may not be relevant as model organisms for understanding processes influencing natural smolt production in Vosso. Such deviation in migratory behavior may also contribute to the low returns from the repeated stockings of hatchery smolts in the river.

In conclusion, the findings reported here suggest an increased focus on the freshwater phase, and especially in Evangervatnet, during the Atlantic salmon smolt descent in the Vosso river system. By further addressing the freshwater phase, we expect an improved understanding about factors and mechanisms contributing to the lack of recovery of salmon in the Vosso system. There are factors in the estuary and coastal area contributing as well, but one may need to take a step back to get the overall picture. Further, environmental conditions and production protocols at the hatchery ought to be assessed and revised to enable migration synchronicity with wild smolts in the river.

## Samandrag

Haugen, T.O., Ulvund, J.B., Lunde, R., Kristensen, T., Barlaup, B.T. & Urke, H.A. 2016.

Vandringsmønster og overleving hjå laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso. - INA fagrapport 32. 54 s.

Vossolaksen forsvann over ein kort periode på slutten av 1980 talet og vart freda frå og med 1992. Denne uheldige situasjonen heldt fram utover heile 1990- og 2000-talet trass i kultivering og andre tiltak. Det er framleis ikkje kjent kva som gjorde at laksen forsvann, og heller ikkje kva årsak(er) som gjer at laksestamma ikkje byggjer seg opp att. Etter så mange dårlege år kan det sjå ut som problemfaktor(ane) ikkje har endra seg og er framleis effektiv(e). Tidlegare merkestudier tyder på eit stort tap av utvandrande klekkerismolt i indre fjordstrøk og særleg i Bolstadfjorden.

Prosjektet har kartlagt vandringsmønsteret og overlevinga til vill- og klekkeriprodusert laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso utover til Nordhordalandsbrua ved å nytte akustisk telemetri, der 48 lyttbøyer vart utplassert i eit lyttegardinoppsett som delte utvandringruta til Vossosmolten inn i 14 soner. Det vart merka 40 individ frå kvar av dei fire smoltgruppene Vosso-vill, Bolstad-vill, Vosso-klekkeri og Bolstad-klekkeri.

Av dei totalt 160 merka smoltane vart 67 individ registrerte i Bolstadfjorden (3, 5, 37 og 22 individ hjå, i same følgd, Vosso-vill, Vosso-klekkeri, Bolstad-vill og Bolstad-klekkeri). Berre eitt individ (Vosso-klekkeri) var registrert på dei ytste lyttbøyene ved Nordhordalandsbrua. Totalt var det eit tap på 80% av all merka fisk frå Vosso til utløpet ved Bolstadøyri, og berre fem av dei åtte smoltane frå Vosso som vart attregistrerte ved Bolstadøyri klarte seg ut Bolstadfjorden. Villsmolten hadde høg overleving dei 6,5 km frå utsettstaden i Vosso ned til osen i Evangervatnet (95%), men sær låg overleving frå Vossoinnosen og gjennom Evangervatnet (7,9%). Hjå klekkerismolten var overlevinga ned Vosso til Vossoinnosen mykje lågare enn hjå villsmolten (63%) medan overlevinga gjennom Evangervatnet var høgare (24%). Dei overlevande nytta sær lang tid på dei 3,5 km frå sone 20 (Vossoinnosen) til sone 30 midt på Evangervatnet (9,5 dagar for villsmolten og 17,3 dagar for klekkerismolten). For smolten som vart sett ut ved Bolstad såg ein same bilete som for Vossosmoltane: høg overleving ned Bolstadelva til Bolstadøyri for villsmolten (93%) og lågare overleving på same strekning for klekkerismolten (55%). Av desse vart, i same følgd, 32% og 38% registrert att ytst i Bolstadfjorden ved Stamnes.

Klekkerismolten hadde eit anna responsmønster til dei typiske vandringsutløysande miljøvariablane vassføringsauke og temperatur enn villsmolten. Følgjeleg hadde dei eit mykje

mindre synkront utvandringmønster og ein lengre utvandingsperiode enn villsmolten. Trass i dette var ikkje den totale overlevinga utover vandringsruta vesentleg ulik den vi fann hjå villfisken. For fleire av klekkerismoltane vart det dokumentert oppstraumsvandring. Denne åtferda kan ha påverka dei låge estimata vi fann for klekkerismolten for overleving mellom utsettstad og den neste sona i utvandingsruta. Desse individa treng ikkje vere daude, men kan ha slått seg til mellom lyttestasjonane (for Bolstadsmolten) eller oppstraums øvste lyttebøylene (for Vossosmolten).

Dei fleste tidlegare smoltmerkeforsøka frå Vosso-systemet har vore basert på utsetjingar i Bolstadelva og kan ikkje nyttast til å samanlikne med resultatata for smolten som vart sett ut i Vosso i vår studie. Tidlegare forsøk med akustisk telemetri, Carlinmerking og snutemerking er i hovudsak gjennomførte med klekkerismolt og peiker alle i same retning som funna i vår studie: stor dødelegheit mellom utsettstad i Vosso eller Bolstadelva og ut Bolstadfjorden, og særst få attfangstar av attendevandrande laks. Det vert diskutert kva som kan vere årsak(ene) til at smolten døyr i så store tal i Evangervatnet og Bolstadfjorden og kva som gjer at dei nyttar så mykje tid på vandringa gjennom dei 6,7 km som vatnet utgjer. Forsuring, gassovermetting frå Evanger kraftverk og predasjon vert diskutert som moglege dødelegheitsfaktorar, men det er ikkje nok informasjon i dag til å kome med ein konklusjon. Den avvikande åtferda til klekkerismolten peiker i retning av at mange av individa ikkje var skikkeleg smoltifisert ved merking og utslepp. Dersom dette gjeld kvart år vil klekkerismolten vere ueigna som modellfisk til å forstå prosessar som påverkar villaksproduksjonen i Vosso. Ei slik avvikande åtferd kan vere ein viktig delforklaring for dei låge attfangstane av klekkerismolt sett ut i Vossovassdraget.

Det vert konkludert med at funna i denne studien gjer at søkjeljoset i tida framover må rettast på ferskvassfasa, og særleg Evangervatnet, av smoltutvandringa i framtida for å finne fram til faktor(ane) som gjev dårlege smoltutvandringresultatet frå Vosso. Det er utfordringar vidare ut i systemet òg, men kanskje vil vi kunne forstå betre kva desse skuldast når kva som skjer i ferskvassfasa er betre kartlagt. Kva som finn stad under smoltutvandringa lenger opp i vassdraget– ikkje minst oppstraums og gjennom Vangsvatnet må òg kartleggast. Vidare lyt smoltproduksjonsrutinane ved klekkeriet sjåast nærare på for å finne fram til prosessar som kan synkronisere smoltifiseringsforløpet med villsmolten i vassdraget.



## 1 Innleiing

Den særeigne storlaksstamma i Vossovassdraget vart kraftig redusert på slutten av 1980-talet. Granskingar frå 1990-tallet og utover på 2000-tallet har vist at bestanden ikkje tok seg opp att. Ei rekkje faktorar har truleg bidrege til denne uheldige utviklinga: forsuring av vassdraget og brakkvassområda, vassdragsregulering, vegbygging og senking av Vangsvatnet, effektar av lakselus og rømt oppdrettslaks (Barlaup 2008; 2013). For å reetablere Vossolaksen vart det i femårsperioden 2009-2013 gjennomført eit stort kultiveringsarbeid med attendeføring av genmateriale frå genbanken i form av rognplanting, utsett av yngel og auka produksjon og slep av eittårig smolt til ytre fjordområde. Dette har resultert i auka gytebestand slik at gytebestandsmålet har vorte nådd sidan 2011. Auken i gytebestanden frå 2011 og utover skuldast i stor grad det auka talet på smolt slept ut og sleppt i dei ytre fjordane i femårsperioden 2009-2013. Desse bidreg til omlag 80-90 % av laksen som vandra inn i Vossovassdraget i 2011-2014 (Barlaup m. fl. 2015). Frå og med 2011 har det vore ein generell auke i lakseinnsig til mange av Vestlandselvene. Dette har auka innsiget av villaks til elvene i Osterfjordbassenget - mellom anna òg i Daleelva, Ekso og Vosso (Skoglund m.fl. 2014). Ei samla gjennomgang av status for reetableringsarbeidet, bestandsutviklinga, trugselfaktorar og avbøtande tiltak er framstilt i eigne utgreiingar frå Miljødirektoratet (Barlaup 2004; 2008; 2013 m. fl.).

Vandringsforløpet hjå laksesmolt ned Vossovassdraget til Bolstad- og Osterfjorden og heile vegen ut til Nordhordalandsbrua er ikkje godt dokumentert. Særleg gjeld dette for områda oppstraums Evangervatnet. Vidare er det dårleg kjent korleis ulike miljøfaktorar verkar på utvandringa i dei ulike delane av vassdraget, korleis innsjøane verkar på utvandringshastigheita og ikkje minst vandringsfart og overleving ned elva og utover i fjordsystemet. Dette er viktig informasjon som må på plass for å kunne vurdere om det er område med høgare dødelegheit enn andre i utvandringsruta slik at eventuelle tiltak kan rettast mot dei mest kritiske områda.

Akustisk telemetri er teknologi som er mykje nytta i fiskeøkologiske undersøkingar av vandringer i vassdrag-, fjord- og kystsystem (t.d. Thorstad m. fl. (2004); Thorstad m. fl. (2007); Urke m. fl. (2012)). Gjennom å merke fisk med akustiske sendarar, og utplassere eit nettverk av passive lyttebøyer som fangar opp signal frå sendarane, vil individuelle fisk kunne identifiserast og plasserast i tid og rom. Gjennom å merke fisk og setje han ut i vassdraget i forkant av smoltutvandringa vil ein kartleggje ei nærast mogleg naturleg utvandring både i elv

og i fjord. Metoden opnar òg for ulike typar felteksperiment som kan nyttast for å finne ut av korleis miljøfaktorar påverkar aspekt ved utvandringa eller om ulike grupper av smolt har ulike mønstre i utvandringa og ulik overleving. Til dømes vil overlevinga hjå klekkeriprodusert laksesmolt som opplever dei same miljøforholda i vassdraget som villaksen nokre veker før utvandringa tek til kunne gje verdifull informasjon om når ein lyt setje ut smolten i elva i framtida. Dette er relevant for Vossolaksen, der kultivering med utsett av smolt er nytta som bevaringstiltak. Erfaringar frå liknande forsøk i Lærdalselvi syner at klekkeriprodusert laksesmolt reagerer på dei same miljøstimulia som vill laksesmolt med omsyn til utvandringstidspunkt, dei vandrar på same tid av døgeret, dei er i liten grad påverka av predasjon i estuariet og har høg overleving ut Sognefjorden (Urke m. fl. 2013a; Urke m. fl. 2015). Erfaringar frå andre studiesystem syner at ein ofte får dårlegare sjøoverleving hjå klekkeriprodusert smolt enn hjå villsmolt (t.d., Johnsson m. fl. 2014) og det er mange faktorar som kvar for seg og i kombinasjon kan gje slike skilnadar i overleving.

I denne studien ønskjer vi å ta tak i nokre av kunnskapshola som finst i samband med utvandringsforløp og dødelegheit hjå vill- og klekkeriprodusert laksesmolt i Vossovassdraget gjennom å nytte akustisk telemetri som metode.

## **1.1 Målsetjingar**

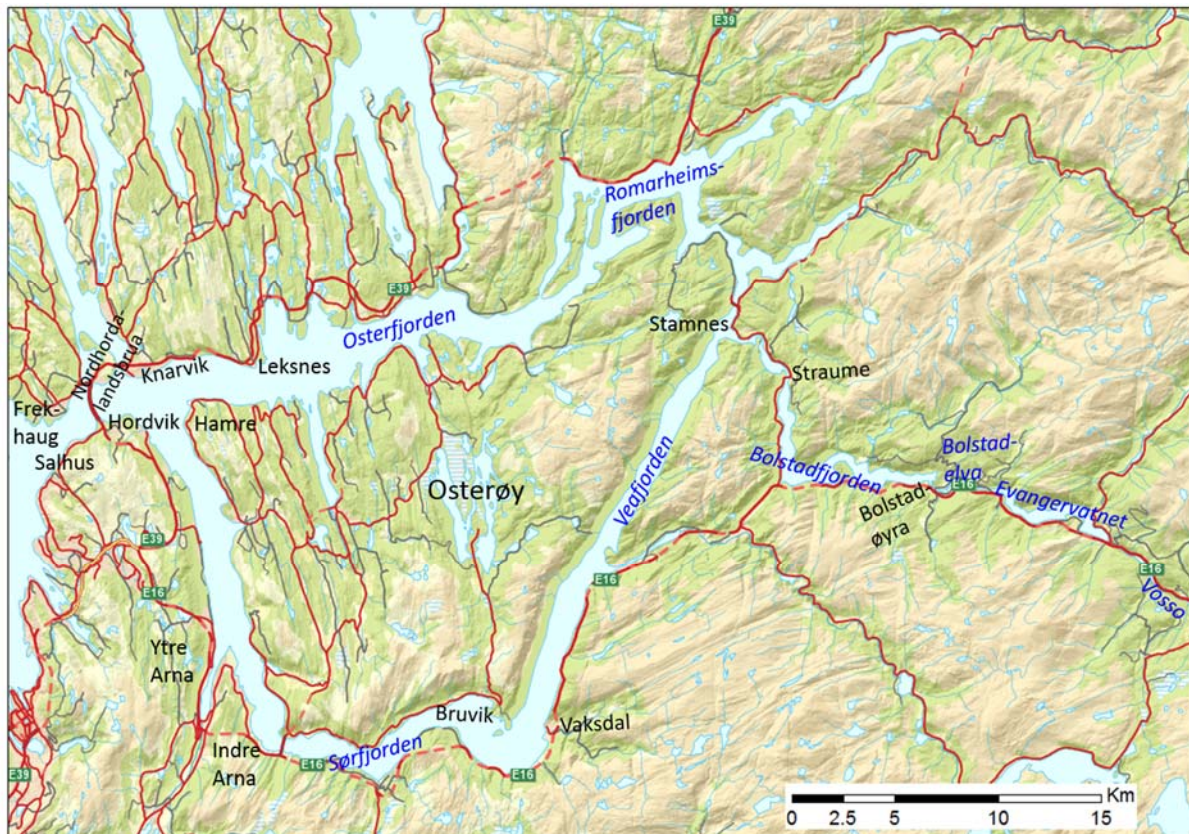
Målsetjinga med denne studien har vore å kartleggje vandringsmønster hjå vill laksesmolt og klekkerismolt frå Vosso og Bolstadelva ut til Nordhordalandsbrua sesongen 2015.

Delmål:

- Kartleggje utvandringstidspunkt og miljøvariablar som styrer dette, til vill og klekkeriprodusert laksesmolt.
- Evaluere prestasjonar til klekkeriprodusert laksesmolt med omsyn til utsetjingsstad; oppstraums og nedstraums Evangervatnet.
- Dokumentere vandringsfart, opphaldstid og overleving til desse to gruppene av smolt i ulike delar av elve- og fjordsystemet.

## 2 Metodikk

Vandringsmønsteret hjå laksesmolt vart undersøkt med akustisk telemetri i Vosso og Bolstadelva, og i fjordsystemet utanfor (Osterfjorden og Veafjorden) heile vegen ut til Frekhaug/Salhus (Figur 1).



Figur 1. Kart over studiesystemet med sentrale plassar.

### 2.1 Områdeskildring

### 2.2 Vossovassdraget

Vossovassdraget er det største vassdraget i Hordaland (Figur 1). Den største innsjøen i vassdraget er det 8 km<sup>2</sup> store Vangsvatnet (ikkje på kartet). Ut frå Vangsvatnet renn Vosso via Evangervatnet og ut i Bolstadfjorden (Figur 2-Figur 5). På strekninga nedstrøms Vangsvatnet har Vossovassdraget ei rekkje sidevassdrag. Den anadrome strekninga i vassdraget er om lag 35 km. Av dette utgjer innsjøane omlag 18 km. Bolstadelva utgjer ei omlag 3,5 km lang elvestrekning frå Evangervatnet til Bolstadfjorden. Frå Vangsvatnet til Evangervatnet utgjer Vosso omlag 10 km og vidare er det ei 1,5 km elvestrekning frå Vangsvatnet og opp til samlaupet mellom Strandaelva og Raundalselva. Vassdraget er regulert med overføringar frå øvre del av nabovassdraga i Eksingedalen og Modalen.

Utbygginga av Evanger kraftverk starta i 1963 og var fullført med sine fem byggetrinn i 1988. Vatnet frå denne reguleringa renn ned i Evanger kraftstasjon og vert sleppt ut i Evangervatnet.



Figur 2. Voss med utsett av akustisk merka laksesmolt ved Tverrelvi. Foto: INAQ AS.



Figur 3. Innosen til Evangervatnet. Foto: INAQ AS.



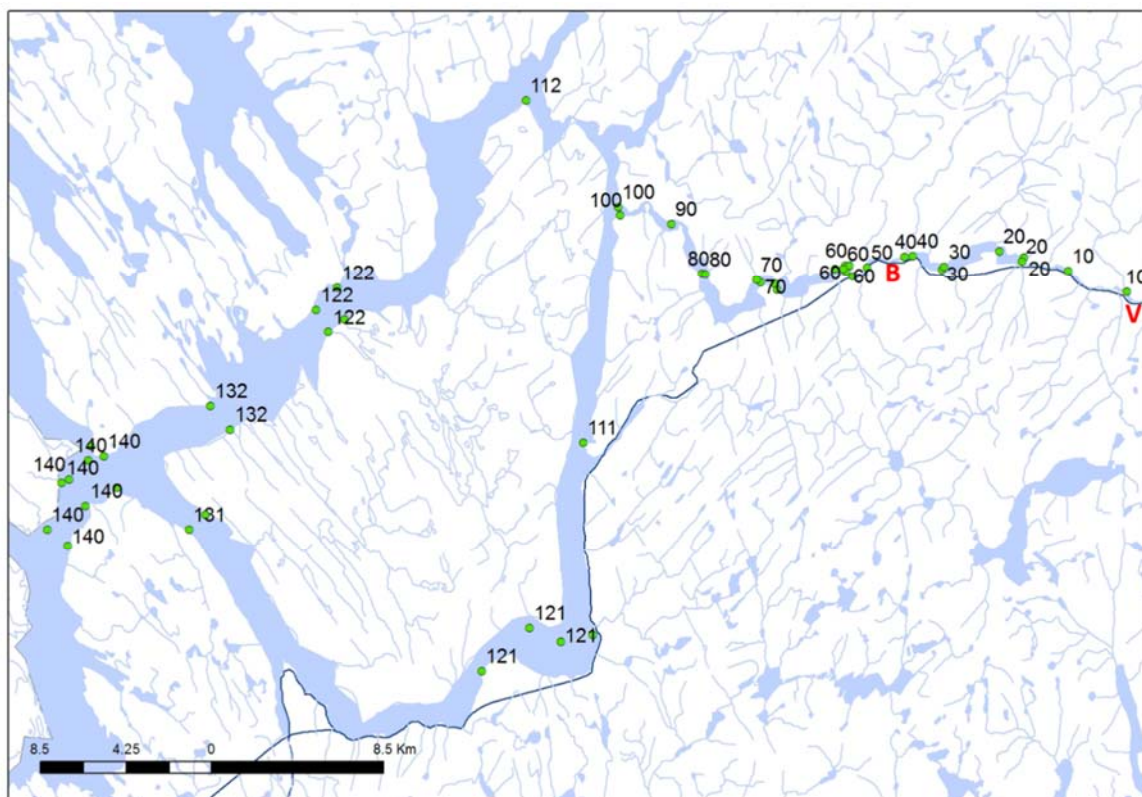
Figur 4. Bolstadelva. Foto: INAQ AS.



Figur 5. Nedre del av Bolstadelva ved elvemunningen til Bolstadfjorden. Foto: INAQ AS.

### 2.2.1 Bolstadfjorden og fjordane ikring Osterøy

Bolstadelva renn ut i Bolstadfjorden ved Bolstadøyri (Figur 1). To av sunnda i fjorden er berre 100 m breie og fjorden strekkjer seg 16 km ut til Veafjorden. Veafjorden er ein av tre fjordar kring Osterøy og strekkjer seg 24 km frå Vaksdal og Sørfjorden i sør til Stamnes og Indre Osterfjorden i nord. Sørfjorden, er ein arm av Osterfjorden på sørvest- og sørsida av Osterøy. Fjorden strekkjer seg frå Veafjorden i aust til Osterfjorden i nord



Figur 6. Studieområdet med dei utplasserte passive lyttebøyene og deira stasjonstilknytting (10- 140) samt utsettsstad for akustisk merka smolt i Vosso (V) og Bolstadelva (B).

### 2.3 Voss klekkeri

Stiftinga Voss Klekkeri er eit samarbeid mellom elveeigarlag, Voss Kommune, BKK og Voss Jeger og Fiskarlag. Stiftinga arbeider fyrst og fremst med å styrkje laks-og sjøarebestanden i Vossovassdraget. Voss Klekkeri har nytta tre ulike måtar å kultivere Vossolaksen i vassdraget. Dette er planting av augerogn, utsetjing av startföra yngel, og smoltproduksjon i samarbeid med Vossolaugget i Evangervatnet. Det vert òg produsert smolt på Voss Klekkeri til forskning i regi av Uni Research Miljø. Vossolaksen er teken vare på i levande genbank. Dei siste 10 åra er det stort sett berre attendeført genbank-rogn som er nytta til kultivering.

### 2.4 Innsamling og akustisk merking av fisk

Vill presmolt av laks vart fanga inn ved elfiske og merka i perioden 15. -17. april 2015 (Tabell 1). Det vart merka 40 presmolt av laks frå Vosso i området ikring Tverrelva og 40 fisk i Bolstadelva (Figur 6). I tillegg vart eit likt tal med klekkerismolt frå Voss klekkeri merka og sett ut på same stad dagen etter.



Figur 7. Akustisk merking av laksesmolt. Legg merke til at fisken under operasjon har aktiv ventilering av gjellene. Foto: INAQ AS.

Ved innsamling av vill presmolt frå Bolstadelva fekk vi tak i 28 fisk i som kunne merkast (høg vassføring). Denne gruppa vart derfor forsterka med 12 presmolt innfanga i Øvre Vosso. Desse fiskane vart kategorisert i gruppa «Vill Bolstad» i alle analysar (Tabell 1). Denne

kategoriseringa vart følgd opp med vurderingar undervegs for å sjå om dei hadde andre responsmønster enn dei ville Bolstadfiskane.

Tabell I. Gjennomsnittleg ( $\pm SD$ ) vekt og lengde hjå akustisk merka laksesmolt frå Vosso og Bolstadelva 2015.

| Vill/Klekkeri | Opphav      | Utsettplass | n  | ID      | Lengde (mm)      | Vekt           |
|---------------|-------------|-------------|----|---------|------------------|----------------|
| Vill          | Vosso       | Vosso       | 40 | 100–139 | 135.8 $\pm$ 10.1 | 21.3 $\pm$ 5.3 |
| Vill          | Bolstad     | Bolstad     | 28 | 140–167 | 133.0 $\pm$ 8.9  | 18.3 $\pm$ 3.5 |
| Vill          | Øvre Vosso* | Bolstad     | 12 | 168–179 | 158.0 $\pm$ 11.7 | 38.1 $\pm$ 5.9 |
| Klekkeri      | Klekkeri    | Vosso       | 40 | 180–219 | 160.2 $\pm$ 10.2 | 40.1 $\pm$ 7.5 |
| Klekkeri      | Klekkeri    | Bolstad     | 40 | 220–259 | 167.7 $\pm$ 9.5  | 44.0 $\pm$ 7.0 |

\*Opprinneleg frå klekkeriet. Startfôra og sett ut som yngel. Fanga i Øvre Vosso før merking.

Dei akustiske merka vart implantert gjennom å følgje ein kirurgiprotokoll som kjem fram av Urke m. fl (2013b). Den same protokollen med dei same «kirurgane» har vorte nytta i ei rekkje tilsvarende prosjekt på utvandrande smolt hjå både aure og laks (Kristensen m. fl. 2011, Urke m. fl. 2011, Urke m. fl. 2013a,b, Lunde 2015, Urke m. fl. 2015), med sær gode resultat med omsyn til overleving og utvandringsåtfærd. Løyve frå forsøksdyrutvalget (FDU) vart innhenta (FOTS ID: 6342). Merka som vart brukt var av typen Thelma Biotel 7,3 $\times$ 18 mm, som veg 1,2 g i vatn, og dei har ei estimert levetid på minimum 7 månadar. Desse merka er programmert til å sende ut ein unik ID-kode som identifiserer kvar einskild fisk med eit periodisk intervall på 30 til 90 sekund. Senderekkjevidda til merka avheng av dei akustiske tilhøva i sjøen og elva ikring mottakarane, og kan variere frå få meter og opp til 120–150 m.

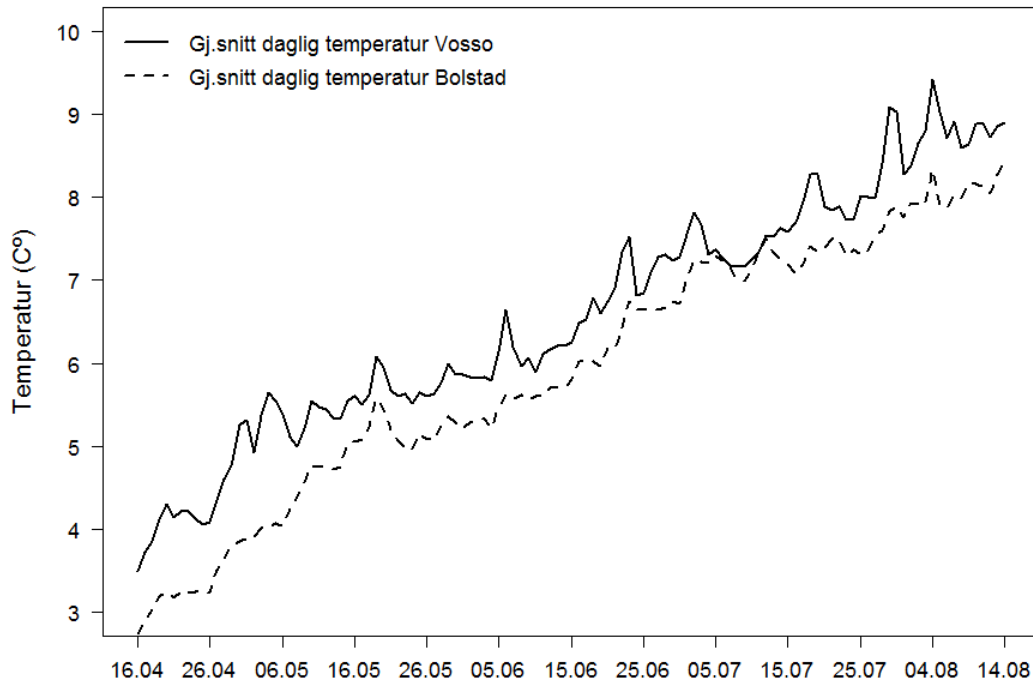
## 2.5 Stasjonsnett – passive lyttebøyer

Lyttebøyer (VR2W, Vemco:<http://vemco.com/products/vr2w-69khz/%20>) vart plassert i vassdraget (elvane og Evangervatnet) og i fjorden utover til Knarvik (Figur 6). Totalt 48 lyttebøyer vart sett ut slik at vi i alt hadde 16 mottaksområde, spreidd på fem i ferskvatn og resten i sjøen (Figur 2). Mottakarane vart sett ut 17. april og teke opp 14. august. Dei vart tappa for data 4. mai, 18. mai, 22. juni og 14. august.

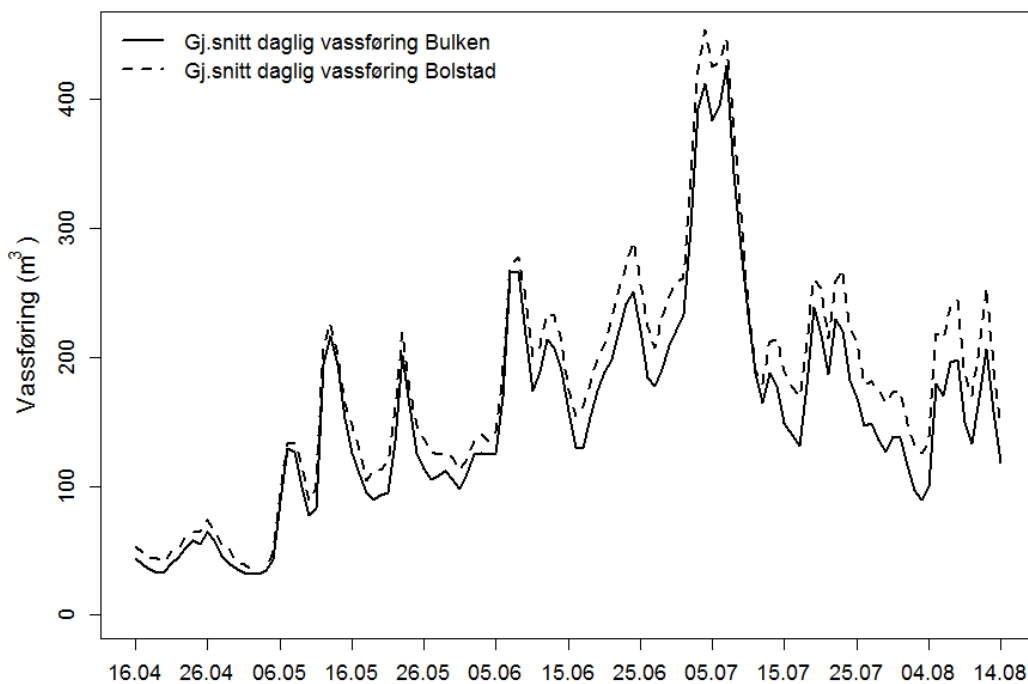
## 2.6 Vassføring og vassstemperatur

Det vart målt vassstemperatur med loggarar (Vemco, Minilog II-T) utplassert i Vosso (Hohølen) og i Bolstadelva (Bolstadhølen). Vassføringsdata vart henta frå NVE (Vosso/Bulken) og BKK (Evanger Kraftverk). Vassføringa i Vosso og Bolstadelva er vist i Figur 9.

Temperaturen i Bolstadelva var i gjennomsnitt 0,62 °C kaldere enn registreringane i Vosso i tidsperioden 16.04 - 14.08.2015. Temperaturen målt i Vosso var signifikant høgare i gjennomsnitt enn i Bolstadelva (t-test:  $t = 22.48, p < 0.005$ ) (Figur 8).



Figur 8. Gjennomsnittleg dagleg vassstemperatur for Vosso og Bolstadelva medio april til medio august i 2015.



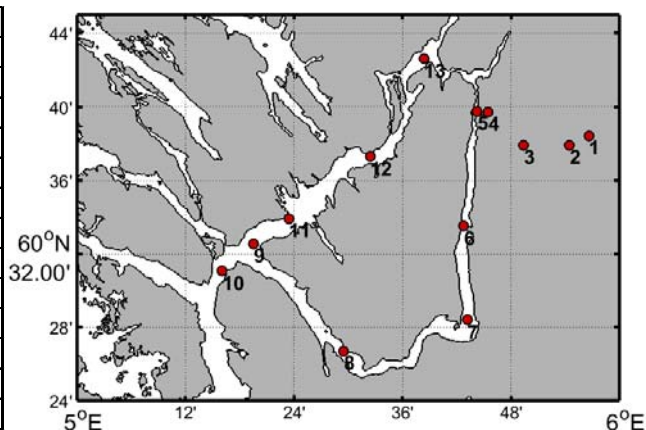
Figur 9. Gjennomsnittleg dagleg vassføring ( $m^3/sek$ ) for Vosso/Bulken (NVE) og Bolstadelva i 2015. Vassføring for Bolstadelva er estimert ved å samanstille data frå Evanger kraftverk (BKK) og Bulken (NVE).



## 2.7 Vertikalprofilar for salinitet og temperatur i fjorden

Vertikalprofilar for salinitet og temperatur vart innsamla 17. april, 4. mai, 18. mai, 22. juni og 14. august ved bruk av ein SAIV SD204 (<http://www.saivas.no/visartikkel.asp?art=2>) på 13 ulike stasjonar frå Bolstadøri og utover til Nordhordalandsbrua (Figur 6). Salinitet vart rekna ut frå konduktivitets- og temperaturkurvene ved bruk av standard metodikk (Fofonoff & Millard 1983). Sjå vedlegg 1 for fleire detaljar.

| Lokalitet           | Stasjon | Posisjon            |
|---------------------|---------|---------------------|
| Bolstadosen         | 1       | 32 V 332883 6726642 |
| Bolstadfjorden Øst  | 2       | 32 V 330889 6725781 |
| Bolstadfjorden vest | 3       | 32 V 326255 6726027 |
| Vikafjorden         | 4       | 32 V 322832 6729513 |
| Veafjorden          | 5       | 32 V 321725 6729662 |
| Tettenes            | 6       | 32 V 319810 6718159 |
| Vaksdal             | 7       | 32 V 319689 6708630 |
| Osterøybrua         | 8       | 32 V 307019 6706118 |
| Sørfjordkallen      | 9       | 32 V 298504 6717464 |
| Nordhordalandsbrua  | 10      | 32 V 295127 6714919 |
| Osterfjorden Vest   | 11      | 32 V 302169 6719822 |
| Ostereidet          | 12      | 32 V 310716 6725618 |
| Vossaneset          | 13      | 32 V 316649 6735185 |

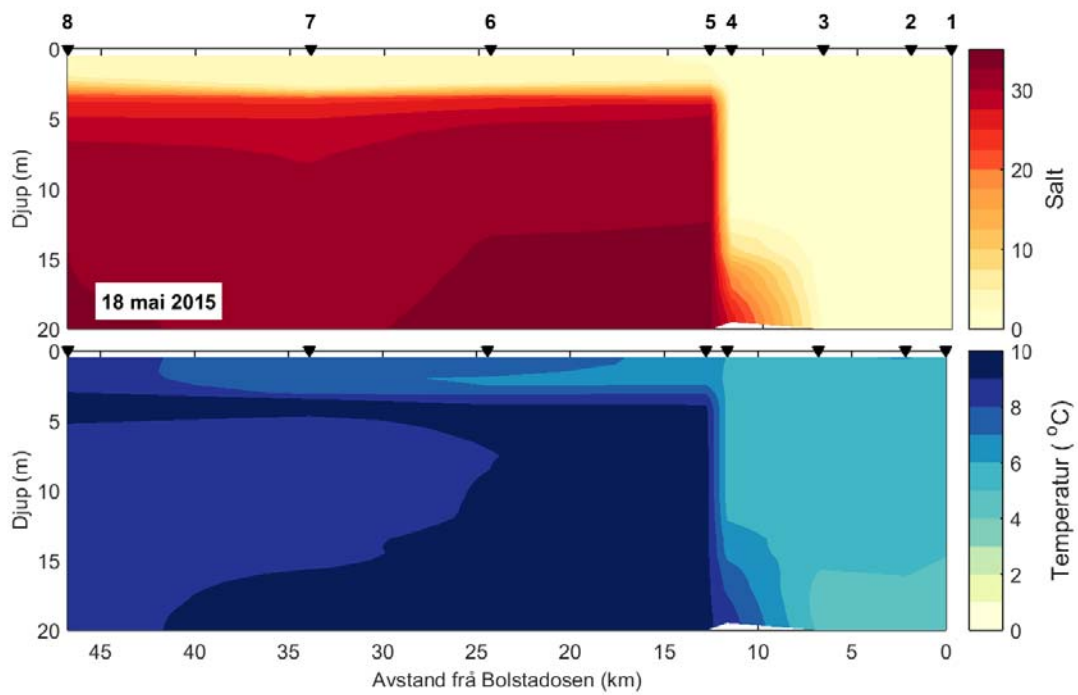
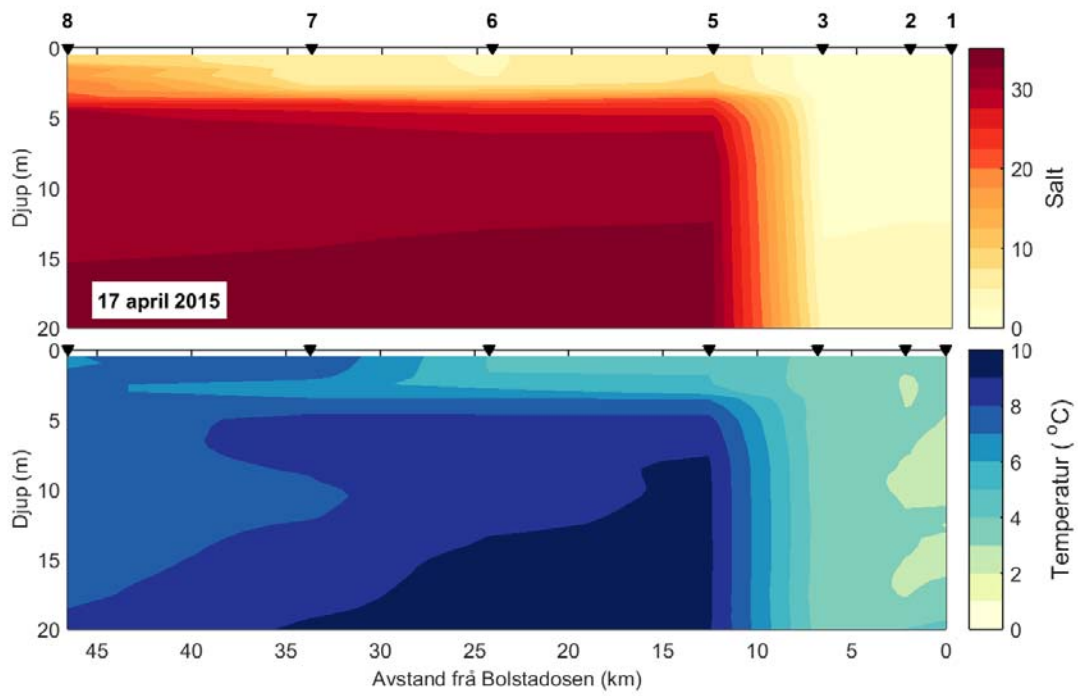


Figur 10. Stasjonar for innsamling av vertikalprofilar av salinitet og temperatur.

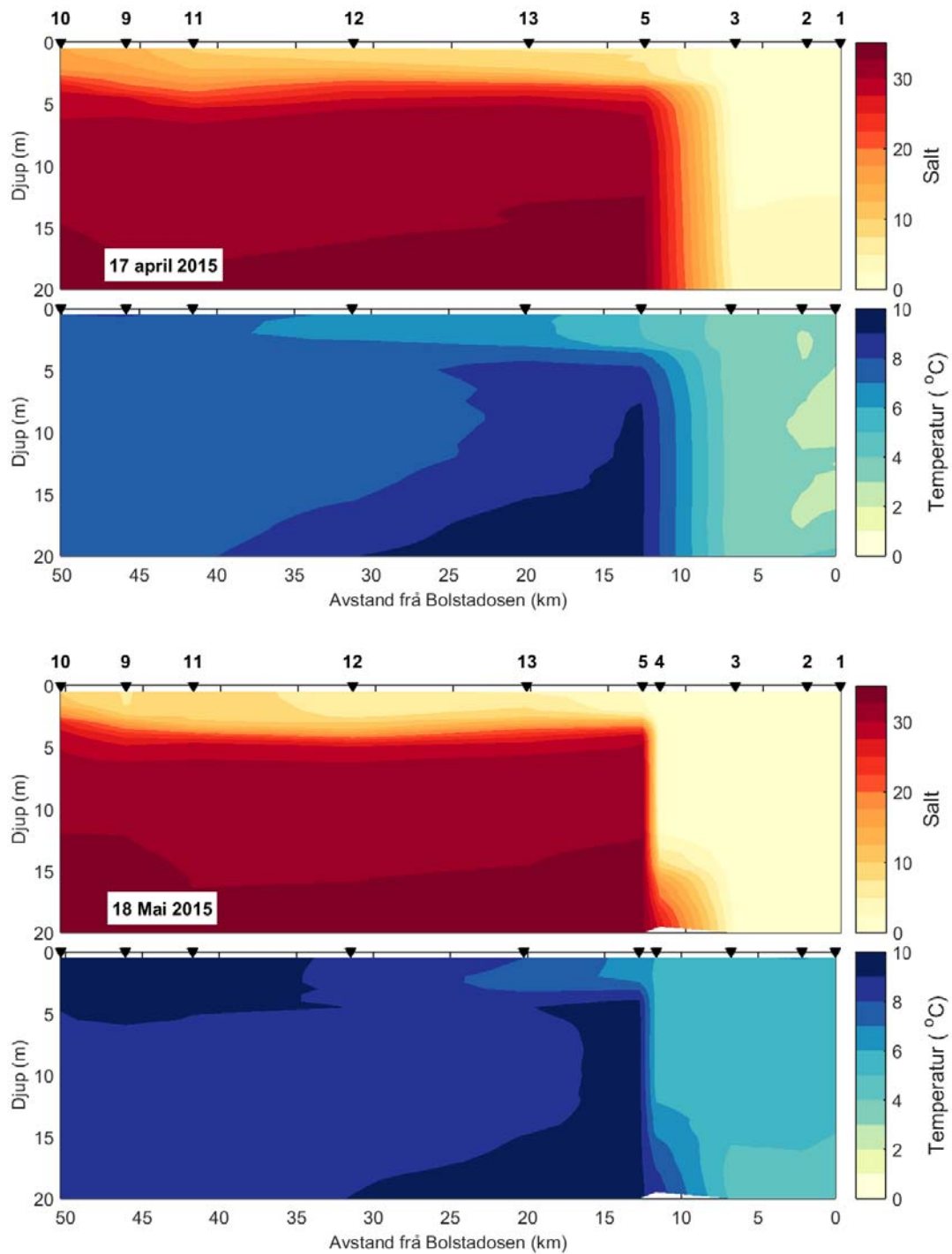
Vertikalprofilane for vassstemperatur og salinitet synte at det var ferskvatn i dei øvre 20 metrane i Bolstadfjorden (stasjon 1-3) både 17. april og 18. mai. Det er elles låg salinitet og brakkvatn i dei øvre 5 metrane av Veafjorden og Osterfjorden heilt ut til Nordhordlandsbrua (stasjon 10). I baa fjordane finn vi ferskare vatn i mai enn i april.

I april var det ein temperaturgradient i dei øvre vasslaga frå om lag 3°C i Bolstadfjorden til 7°C ved Nordhordlandsbrua (stasjon 10). Den same gradienten gjekk frå 5°C til 10°C i midten av mai.

A



**B**



Figur 11. **A.** Lengdesnitt for vertikalprofilar (salinitet og temperatur) ned til 20 m djup 17. april 2015 (øvt) og 18. mai 2015 (nedst) frå Bolstadosen (0) og utover Veafjorden og Sørkjorden. **B.** Tilsvarende profilar ned til 20 m frå april 2015 (øvt) og 18. mai 2015 (nedst) frå Bolstadosen (0) og utover Osterfjorden til Nordhordlandsbrua.

## 2.8 Statistiske analysar

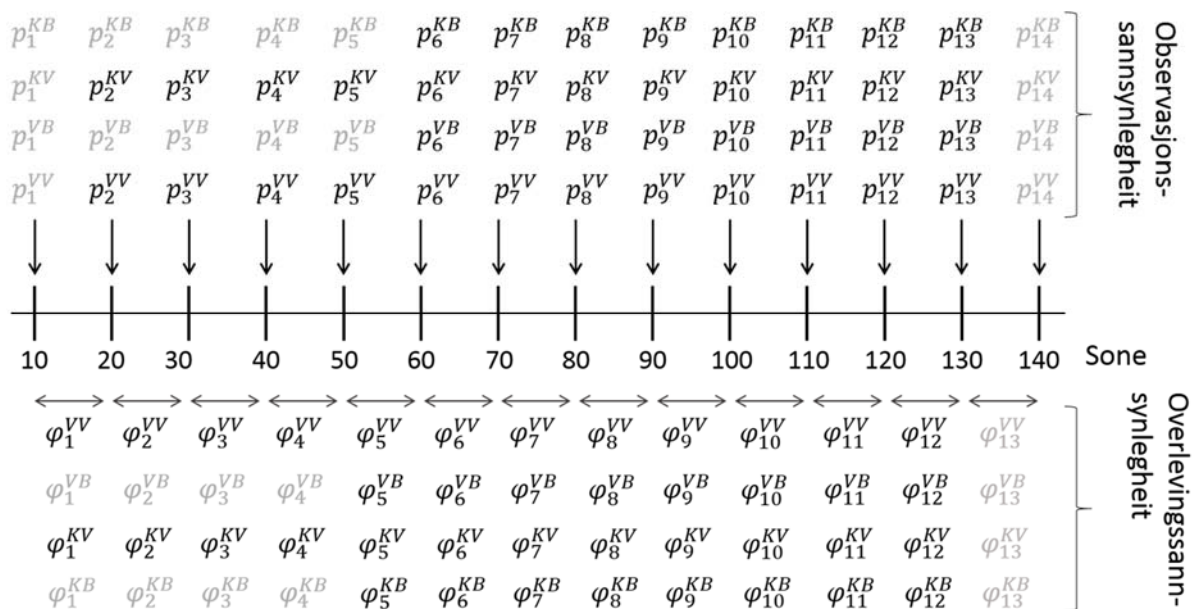
### 2.8.1 Utvandringsanalysar: kva faktorar påverkar utvandringa

Utvandringsanalysane vart fyrst gjennomført med generaliserte additive modellar (GAM, (Hastie & Tibshirani 1990; Wood 2006)) for å finne ut om samanhengen mellom utvandringstala og dei ulike miljøvariablane var lineære eller ei.. Vidare, kva for grad av polynoma som kan nyttast for å modellere samanhengen om dei ikkje var lineære. Responsen i desse modellane var daglege tal på utvandra smolt til sone 20 for smolt sleppt i Vosso og tal på utvandra smolt til sone 50 for smolt sleppt ved Bolstad. Det vart nytta log-link til å linearisere data (dvs Poisson modell, McCullagh & Nelder (1989)). Alle modellane vart tilpassa med eit «offset» som tok omsyn til kor mange merka fisk som var att på elva av dei totalt merka fiskane, slik at ein ikkje analyserte på «falske» effektar der det ikkje er fisk att som kan vandre ut. Av miljøvariablar vart det nytta vassføring, vassføringsendring dei tre siste dagane, vassstemperatur og endring i vassstemperatur dei siste tre dagane. Ein full modell vart sett opp med alle miljøvariablane. Deretter vart kandidatmodellar, som omfatta å ta bort ein og ein miljøvariabel om gongen, tilpassa. Denne prosedyra gjev eit utval kandidatmodellar som ein reknar ut Akaike's Information Criterion (AIC) for med tilhøyrande AIC-vekt. AIC-vekta seier noko om stønaden til kvar einskild kandidatmodell (Burnham & Anderson 1998). Alle modellar med AIC-vekt over 0,20 vart sett nærare på gjennom å tilpasse den relevante generaliserte lineære modellen (GLM, McCullagh & Nelder (1989)), ut frå GAM-resultatet for dei respektive modellane.

### 2.8.2 Merke-attfangstanalyser: overlevings- og observasjonssannsynlegheit

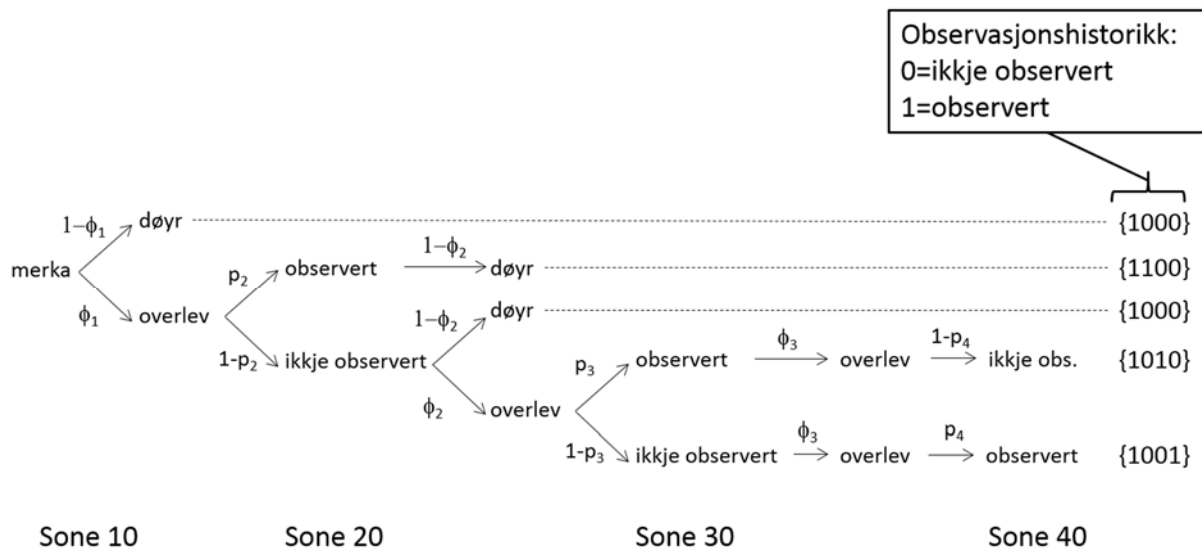
For å estimere overlevingsforløpet til dei utvandrande smoltgruppene nytta vi ei sekvensiell tilnærming til Cormack-Jolly-Seber modellering (CJS, Lebreton m. fl. 1992). Denne modelleringa har to parametertypar, observasjonssannsynlegheit ( $p$ ) og overlevingsssannsynlegheit ( $\phi$ ). Ein skal vere klar over at  $\phi$  eigentleg skal tolkast som *tilsynelatande* overleving. Til dømes, dersom eit individ vandrar ut av studieområdet og ikkje vert sett att seinare, vil det bidra til modellane som daud – sjølv om dette individet kan vere i live utanfor studieområdet. I studiesystemet vårt vil individ som vandrar utanfor rekkjevidda til lyttebøyene, til dømes oppstraums frå sone 10, eller bli stasjonære mellom lyttebøyene, bidra til høgare dødelegheit enn den faktiske dødelegheita. Modelleringa går ut frå at smolten har normal smoltåtfærd – dvs at han symnedstraums elva og ut mot havet.

Både parametertypene kan estimerast til å variere mellom sonene eller vere konstant (dvs like) mellom sonene eller delar av sonene (t.d. lik innan ferskvassonene, men ulike mellom saltvassonene). Parameterane kan òg estimerast som funksjon av individkarakterar (t.d. storleik) og gruppe (t.d. vill vs klekkeri). I Figur 12 er det framstilt alle moglege parameterestimater som teoretisk kan utreknast under full romleg variasjon for både overlevings- og observasjonssannsynlegheit ( $\phi(\text{son}*\text{gruppe}), p(\text{son}*\text{gruppe})$ ). Legg merke til at det ikkje let seg gjere å estimere  $\phi_{13}$  og  $p_{14}$ . Dette skuldast at det ikkje kan skiljast mellom observasjonssannsynlegheit og overleving for det siste intervallet då ein treng informasjon om vidare lagnad for å gjere dette. Så for sisteintervallet får ein i staden berre estimert produktet mellom  $\phi_{13}$  og  $p_{14}$ . Skulle ein av ein eller annan grunn kjenne  $p_{14}$ , eller ha rimeleg grunn til å setje han lik andre stasjonar, kan  $\phi_{13}$  likevel estimerast. For kvar fisk vert det laga ein observasjonshistorikk. Om ein fisk vert registrert på ein eller fleire av lyttebøyene innan ei sone får han verdien «1» og dersom han ikkje vert registrert vert verdien «0» (Figur 13). For alle fisk vert det sett saman ein sekvens av 14 verdier som utgjer observasjonshistorikken. Til dømes vil observasjonshistorikken 10011000000000 tyde at fisken vart merka i sone 10 og ikkje observert att i korkje sone 20 eller 30, men observert i sone 40 og i sone 50, og aldri etter dette (berre 0ar).



Figur 12. CJS-parameterisering av modellen  $\{\phi(\text{son}*gruppe), p(\text{son}*gruppe)\}$  der det teoretisk er mogleg å estimere 84 parameterar. Her vil kvar gruppe ha eigne sonerelaterte estimater for både parametertypene. Gråe parametrar er ikkje estimerbare. Bokstavane oppe til høgre ved parameterane gjev kva gruppe dei gjeld (t.d. VV = villsmolt, utsett i Vosso; KB=klekkerismolt, utsett i Bolstadelva).

Med utgangspunkt i observasjonshistoriane reknar programmet MARK (White og Burnham 1999) ut parameterestimata gjennom å nytte log-likelihood metodikk.

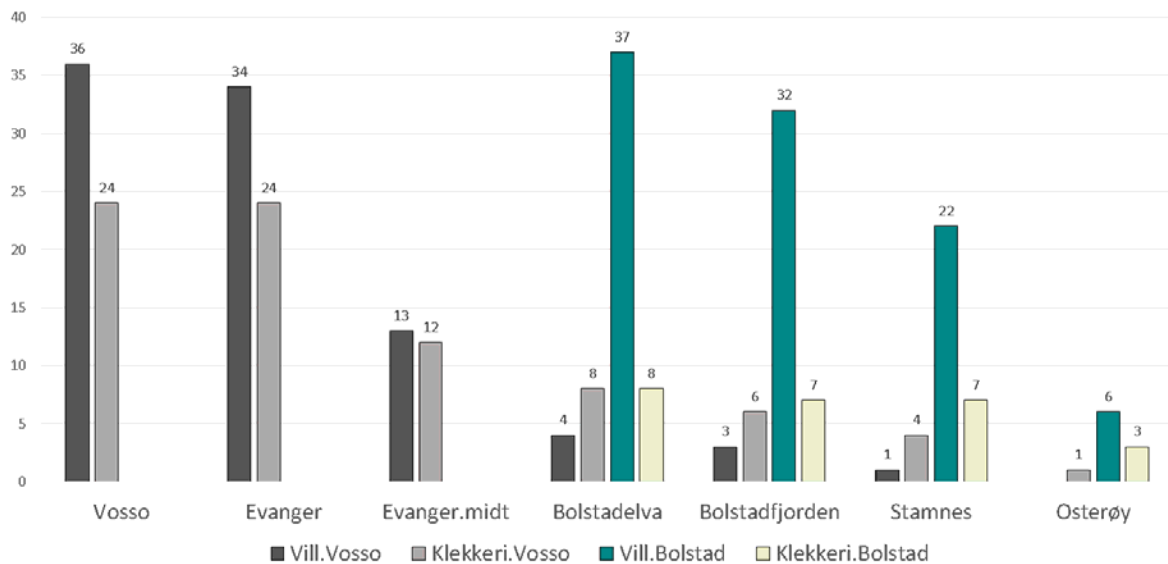


Figur 13. Lagnadsdiagram for dei fire øvste sonene i Vosso med fem døme på observasjonshistoriar.  $\phi_i$  tyder overlevingssannsynlegheit mellom sone  $i$  og  $i+1$  og  $p_i$  er observasjonssannsynlegheit i sone  $i$  (sjå Figur 6).

### 3 Resultat

#### 3.1 Registreringar

I alt vart det registrert 1 658 231 einskilddeteksjonar på lyttebøyene i heile nettverket. Desse utgjorde 131 registrerte einskildindivid.

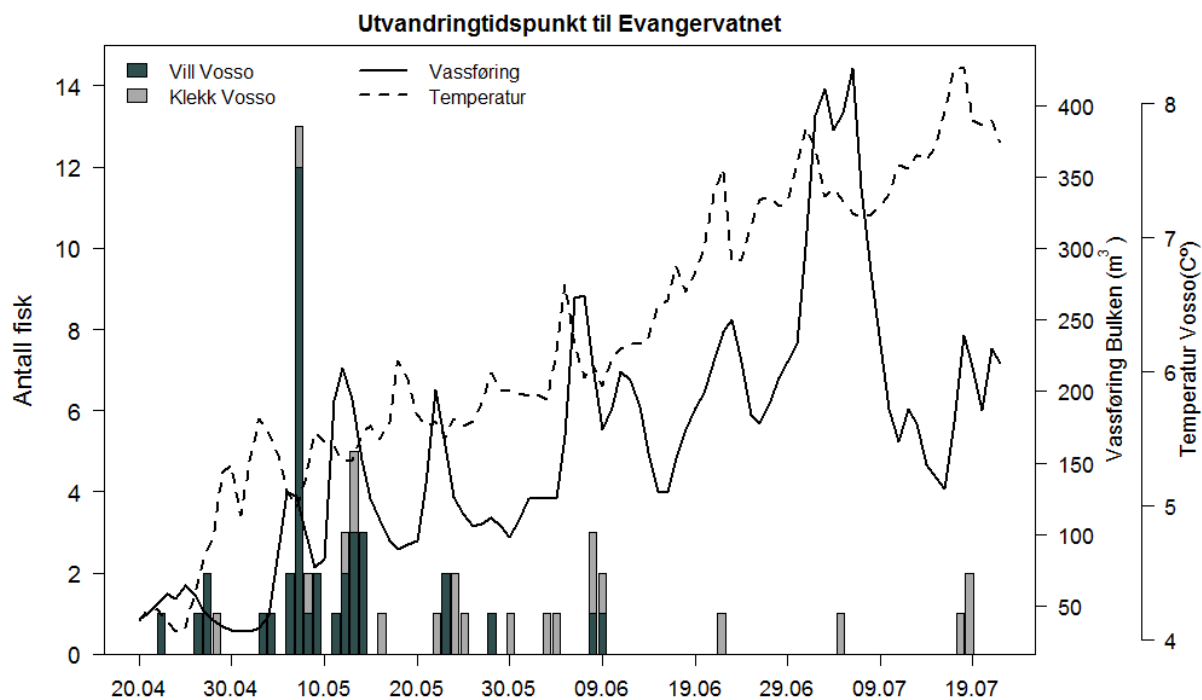


Figur 14. Tal på observerte laksesmolt frå alle dei fire gruppene i ulike delar av vassdraget og fjordsystemet. «Stamnes» er ytre del av Bolstadjorden (sone 90 og 100).

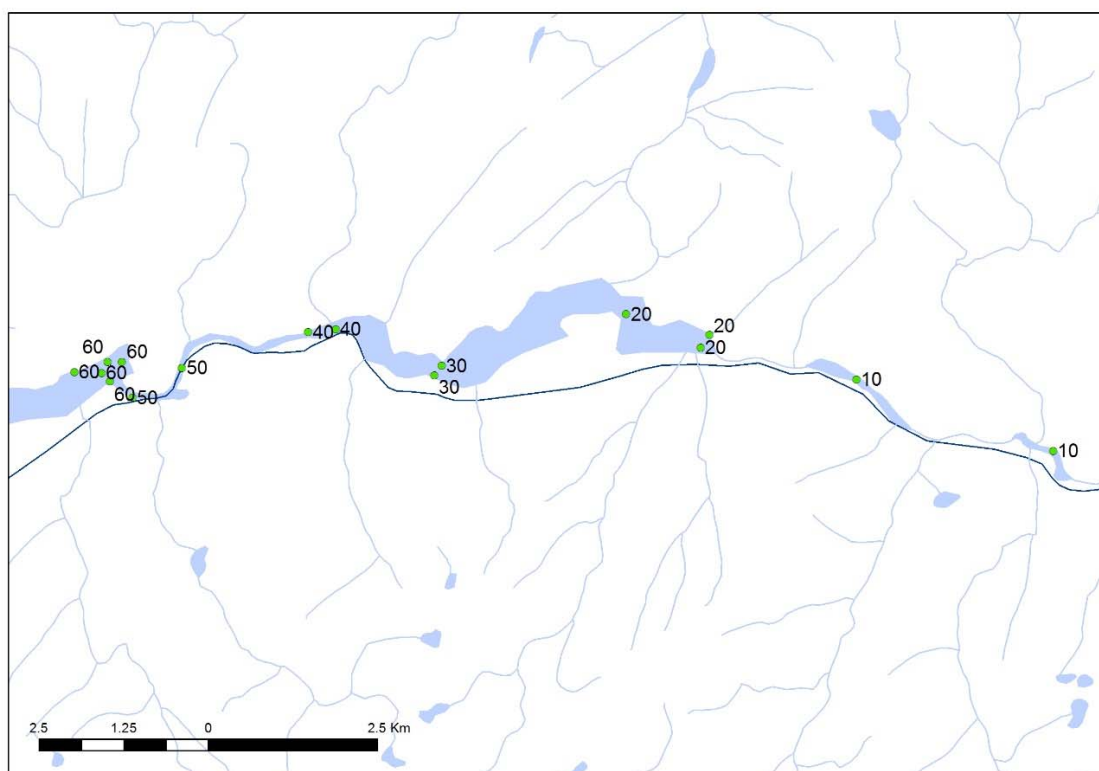
#### 3.2 Utvandring frå Vosso til Evangervatnet

Smolten som vart sett ut i Vosso, vart registrert i Evangervatnet frå 21. april til 21. juni. Villsmolten vart i hovudsak observert tidlegare enn klekkerismolten (Figur 15).

Frå området i elveosen (sone 20, sjå detaljert kart Figur 16) og vidare til lyttebøyene midt på Evangervatnet (sone 30) var det eit stort tap av fisk, men det var òg eit stort tal smolt som vart ståande i ro innanfor mottakarrekkevidda til stasjonane ut studieperioden. Smolt som gav same deteksjon gjennom heile sommaren vart klassifisert som daud.



Figur 15. Utvandring til Evangervatnet av akustisk merka vill- og klekkerismolt frå Vosso sesongen 2015, med vassføring og temperatur Vosso.



Figur 16. Lyttestasjonar i vassdraget og deira sonetilknytting.



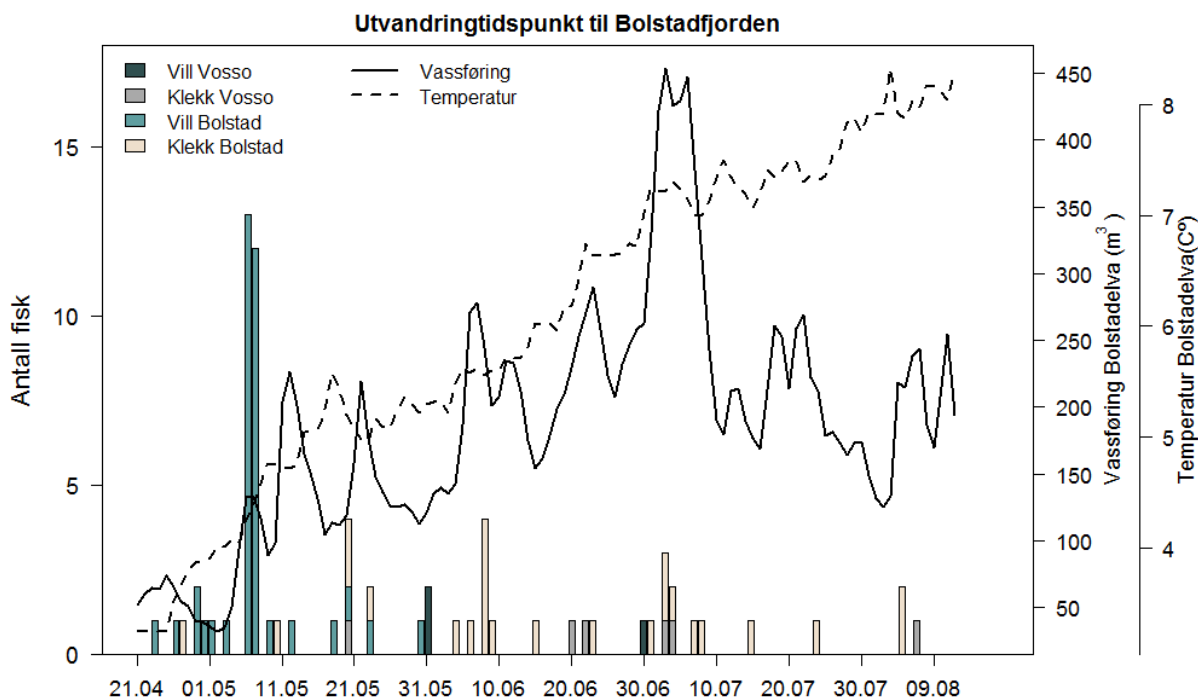
Av 40 villsmolt frå Vosso vart det deteksjonar av 38 fisk, der 37 vandra ut i Evangervatnet i perioden 21. april til 13. mai, med hovudtyngde kring 6. mai. Dei fleste av desse oppheldt seg i austenden av Evangervatnet (sone 20) frå nokre timar til fleire veker før dei vandra vidare gjennom vatnet. I austenden av vatnet var det god dekning med lyttebøyer noko som gav jamlege deteksjonar medan dei oppheldt seg der. Mellom der Vosso kjem inn i Evangervatnet (sone 20) til lyttebøyene midt på vatnet (sone 30) var det eit stort fråfall av individ og berre 14 nådde fram. Dette utgjer eit fråfall på over 60 prosent på nokre kilometer (Figur 6). Dei 14 individa nytta i snitt  $9,5 \pm 9,5$  (SD) dagar på å ta seg frå innosen (sone 20) til midt på vatnet (sone 30).

I alt 10 villsmolt hadde kontinuerlege deteksjonar i vatnet ut studieperioden, og vart vurdert til å vere daude og liggjande innan rekkevidde av ei lyttebøye; to i elveosen og åtte midt på vatnet (sone 30). Det var berre tre smolt frå denne gruppa som kom seg ut til Bolstadfjorden. Ein av desse vart registrert ute ved Stamnes.

Av dei 40 klekkerismoltane som vart sett ut i Vosso, var det deteksjonar av i alt 25 i Evangervatnet. Desse vandra ut i Evangervatnet i perioden frå 27.0 april til 21. juni med hovudvekt mot slutten av mai (Figur 6). Dette er fleire veker seinare enn villsmolten. Av desse 25 var det 13 som vart registrert i sone 30 midt i Evangervatnet. Dette tilsvarar eit fråfall på omlag 50 prosent frå sone 20 til 30. Dei 13 klekkerismoltane nytta i snitt  $17,27 \pm 16,82$  dagar på å ta seg frå sone 20 til sone 30. Seks av klekkerismoltane vandra ut i sjøen, og eitt individ vart registrert heilt ute ved dei ytste fjordbøyene (sone 140).

### **3.3 Utvandring frå Bolstadelva til Bolstadfjorden**

Utvandringa av vill laksesmolt i Bolstadelva fall i stor grad saman med ein auke i vassføringa 6. mai der 25 av dei merka individa vandra ut 6–7. mai. Vidare utover sesongen var utvandringa spreidd ut i små «drypp» av smolt (hovudsakleg klekkerifisk) som fann stad etter ein auke i vassføringa (Figur 17).



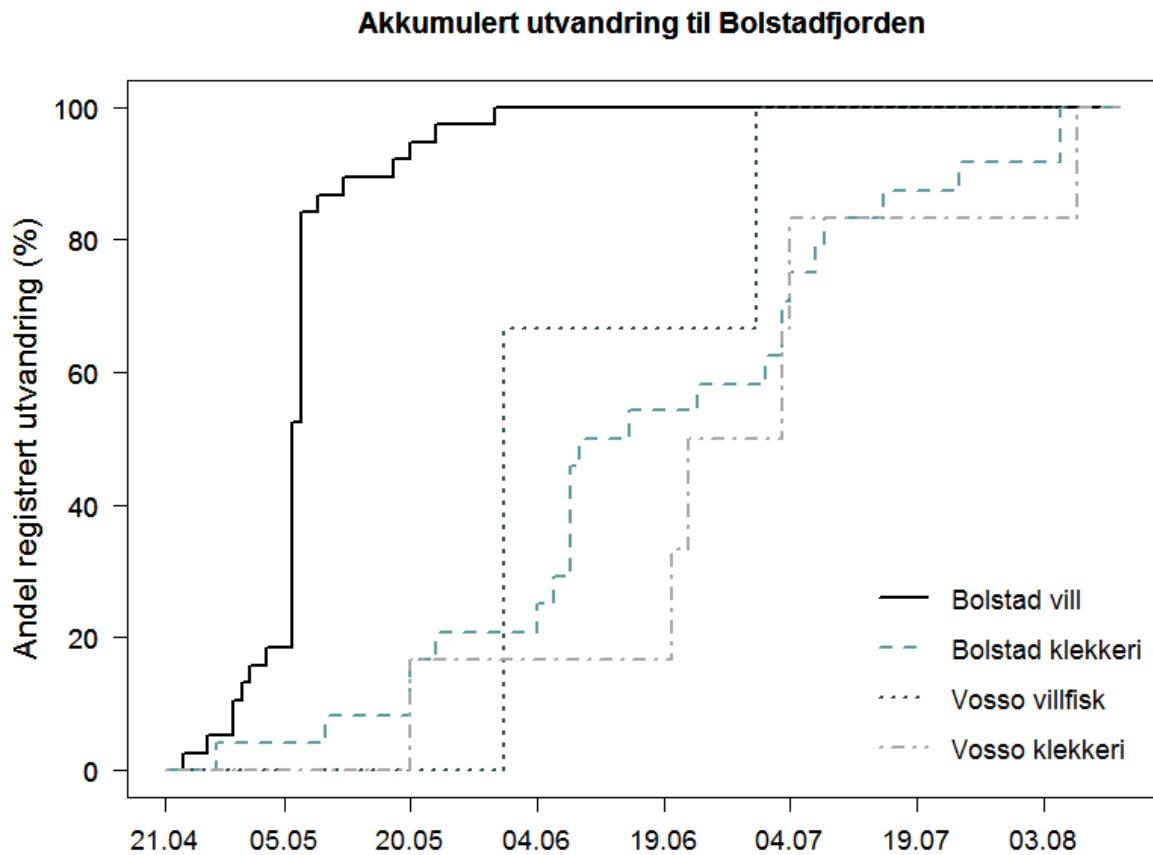
Figur 17. Utvandring av akustisk merka vill- og klekkerismolt frå Vosso og Bolstadelva sesongen 2015 med vassføring og temperatur i Bolstadelva.

Utvandringsanalysane med GAM-verkøyet favoriserte ein modell der endring i vassføringa ved Bolstad dei siste 3 dagane ( $\Delta(3)$ vassføring), og vassstemperatur var signifikante faktorar som påverka utvandringssannsynlegheita av vill laksesmolt til Bolstadfjorden (Tabell II).

Tabell II. Parameterestimater for den utvalde GLM-modellen som estimerer sannsynlegheit for utvandring til Bolstadfjorden av vill laksesmolt pr døger. Parameterestimata er på logit-skala. Polynomgraden til prediktorvariablane er basert på AIC-utval av ei rekkje GAM-modellar. Ver merksam på at  $\Delta(3)$ vassføring er modellert som tredjegradspolynom og vassstemperature som annangradspolynom. Det var ikkje signifikant korrelasjon mellom  $\Delta(3)$ vassføring og vassstemperatur ( $r_P=0,19$ ,  $p=0,29$ ), så prediktorvariablane kan modellerast som uavhengige variablar.

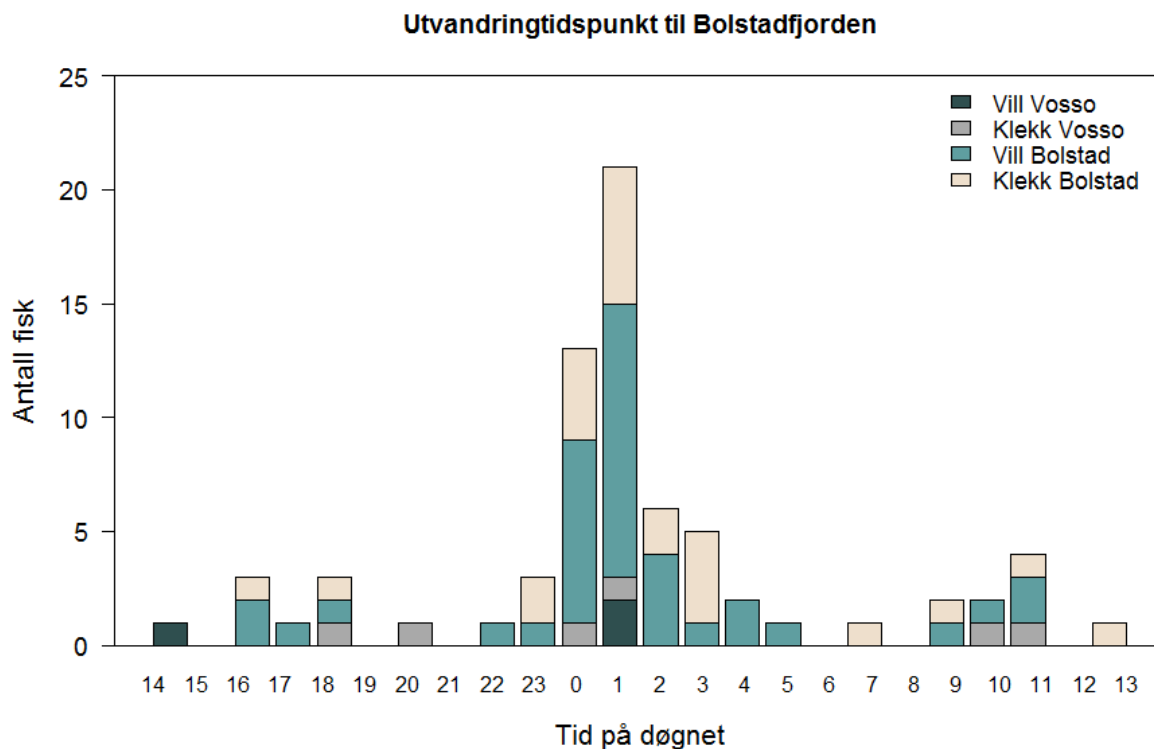
| Parameter                           | Estimat  | SE      | z verdi | Pr(> z ) |
|-------------------------------------|----------|---------|---------|----------|
| Intercept                           | -126.229 | 31.320  | -4.030  | <0.0001  |
| $\Delta(3)$ vassføring              | 243.564  | 97.080  | 2.509   | 0.012    |
| $\Delta(3)$ vassføring <sup>2</sup> | -252.378 | 105.187 | -2.399  | 0.016    |
| $\Delta(3)$ vassføring <sup>3</sup> | 84.101   | 37.326  | 2.253   | 0.024    |
| vassstemperatur                     | 20.890   | 6.328   | 3.301   | 0.001    |
| vassstemperatur <sup>2</sup>        | -2.197   | 0.713   | -3.080  | 0.002    |

På grunn av fråfallet av laksesmolt frå Vosso i Evangervatnet var det berre tre individ som overlevde ned til Bolstadfjorden, to av desse vart registrert fyrste gong 31. mai, og den siste 30. juni.



Figur 18. Akkumulert utvandring til Bolstadfjorden av akustisk merka vill og klekkeriprodusert smolt frå Vosso og Bolstadelva sesongen 2015.

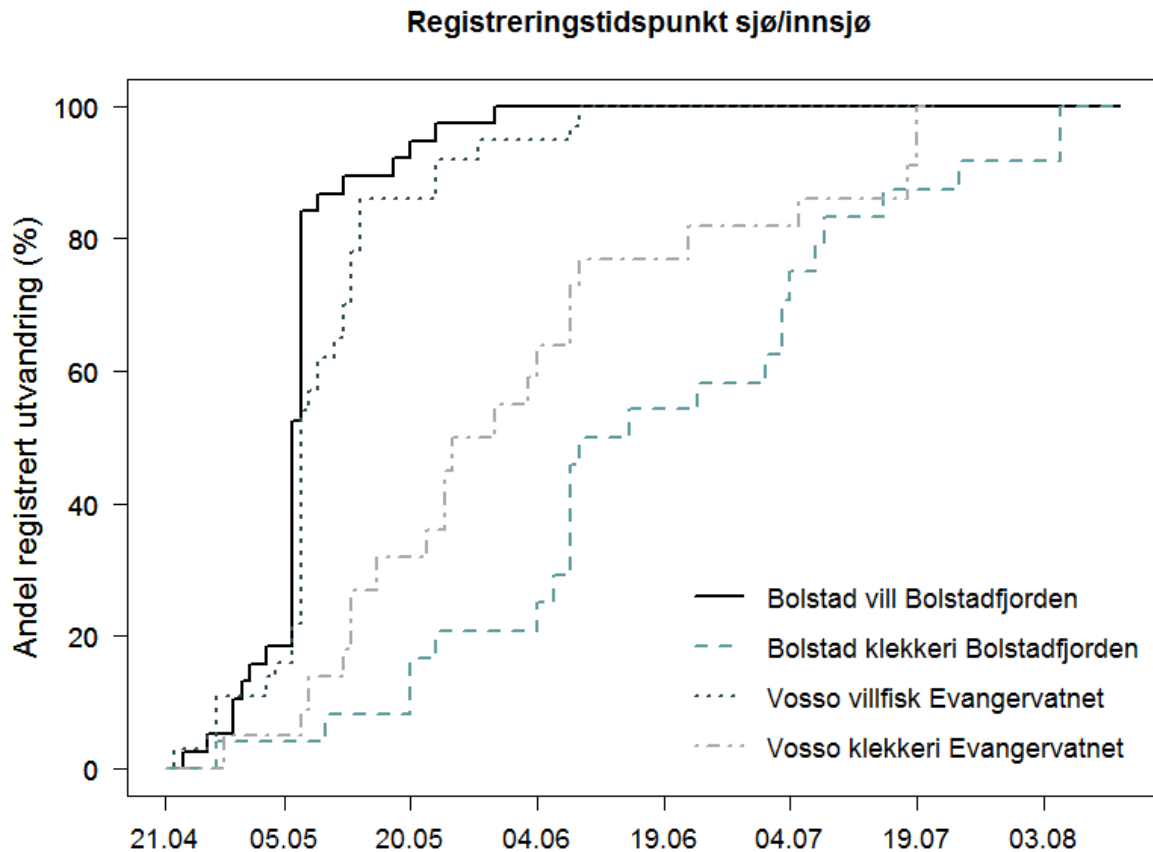
Utvandringa frå elv til fjord var definert som fyrste observasjon på lyttebøyene som var plassert i elvemunning og utover Bolstadfjorden. Denne vandringa frå elv til sjø gjekk i all hovudsak føre seg på den mørkaste delen av døgeret, der om lag 70% av all registrert fisk vart observert mellom klokka 23:00 og 04:00 (Figur 19).



Figur 19. Tidspunkt på døgeret for fyrste observasjon i elvemunningen i Bolstadosen for akustisk merka laksesmolt sesongen 2015.

### 3.4 Samanlikning mellom smolt utsett i Vosso med smolt utsett i Bolstadelva

Det var god korrelasjon mellom vandringstidspunktet for dei to gruppene med villfisk der omlag 85% av alle dei utvandrande individa vert registrert før 9. mai 2015. Klekkerismolten hadde eit mykje meir utdrege utvandringsforløp enn villsmoltgruppene i begge systema, og 85% av klekkerismolten hadde vandra ut fyrst i byrjinga av juli 2015.

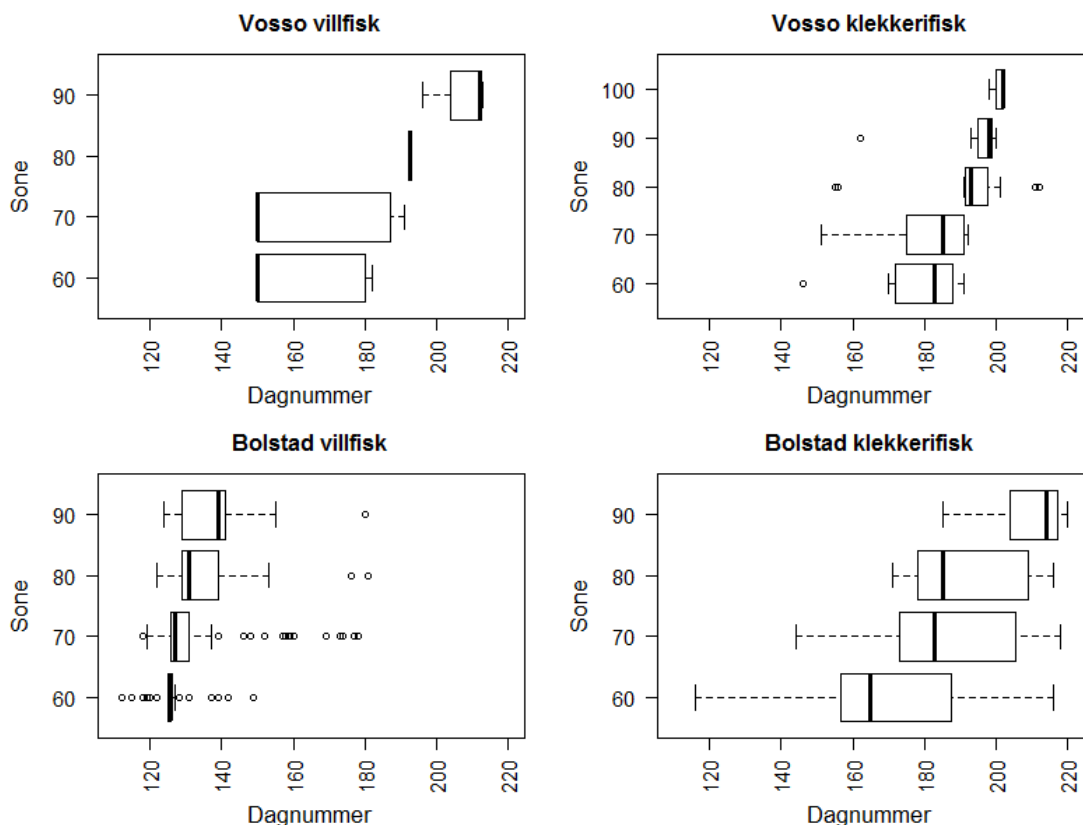


Figur 20. Akkumulert utvandring hjå laksesmolt frå Vosso til Evangervatnet og for laksesmolt i Bolstadelva til Bolstadfjorden.

### 3.5 Vandring i fjorden

#### 3.5.1 Opphaldsstid

Opphaldstida i dei ulike fjordsonene er illustrert i Figur 21. Utvandringstidspunktet for vill laksesmolt frå Bolstadelva er tidlegare enn for klekkerifisk sett ut ved Bolstad. Det er òg store skilnadar mellom opphaldstid i dei ulike sjøsonene der klekkerifisken frå Bolstad har eit særskilt langt tidsvindauge på utvandringa samanlikna med villfisk frå Bolstad.



Figur 21. Utvandringstidspunkt og omfang av deteksjonar i dei ulike sjøsonene for vill- og klekkerifisk frå Vosso og Bolstadelva 2015. Vertikal markert line er medianverdien (tyngdepunktet), boksen utgjer 25-75 percentilen (50% av observasjonane ligg innanfor dette intervallet), vertikal stipla linje er 5-95 percentilen (90% av observasjonane ligg innanfor dette intervallet), og runde punkt er enkeltobservasjonar utanfor dette området. Få individ (3 stk) frå Vosso villfisk er årsaka til dei litt spesielle plotta av desse.

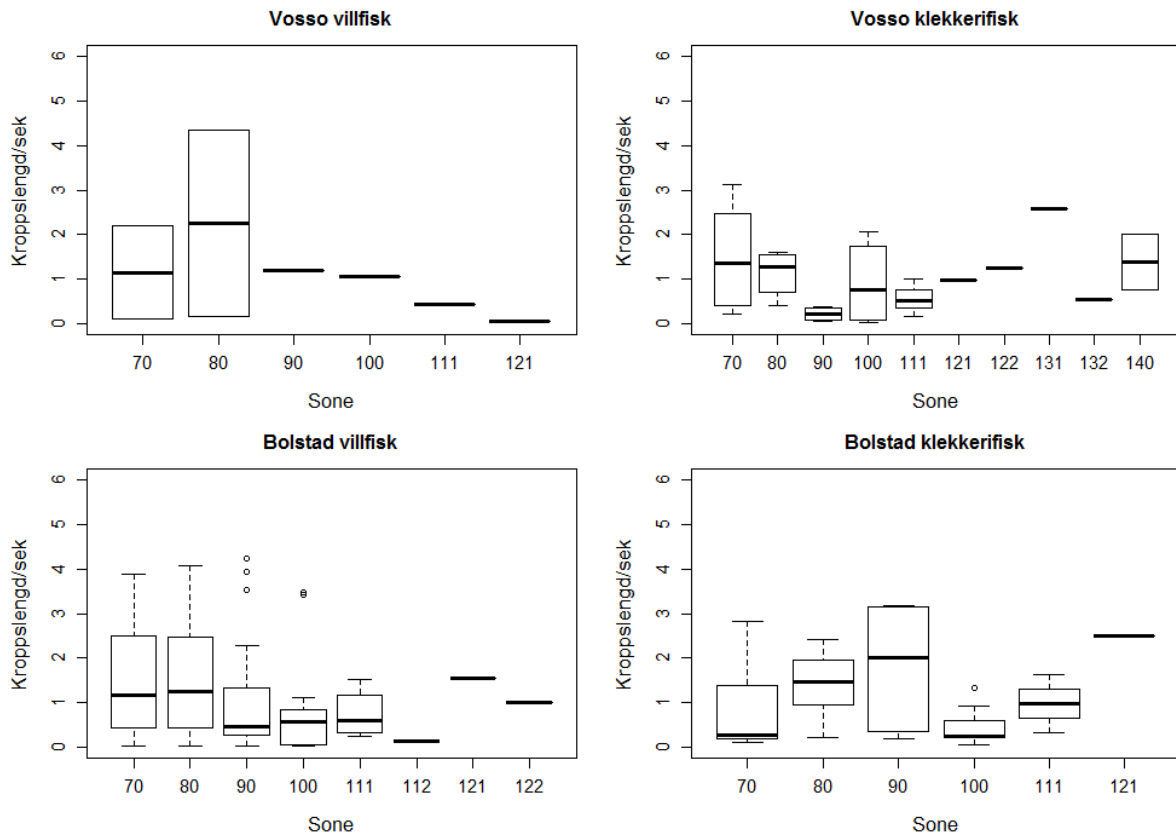
Det var store skilnadar mellom gruppene i høve til perioden dei vart registrert på lyttebøyene i Bolstadelvaosen der villfisk frå Bolstadelva var ferdig med utvandringa ikring 7. mai, medan dei andre gruppene hadde eit gjennomsnittleg utvandringstidspunkt godt over ein måned seinare (Tabell III).

Tabell III. Registeringsperiode for dei fire smoltgruppene i osen av Bolstadelva 2015.

|                         | Min       | 1.kvantil | Median    | Gj.snitt  | 3.kvantil | Maks      |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Vill Vosso</b>       | 31.5.2015 | 31.5.2015 | 31.5.2015 | 10.6.2015 | 22.6.2015 | 02.7.2015 |
| <b>Klekkeri Vosso</b>   | 27.5.2015 | 22.6.2015 | 03.7.2015 | 26.6.2015 | 08.7.2015 | 11.7.2015 |
| <b>Vill Bolstad</b>     | 23.4.2015 | 06.5.2015 | 07.5.2015 | 06.5.2015 | 07.5.2015 | 30.5.2015 |
| <b>Klekkeri Bolstad</b> | 27.4.2015 | 06.6.2015 | 15.6.2015 | 19.6.2015 | 07.7.2015 | 05.8.2015 |

### 3.5.2 Vandringshastighet i fjorden

Det var stor variasjon i vandringshastighetene utover fjorden mellom dei ulike sonene og mellom smoltgruppene (Figur 22, Tabell IV). Ver merksam på at det er særst få individ bak dei fleste av tala her. Det var ingen trend i utvandringshastighetene i høve til avstand til elveosen.



Figur 22. Vandringshastighet over dei forskjellige sonene hjå vill- og klekkerfisk frå Vosso og Bolstadelva 2015. Vertikal markert linje er medianverdien (den midtarste observerte verdien), boksen er 25-75 percentilen (50% av observasjonane ligg innanfor dette intervallet), vertikal stipla linje er 5-95 percentilen (90% av observasjonane ligg innafør dette intervallet), og runde punkt er enkeltobservasjonar utanfor dette området. Soneforklaring: 70=Bolstadøyri-Tysso, 80=Tysso-Dyrvik, 90=Dyrvik-Vikafjorden, 100=Vikafjorden-Stamnes, 111=Stamnes-Tettenes, 112=Stamnes-Vossanes, 121=Tettenes-Vaksdal, 122=Vossanes-Drangsnes, 131=Hana-Kvamme, 132=Drangsnes-Hjelvik og 140=Hjelvik-Knarvik kai.

Tabell IV. Gjennomsnittlege vandringshastigheiter for laksesmolt mellom dei ulike sonene i fjordsystemet, frå Bolstadøyri til ytre del av Osterfjorden

| Bakgrunn                  | vill/klekkeri              | Sone                       | Gj.snitt vandringshastighet<br>(kroppslengde/sekund) |                           |      |
|---------------------------|----------------------------|----------------------------|--|---------------------------|------|
| Vosso                     | Vill                       | <i>Bolstadøyri-Tysso</i>   | 1,15   |                           |      |
|                           |                            | <i>Tysso-Dyrvik</i>        | 2,25   |                           |      |
|                           |                            | <i>Dyrvik-Vikafjorden</i>  | 1,19   |                           |      |
|                           |                            | <i>Vikafjorden-Stamnes</i> | 1,07   |                           |      |
|                           |                            | <i>Stamnes-Tettenes</i>    | 0,42   |                           |      |
|                           |                            | <i>Tettenes-Vaksdal</i>    | 0,05   |                           |      |
|                           |                            | Klekkeri                   | <i>Bolstadøyri-Tysso</i>                             | 1,48                      |      |
|                           | <i>Tysso-Dyrvik</i>        |                            | 1,14   |                           |      |
|                           | <i>Dyrvik-Vikafjorden</i>  |                            | 0,21   |                           |      |
|                           | <i>Vikafjorden-Stamnes</i> |                            | 0,91   |                           |      |
|                           | <i>Stamnes-Tettenes</i>    |                            | 1,69   |                           |      |
|                           | <i>Tettenes-Vaksdal</i>    |                            | 0,98   |                           |      |
|                           | <i>Vossanes-Drangsnes</i>  |                            | 1,26   |                           |      |
|                           | <i>Hana-Kvamme</i>         |                            | 2,59   |                           |      |
|                           | <i>Drangsnes-Hjelvik</i>   |                            | 0,54   |                           |      |
|                           | <i>Hjelvik-Knarvik kai</i> |                            | 1,38   |                           |      |
|                           | Bolstad                    |                            | Vill   | <i>Bolstadøyri-Tysso</i>  | 1,47 |
|                           |                            |                            |  | <i>Tysso-Dyrvik</i>       | 1,51 |
|                           |                            |                            |  | <i>Dyrvik-Vikafjorden</i> | 1,11 |
|                           |                            | <i>Vikafjorden-Stamnes</i> |  | 0,86                      |      |
| <i>Stamnes-Tettenes</i>   |                            | 0,74                       |  |                           |      |
| <i>Stamnes-Vossanes</i>   |                            | 0,13                       |  |                           |      |
| <i>Tettenes-Vaksdal</i>   |                            | 1,54                       |  |                           |      |
| <i>Vossanes-Drangsnes</i> |                            | 1,01                       |  |                           |      |
| Klekkeri                  |                            | <i>Bolstadøyri-Tysso</i>   |  | 0,9                       |      |
|                           |                            | <i>Tysso-Dyrvik</i>        | 1,42   |                           |      |
|                           |                            | <i>Dyrvik-Vikafjorden</i>  | 1,81   |                           |      |
|                           |                            | <i>Vikafjorden-Stamnes</i> | 0,47   |                           |      |
|                           |                            | <i>Stamnes-Tettenes</i>    | 0,98   |                           |      |
|                           |                            | <i>Tettenes-Vaksdal</i>    | 2,5  |                           |      |

### 3.5.3 Estimert overleving i ulike delar av utvandingsruta

Cormack-Jolly-Seber-modellen som fekk størst AICc-stønad, inneheld uavhengige soneeffektar mellom dei fire smoltgruppene – dvs  $\phi = \text{gruppe} \cdot \text{sone}$  – og berre soneeffekt for attfangstsannsynlegheita ( $p = \text{sone}$ ). Det vart tilpassa ei rekkje andre kandidatmodellar, men den mest støtta modellen fekk 6.8 AICc-einingar lågare enn den nest mest støtta modellen. Det var liten stønad for smoltlengdeeffektar for både overlevings- og observasjons-sannsynlegheit.



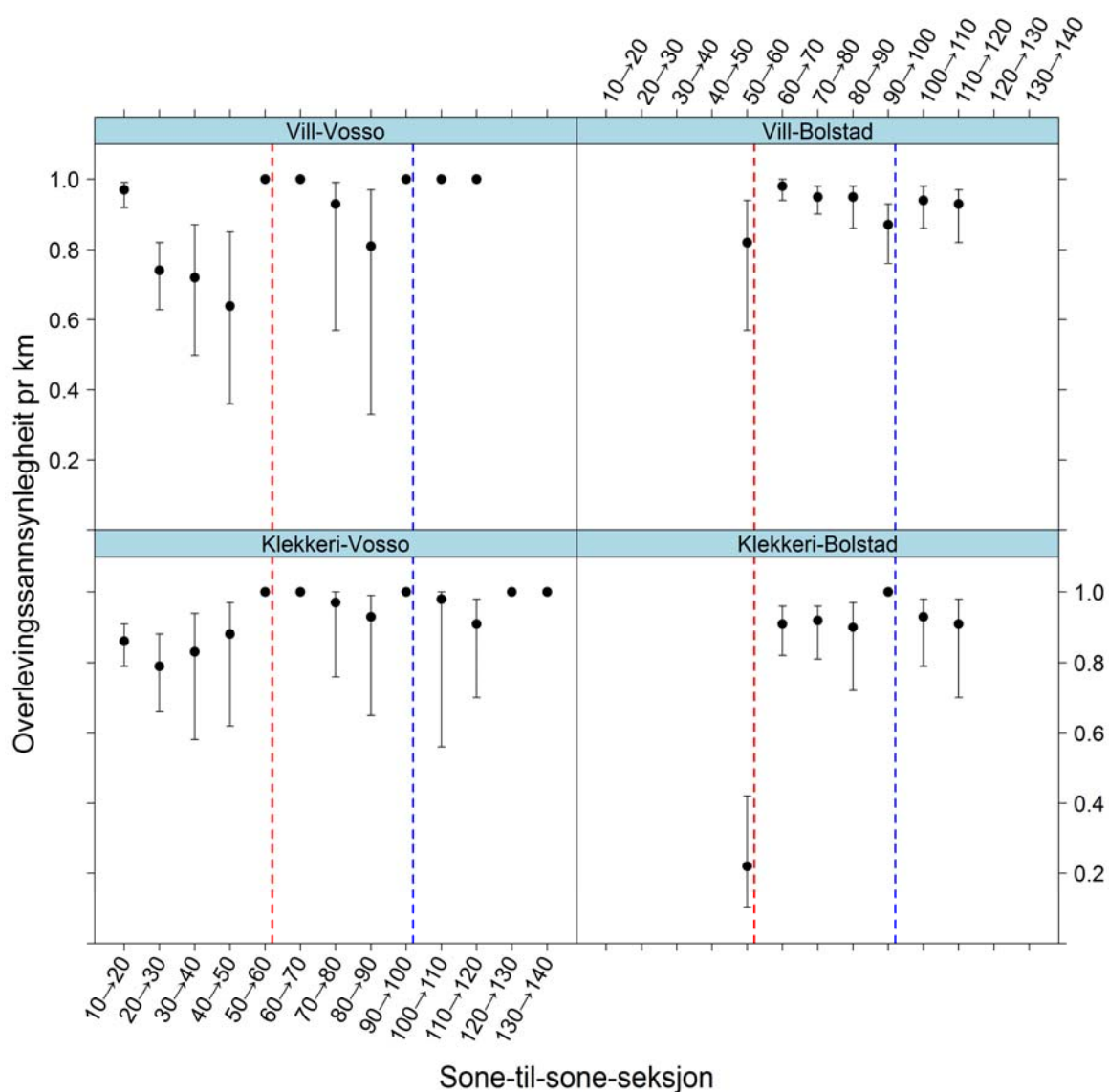
Parameterestimata for den mest støtta modellen er framsett i Tabell V og tilhøyrande prediksjonsplott er framsett i Figur 23. For smolt som vart sett ut oppstraums Bolstad var overlevinga pr km sær s låg gjennom Evangervatnet – særleg for den ville Vossolaksen (dvs Vill-Vosso). Om ein gjer om estimata til total overleving for dei om lag 13 km frå utsetjingsstaden til Bolstad får ein at 5,8% av den ville Vossosmolten overlev til utosen ( $0,97^{4,5\text{km}} \times 0,74^{3\text{km}} \times 0,72^{2\text{km}} \times 0,64^{2,5\text{km}}$ ). Tilsvarende tal for klekkerismolten som vart sett ut var 12,7%. Ver merksam på at estimata gjeld pr km for overlevinga. Dette gjer til dømes at den estimerte overlevinga frå stasjon 50 til 60 synest sær s låg for klekkerismolten sett ut ved Bolstad (0,22), men då det berre er 400 m mellom desse to sonene gjer det at den faktiske overlevinga frå sone 50 til 60 er 0,56 ( $0,22^{0,4\text{km}}$ ), noko som er den lågaste mellom-soneoverlevinga for alle gruppene i datasettet.

Observasjonssannsynlegheitene for kvar sone var generelt høge, som oftast nær 1, med unntak av sone 50 (Bolstadelva) som hadde eit estimat på  $0,22 \pm 0,14$ .

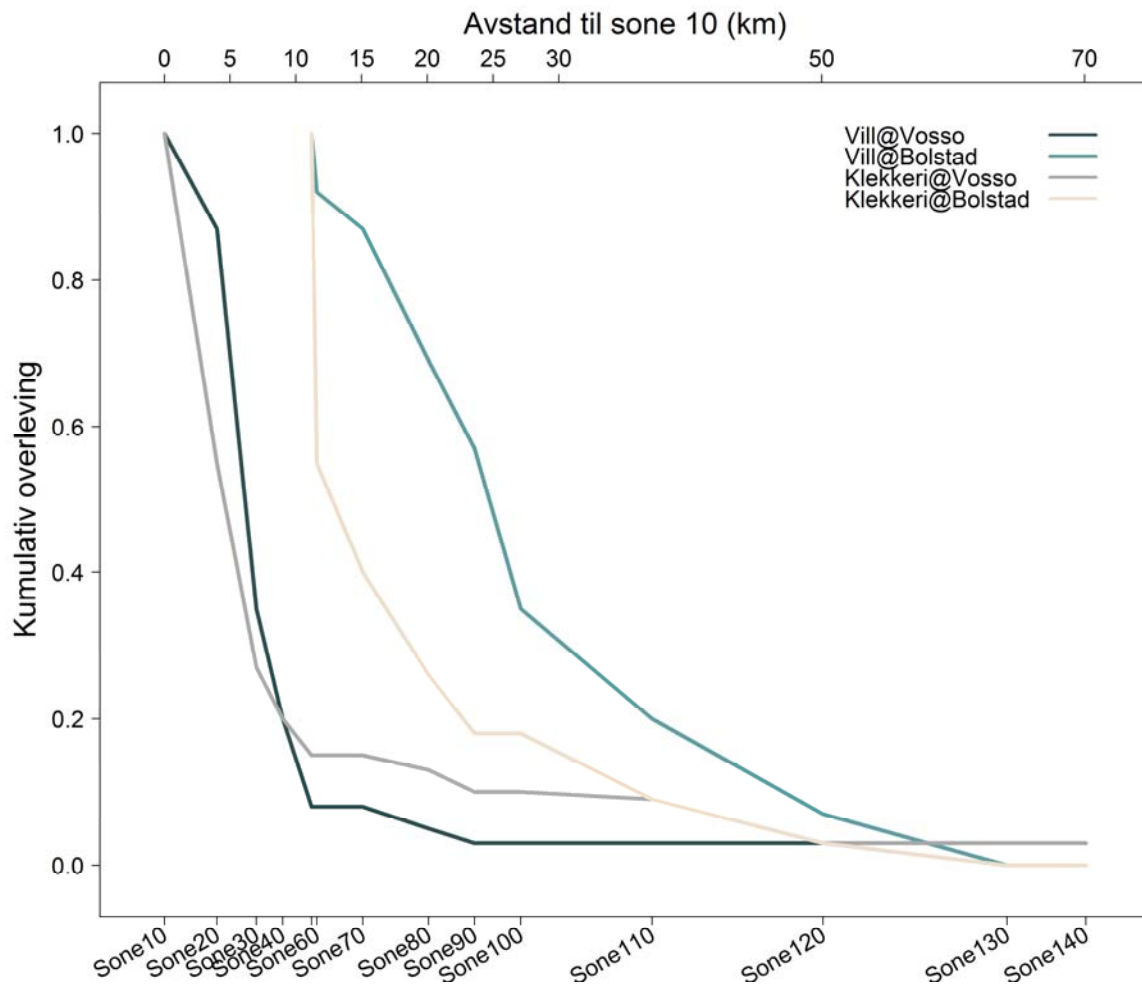
Tabell V. *Estimerte overlevings- og observasjonssannsynlegheiter med tilhøyrande standardfeil ( $\pm SE$ ) frå den utvalde CJS-modellen. Observasjonssannsynlegheitene gjeld for «til»-sona (t.d., for 10→20 gjeld estimatet for sone 20), medan overlevinga er estimert seksjonsvis, dvs. frå ei sone til den neste. Grå celler tyder at desse parameterane ikkje kan estimerast eller ikkje er relevante. Overlevingsestimata er utrekna pr km.*

| Seksjon | Overlevingssannsynlegheit ( $\phi$ ) |              |                |                  | Observasjons-sannsynlegheit ( $p$ ) |
|---------|--------------------------------------|--------------|----------------|------------------|-------------------------------------|
|         | Vill Vosso                           | Vill Bolstad | Klekkeri Vosso | Klekkeri Bolstad |                                     |
| 10→20   | 0,97±0,01                            |              | 0,86±0,03      |                  | 1,00±0,00                           |
| 20→30   | 0,74±0,05                            |              | 0,79±0,06      |                  | 1,00±0,00                           |
| 30→40   | 0,72±0,10                            |              | 0,83±0,09      |                  | 1,00±0,00                           |
| 40→50   | 0,64±0,13                            |              | 0,88±0,08      |                  | 0,22±0,14                           |
| 50→60   | 1,00±0,00                            | 0,82±0,09    | 1,00±0,00      | 0,22±0,08        | 1,00±0,00                           |
| 60→70   | 1,00±0,00                            | 0,98±0,01    | 1,00±0,00      | 0,91±0,03        | 1,00±0,00                           |
| 70→80   | 0,93±0,08                            | 0,95±0,02    | 0,97±0,04      | 0,92±0,04        | 0,91±0,05                           |
| 80→90   | 0,81±0,17                            | 0,95±0,03    | 0,93±0,06      | 0,90±0,06        | 0,92±0,05                           |
| 90→100  | 1,00±0,00                            | 0,87±0,04    | 1,00±0,00      | 1,00±0,00        | 1,00±0,00                           |
| 100→110 | 1,00±0,00                            | 0,94±0,03    | 0,98±0,03      | 0,93±0,04        | 0,83±0,15                           |
| 110→120 | 1,00±0,00                            | 0,93±0,03    | 0,91±0,06      | 0,91±0,06        | 1,00±0,00                           |
| 120→130 |                                      |              | 1,00±0,00      |                  | 1,00±0,00                           |
| 130→140 |                                      |              | 1,00±0,00      |                  | 1,00±0,00                           |

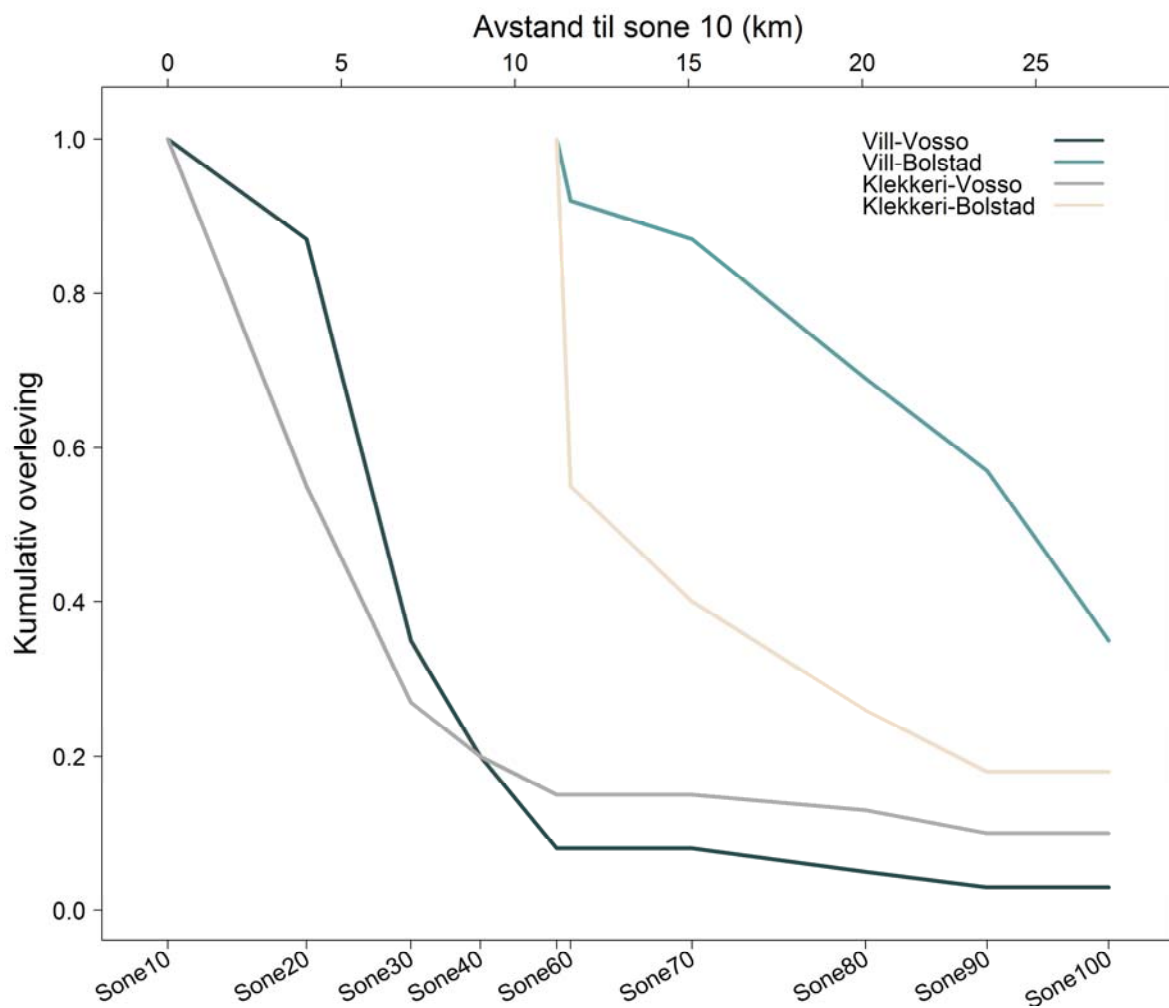
Estimerte kumulerte overlevingar for heile utvandringsruta er vist i Figur 24 med særskild søkkeljos på sonene ut til Stamnes i Figur 25 kor datagrunnlaget er størst. Av alle gruppene var det berre smolt frå klekkeriet som vart sett ut i Vosso (sone 10) ved Tverrelvi som hadde sannsynlegheit høgare enn 0 (2% sannsynlegheit) for å overleve dei 76 kilometerane heilt ut til Nordhordlandsbrua (sone 140). Det var berre eitt individ som vart registrert på dei ytste bøyene (sone > 120) og difor var overlevinga mellom desse ytste bøyene berekna til 1 og observasjonssannsynlegheita òg til 1 då dette individet var det einaste att i utvalet av merka fisk. Med eit så lite talgrunnlag er dei siste estimata naturlegvis ikkje pålitelege.



Figur 23. CJS-predikerte overlevingssannsynlegheiter mellom dei ulike sonene for dei fire smoltgruppene i studien. X-Y tyder opphavsgruppe X var sett ut på stad Y. Sannsynlegheitene er estimert pr km og 95% konfidensintervall er framstilt som svart vertikale stolpar. Dei raude og blåe stipla linene utgjer, i same følgd, elveutosen i fjorden og Stamnes. Merk at sonene 111 og 112 er slått saman til sone 110, og tilsvarende for 121&122 (120) og 131&132 (130).



Figur 24. Estimert kumulativ overleving ved ulike avstandar til sone 10 for dei fem smoltgruppene. Estimata er basert på tala i Tabell V. Sone 40 er utosen av Evangervatnet og sone 100 er ved Stamnes. x-aksen er på km-skala. Dette gjer at jo kraftigare helling på linene jo høgare fråfall av smolt pr km. Sone 50 er ikkje skrive inn på x-aksen då han kjem så nær sone 60.



Figur 25. Estimert kumulativ overleving ved ulike avstandar til sone 10 for dei fem smoltgruppene med søkjeljos på elve- og Bolstadfjordensone. Estimata er basert på tala i Tabell V. Sone 40 er utosen av Evangervatnet og sone 100 er ved Stamnes.

## 4 Diskusjon

Prosjektet har framskaffa informasjon om vandringsutviklinga og overlevinga hjå utvandrande vill- og klekkerismolt frå Vossovassdraget. Hovudfunna er at smolten har særskild høg dødelegheit gjennom Evangervatnet, men òg høg dødelegheit i Bolstadfjorden. Berre eitt av dei 160 merka individa vart registrert på dei ytste lyttebøyene. Vidare, vart det dokumentert ei særskild langsam utvandring gjennom heile utvandringsruta. Til slutt vart det funne at klekkerismolten hadde avvikande utvandringsåtfærd samanlikna med villfisk der klekkerismolten viste låg utvandringsrespons på vassføringsauke samanlikna med villsmolten og desse hadde difor ei mykje lengre utvandringsperiode enn villsmolten.

### 4.1 Metodikk og datakvalitet

Styrken til telemetristudier er at ein ofte får mykje data frå kvart individ, medan ein ibuande svakheit er eit lågt totaltal av individ. Ein skal difor vere varsam når ein dreg generelle slutningar basert på slike studiar sidan generaliseringa vil vere basert på få individ. Samstundes vil òg eittårsstudiar vere sårbare for årsspesifikke effektar som ein ikkje utan vidare kan kontrollere for. Datagrunnlaget er etter vår meining likevel stort og eintydig nok til å kunne diskutere trendane i funna som reelle med omsyn til bortfall av fisk i Evangervatnet og Bolstadfjorden. Det same gjeld med omsyn til at klekkerismolten ikkje ser ut til å prestere slik han skal. Trass i dette må ein vere varsam med å overføre funna frå denne merkestudien direkte på umerka villfisk.

#### 4.1.1 Oppfører akustisk merka fisk seg normalt?

Det er av fleire grunnar knytt ein del usikkerheit til merking av presmolt, og ein må forvente at einskilde fisk ikkje vil verte registrert i ettertid. Ein kan risikere å merke fisk som ikkje skal smoltifisere det aktuelle året, og som då ikkje vil vandre ut. Ein kan òg miste ein del fisk grunna predasjon (t.d., Gibsin m. fl. (2015)). Sjølv merkinga vil òg kunne ha ein negativ effekt på attfangstresultatet. Bremset m. fl.(2008) merka 79 ville presmolt av laks ein km oppstraums utløpet i elva Nausta, der 27 fisk vart registrert ved utløpet (34%) og 15 individ aldri vart registrert att. Forskarane meinte at det låge utvandringstalet skuldast ein kombinasjon av predasjon, skadar frå merkinga og at nokre av dei merka presmoltane ikkje var klare for smoltifisering. I vår studie vart fisk merka i to ulike delar av vassdraget, Vosso ved Tverrelvi og i Bolstadelva ved Rongahølen, høvesvis 5,7 km frå Evangervatnet og 2,2 km frå Bolstadfjorden. Av merka vill laksesmolt er 36 av 40 registrert etter utsett i Vosso og 37

av 40 etter utsett i Bolstadelva. At fleire enn 90 % av vill laksesmolt vart registret til dels mange dagar etter utsett og fleire km nedstraums utsettstaden, i samband med vassføringsauke, tyder på høg overleving og ein normalt responderande smolt. Tala for klekkerifisken var mykje dårlegare – særleg for klekkerismolt sett ut ved Bolstad, der 11 av 40 smolt aldri vart registrert att etter utsett. Dette kan truleg ikkje knytast til merkemetoden i og med at villfisken ikkje hadde same respons, men heller til eigenskaper hjå klekkerismolten (sjå kapittel 4.4.).

Under tidlegare telemetristudier er det stilt spørsmål til eventuelle negative effektar dei akustiske merka kan ha på fisken si vandringsåtferd (Holst 2004; Barlaup 2008). Vi meiner at det er naturleg å stille kritiske spørsmål med omsyn til metodikken, særleg om ein ikkje nyttar rutinar som i størst grad reduserer potensiell negativ effekt på fisken. Det kan vere utfordrande å finne ut om fisken vert negativt påverka av merkene og merkeprosessen då ein under gode miljøtilhøve truleg ikkje vil fange opp nokre slike effektar, medan effektane kan vere større når miljøtilhøva vert meir utfordrande for fisken. Slike interaksjonar mellom handsamingseffektar og miljøet krev store forsøk å finne ut av, men det er viktig å vere merksam på slike effektar når ein sett merka fisk ut i eit utfordrande miljø. Handtering i samband med innsamling av fisk, sjølv merkemetodikken og rutinar for rask oppvakning er viktige suksessfaktorar i samband med slike telemetrieforsøk. Sjå Urke m. fl. (2013b) for ein detaljert metodikkomtale.

Vi meiner følgjande moment er viktige når det skal vurderast om den akustisk merka fisken i vår studie oppfører seg normalt: Det er tidlegare dokumentert at ein auke i vassføring er ein viktig faktor for å stimulere smoltutvandring i Vossovassdraget (Barlaup 2008). At ein auke i vassføring er ein viktig faktor for smoltutvandring, er samanfallande med det som er vist i mange andre laksevassdrag (Hvidsten m. fl. 1995; Arnekleiv m. fl. 2000; Urke m. fl. 2013a). Dette var òg tilfelle for dei akustisk merka laksesmoltane både i Vosso og Bolstadelva i vår studie. Fyrste smoltgruppa gjekk på ein auke i vassføring 26.–27. april, medan dei fleste av vill laksesmolt gjekk 6.–7. mai. På dette tidspunktet hadde 80 % av akustisk merka vill laksesmolt vandra ut frå Bolstadelva. I 2015 var ei smoltskruve og to smoltruser operative i omsynsvis Bolstadhølen og i indre del av Bolstadjorden frå 1. mai. Det registrerte utvandringsforløpet i desse fellene (totalt fanga 884 laksesmolt, Bjørn Barlaup pers. kom.) syner i hovudtrekk det same biletet som vart registrert for den akustisk merka molten i vår studie, men fordi smoltfellene ikkje vart aktivert før 1. mai vart ikkje utvandringane i april

som vi fanga opp med dei akustisk merka smoltane registrert i smoltfella. Akustisk merka laksesmolt vandrar med andre ord på same tidspunkt som annan smolt i vassdraget og reagerer på den same utvandringsutløysaren: vassføringsauke. Det er grunn til å merke seg at den merka villsmolten ikkje vandra ut med ein gong han vart sett ut, men at han snarare held seg i utsettområdet i fleire dagar for å vandre nedstraums når ei vassføringsauke fann stad.

Utvandring hjå akustisk merka laksesmolt i vår studie fann stad på den mørkaste tida av døgeret. Dette samsvarar med resultat frå studiar i mange andre vassdrag (Ruggles 1980; Jonsson 1991; Hansen 1993; Urke m.fl. 2013). Vandring på natt er truleg ei tilpassing for å unngå predasjon, og då er det interessant at òg akustisk merka fisk har slik åtferd.

Desse momenta styrkar vurderinga på at akustisk merka fisk har naturleg vandringsåtferd etter merking. Studiar med same type merke og på mindre fisk enn vi nytta i vår studie har gjeve gode resultat på prestasjonar til fisken etter merking, og det over ein lengre tidsperiode. Resultata frå starten av smoltutvandringa skil seg ikkje mykje frå det ein har sett i andre norske elvesystem (Repparfjordelva; Urke m. fl. (2011); Lærdalselvi; Urke m. fl. (2013a,b); Urke m. fl. (2014d); Driva; Urke m. fl. (2013b)), medan fråfallet av fisk under den vidare vandringa er mykje høgare enn i desse andre studiane – trass i same metodikk og same personell. Det er derfor grunn til å tru at merkemetodikken i seg sjølv ikkje skal ha vesentleg innverknad på resultatata i studien, særleg for Evangervatnet, då den ville smolten hadde normal dødelegheit og åtferd før han kom til Evangervatnet (for Vossofisker) og før han kom til Bolstadfjorden (for Bolstadfisker). Trass i dette må ein vere varsam med å overføre funna frå denne merkestudien direkte på umerka villfisk. Overlevinga hjå umerka villfisk vil truleg vere høgare enn hjå den merka fisken, men i og med at overlevinga hjå den merka villsmolten frå Vosso er mykje lågare enn kva vi finn med same metode i andre elvesystem er det rimeleg å gå ut frå at noko ved miljøet i Evangervatnet har forårsaka dette.

Fem passive lyttebøyer frå ytre del av fjorden er i skrivande stund ikkje samla inn, slik at det kan vere registreringar på desse vi ikkje har fått tak i. Informasjon frå desse vil kunne auka datagrunnlaget i ytre del av fjorden, men det er i grunnen lite sannsynleg at data frå desse skal påverke hovudresultata. I alt er det fem individ som vart sist sett på stasjon 120 (dvs 121 eller 122, Figur 6). Av desse utgjer eitt individ frå villsmolt Vosso, tre villsmolt-Bolstad og eitt Bolstad klekkeriindivid. Dersom alle desse individ faktisk er i live og har passert dei ytste bøylene utan å verte fanga opp av mottakarane (gjeld både stasjon 130 og stasjon 140) vil

totaloverlevinga ut fjorden endre seg, i same følgd, til 2,5%, 7,5% og 2,5%. Dette utgjør den same totaloverlevinga som ut til stasjon 120. For at dette skal stemme vil det innebære at lyttebøyene på stasjon 130 og 140 har ein observasjonssannsynlegheit på 0,17. Dette synest særst usannsynleg når ein ser dette i ljøs av dei høge observasjonssannsynlegheitene lenger inn i fjorden. Det rette talet ligg nok ein stad i mellom, og då mest truleg nærare 1,0 enn 0,17. Av dei som vert registrert i sjøen og som kjem seg eit stykke utover, er deteksjonssannsynlegheitene på over 90% på alle stasjonar, med unntak av stasjon 110 som har  $p=0,83\pm 0,15$  (Tabell V). Det synest difor lite sannsynleg at fisk skal ha passert ut heile fjorden utan å ha blitt fanga opp av nokon av lyttebøyene.

#### **4.2 Kva skjer i Evangervatnet?**

Frå dei 40 merka villsmoltane frå Vosso fekk vi sikre deteksjonar frå 36 individ, der 34 vandra ut i Evangervatnet i perioden 21.0 april til 13. mai med hovudvekt ikring 8. mai. Dei fleste av desse heldt seg i aust-enden av Evangervatnet i ein periode frå nokre timar til fleire veker før dei vandra vidare gjennom vatnet. I aust-enden av vatnet var det god dekning med lyttebøyer, noko som gav jamlege deteksjonar medan dei oppheldt seg der. Frå elveosen av Vosso til lyttebøyene midt på vatnet var det eit stort fråfall der berre 13 fisk nådde fram—med andre ord eit fråfall på 62 prosent på desse tre kilometerane av vatnet. I alt 10 smolt hadde kontinuerlege deteksjonar i vatnet ut studieperioden, og vart difor vurdert til å vere daude innan rekkjevidda til ei lyttebøye: to i elveosen og åtte midt på vatnet. Det var berre tre smolt frå denne gruppa som kom seg heilt ut i sjøen, altså eit fråfall på 91 % frå utløpet av Vosso til utløpet av Bolstadelva. Ein av desse tre vandra vidare ut frå Bolstadfjorden.

Av dei 40 merka klekkerismoltane var det sikre deteksjonar av 24 i Evangervatnet (60%). Desse 24 individa vandra ut i Evangervatnet i perioden frå 27. april til 18. juli med hovudvekt ikring 24. mai, altså fleire veker seinare enn villsmolten. Av desse 24 var det 12 som blei registrert midt i vatnet og fem vandra vidare ut til sjøen. Dette gjev eit fråfall på 50 % frå utløpet av Vosso til midt på vatnet, der berre fem vandra vidare til sjøen. Totalt sett utgjør dette eit tap på 80% av all merka fisk frå Vosso til utløpet av Bolstadelva, der fem av dei åtte detekterte smoltane på Bolstadøyri klarte seg ut Bolstadfjorden.

Det er særst høg dødelegheit hjå både klekkerismolt og villsmolt på, i same følgd, 50 og 62% gjennom dei fyrste tre kilometerane av Evangervatnet, og 80 og 94% til Bolstadelvosen. Dersom tapet av smolt i Evangervatnet som er funne i denne studien er heilt eller delvis



representative for umerka vill laksesmolt, vil dette innebære at særst få smolt overlever utvandringa frå vassdraget kvart år. Dette lyt i alle høve undersøkast grundig i tida framover. Når dette er sagt, er det viktig at ikkje all innsats no vert retta inn mot Evangervatnet. Både vår studie og andre studiar har som tidlegare nemnd funne høge dødelegheiter for smolten lenger ut i utvandringsruta.

Sjølv om predasjon kan vere ei årsak til noko dødelegheit, er det lite sannsynleg at han skal være mykje høgare gjennom dei fyrste kilometrane av Evangervatnet enn i resten av vassdraget og Bolstadfjorden. Det er klart at i og med at smolten oppheld seg lenge i dette området vil risikoen for å verte eten truleg auke med tida. Etter det vi veit er det røyr og aure i vatnet som, dersom dei er store nok, er potensielle predatorar. Vi har ikkje funne oppdaterte data som omtalar fiskesamfunnet i Evangervatnet, men eit prøvefiske frå 1997 synte at dette samfunnet var dominert av småfallen røyr og aure der berre eitt individ større enn 35 cm vart fanga (Sægrov & Hellen 1998). Dersom fiskesamfunnet ser likt ut i dag utgjer ikkje desse røyene og aurane nokon predasjonsrisiko for laksesmolten då dei er for store bytte (Griffits 1994; Damsgård 1995). Predasjon frå fiskeetande fugl (t.d., laksender, mellomskarv m fl) kan truleg vere ein viktigare predasjonsfaktor. Alle desse predatorane er storleikselektive slik at ein skal forvente at små individ er meir utsett for predasjon enn store. Det at klekkerismoltane, som er større enn villsmolten (Tabell 1), hadde høgare overleving gjennom Evangervatnet kan støtte hypotesa om at predasjon er ein viktig dødelegheitsfaktor i vatnet. Vi tilpassa eigne CJS-modellar med storleiksspesifikk overleving både mellom stasjon 20 og 30 og for heile Evangervatnet. Desse modellane fekk dårleg AIC-støtte ( $\Delta AIC_c = 8,2$  som best) og parameterestimata ga ein svak (ikkje signifikant) positiv effekt av lengde ved merking på overlevinga gjennom Evangervatnet ( $\text{stigningstal}_{\text{Lengde}} = 0.20 \pm 0.42$  (SE) [logit-skala]). Trass i dette kan ein ikkje konkludere med at predasjon ikkje er viktig. Det kan til dømes òg vere slik at andre faktorar i vatnet (t.d. gassovermetting eller vasskvalitet) gjer fisken meir utsett for predasjon. I og med at vi hadde ein del lyttebøyer utplassert både i Evangervatnet og ikkje minst i Bolstadelvosen (sone 60) kan det analyserast nærare på korleis smolten, i grove trekk, har sumt ikring i desse områda og mogleg få fram tydlegare når og av kva årsak fisken døyr. Det har ikkje vore sett av tid og ressursar til dette innanfor prosjektet, men data finst. Sjå til dømes Lunde (2014) for korleis triangulering gav detaljar i arealbruk hjå akustisk merka fisk i Vassbygdvatnet, Aurland.

Av di mange fisk døyr i området der dei passerer Evanger Kraftverk sitt utløp (mellom stasjon 20 og 30, Figur 16) peiker kraftverket seg ut som ei mogleg problemkjelde. Kva slags faktor som spelar inn er meir uklart og det må vidare undersøkingar til av kva slags effekt kraftverket har på den utvandrande smolten i vassdraget. Ein mogleg slik stressfaktor som kraftverket kan medføre er gassovermetting. Det vart registrert gassmetting i Evangervatnet i 2015 sidan fyrst i mai (5. mai ved Vassenden og 15. mai ved kraftstasjonen) til ut smoltutvandringsperioden. I periodar er gassovermettinga frå kraftverket 2-4 % over den naturlege mettinga frå Vosso. Gassmettingsverdiane ligg under 110 % i utvandringsperioden— ein verdi som i Nord-Amerikanske laksefisksystem reknast som ein kritisk verdi (US EPA 1986). I området utanfor kraftverket var gjennomsnittleg mettingsverdi på 106,2% i perioden frå 15. mai og ut mai, med maksimal metting på 108,2%. Diverre ga ikkje målingane i dette området ikkje data før 15. mai. På denne tida hadde allereie fleir enn 85% av villsmolten vandra ut i Evangervatnet (Figur 15). Stikkmålingar i 1. mai-15. mai perioden synte at mettingsnivået var på om lag same nivå i denne perioden som dei var etter at loggarane kom skikkeleg i drift (Ulrich Pulg, Uni ResearchMiljø, pers. kom.).

Ny forskning på norsk laksesmolt i laboratorieforsøk syner at stressnivået aukar når nitrogenmettinga kjem over omlag 103 %. Dette stresset aukar progressivt med aukande overmetting. Laksesmolt synest å overleve bra med stabil overmetting, men i det ein slepp overmettinga attende til 100 %, får fisken dykkarsjuke med bobler i huden, på gjellene og på finnane, med etterfølgjande dødelegheit. Ved 112 % nitrogenovermetting døyr nesten all smolt, og ved 107–108 % døyr 50–60 % av smolten (Martin Iversen, Universitetet i Nordland, pers. kom.). Desse observasjonane om negativ effekt av gassovermetting etter attendevending til normalmetting er ny og interessant informasjon og kan vere relevante i høve til resultata vi fann for laksesmolten i Evangervatnet i vår studie. På ei anna side skal ein vere varsam med å overføre laboratorieforsøk til ein feltsituasjon då fisk i felt kan vandre til andre stader for å unngå stressande tilhøve. Ved å dykke djupare vil fisken endre det ytre trykket og dermed kompensere for gassmettinga til dømes. Det kan òg stillast spørsmål ved at ein ikkje finn daud stasjonær fisk (aure og røyr) som lever i vatnet heile tida. Er det slik at desse unngår området kor vatn frå kraftverket kjem ut? Dette er forhold som lyt undersøkast nærare med til dømes prøvefiske og/eller ekkolodd.

Kva så med andre vasskvalitetsfaktorar i vassdraget? Det er mykje som tyder på at generell forsureing og overføring av forsura vatn via etableringa av Evanger kraftverk frå 1972 var med

på å redusere laksestamma i Vosso på 1980 og 1990-talet (Barlaup 2013), men etter mange år med kalking og generelt betra vasskvalitet som følgje av redusert sur nedbør vert det vurdert «... som lite sannsynlig at de vannkjemiske forholdene i ferskvannsfasen har noen negativ påvirkning på laksebestanden» (Barlaup 2013). Det synest difor som lite truleg at desse faktorane kan forklare den høge dødelegheita som smolten vert utsett for ned gjennom vassdraget.

Ein studie med akustisk merka smolt frå Vosso i 2003 fann stor dødelegheit hjå den utvandrande smolten både mellom Vosso og Bolstadøyri samt i Bolstadfjorden (Jens Christian Holst, Havforskningsinstituttet, pers. kom.). I dette forsøket vart 25 klekkerismolt sett ut 29. april ved Tverrelviosen i Vosso (Sone 10) og sju av desse (28%) vart seinare registrert inst i Bolstadfjorden. Dette er ei noko høgare overleving enn for tilsvarende gruppe i vårt forsøk (18%), men at 72% fell frå på denne strekka er likevel eit høgt tal. Då ingen lyttebøyer vart plassert i ferskvassruta til smolten er det ikkje mogleg å meine noko om kvar dei resterande 18 smoltane frå 2003-forsøket døyde på veg ned frå Tverrelviosen til Bolstadøyri.

Tidlegare forsøk med utsetjingar av merka klekkerismolt i åra 2001–2003 gav signifikant fleire attfangstar for smolt som vart slept ut til kyststraumen, samanlikna med smolt sett ut i Vossovassdraget (Barlaup 2008). I åra 1999–2001 vart det totalt innfanga og Carlinmerka 2829 villsmolt i Vossovassdraget. Ikkje nokon av desse Carlinmerka smoltane har seinare vorte attfanga (Barlaup 2008). Slik vi vurderer desse låge attfangstane peiker dei same retning som funna i vår studie: desse merka fiskane har hatt høg dødelegheit under utvandringa gjennom Evangervatnet og Bolstadfjorden. Denne hypotesa vert ytterlegare styrka av erfaringane ein har frå snutmerkingsforsøk med såkalla Coded-Wire-Tag (CWT) av Vossosmolt. I 2011 vart 20 000 CWT-merka klekkerismolt sett ut i øvre del av Evangervatnet (Lyngøy 2011), dvs. sone 20 i vår studie. Tilsvarende vart det i 2012 og 2013 høvesvis sett ut 10 000 og 15 000 CWT-merka smolt ved utløpet av Evangervatnet. Frå desse utsetta finst det så langt særst få attfangstar frå 2011 (4 individ) og 2012 (3 individ) (Barlaup pers. kom.). Det er med andre ord eintydige resultat når ein set saman totalbiletet frå alle desse forsøka med klekkerismolt: særst få klekkerismolt som vert sett i vassdraget vert seinare fanga som attendevandra laks. Det motsette gjeld for klekkerismolt som vert slept ut og sleppt lenger ut i fjordane (Barlaup 2013). I og med at villsmolt merka med akustiske merker (vår studie og i 2003 studien) og med Carlinmerker, og som vart sett ut i Vosso, har hatt same låge

overlevinga som den snutemerka klekkerismolten må det no undersøkast nærmare om dette òg er tilfellet for villsmolt som merkast med anten snutemerke eller PIT-merke.

### **4.3 Vandra gjennom Bolstadvfjorden og vidare ut Osterfjorden**

I Bolstadvfjorden var det òg eit stort fråfall av fisk. Dette gjeld både klekkeri- og villsmolt som vart sett ut ved Bolstad. Desse hadde, i same følgd, ei kumulert overleving frå utsettstaden til Stamnes på 18 % og 35 %. Av dei som vart registrert ved utosen av Bolstadelva (Sone 60), i same følgd 22 og 37 individ, var det sju (32 %) og 14 (38 %) som vart registrert att ved Stamnes (Sone 100). I og med at observasjonssannsynlegheita vart estimert til 1 for båe desse sonene (Tabell V), kan desse prosenttala representere eit påliteleg overlevingsestimert for desse gruppene.

I 2012 og 2013 utførde Vollset m. fl. (2015) ei tilsvarande akustisk telemetristudie på klekkerismolt sett ut ved utosen av Evangervatnet. Dei kumulative overlevingstala var noko høgare samanlikna med klekkerifisken i vår studie for båe åra (i same følgd, 58% og 42%). Det er særleg overlevinga frå utosen i Evangervatnet til Bolstadosen som var ulik der heile 45% ikkje vart registrert på ei einaste lyttbøye etter utsett (fire sumde faktisk oppstraums ei periode) i vår studie, medan overlevinga var på 80 og 98% i 2012 og 2013 hjå Vollset m. fl. (2015). Klekkerismolten som vart nytta i vår studie sto òg i snitt mykje lengre på elva før han vandra ut enn klekkerismolten i Vollset m. fl. (2015) sin studie gjorde. Dette kan truleg knytast til at klekkerismolten i 2015 vart sett ut allereie 18. april og mange av desse individa var truleg ikkje ferdig smoltifisert på dette tidspunktet (sjå kapittel 4.4).

I den tidlegare omtalte akustiske telemetristudien frå 2003 vart på same måte som i vår studie klekkerismolt (25 individ) sett ut ved Vassenden den 29. april. Av desse vart 11 individ (44%) registrert inst i Bolstadvfjorden, noko som er litt lågare enn i vårt forsøk (55%). I alt 47 villsmolt frå ulike stader i vassdraget (to frå Istadbekken, ni frå Rognsfossen, sju frå smoltskruve i Bolstadelva og 29 frå ruse i Bolstadvfjorden) vart òg sett ut i Bolstadvhølen (heilt nedst i Bolstadelva) over ein periode frå 7. mai til 16. juni. Av desse vart 50-90 % registrert att inst i Bolstadvfjorden, men berre 12,2 % vart registrert ved Stamnes (5 av 41). Av klekkerismolt som vart sleppt ut i Vosso og ved Vassenden (som i vår studie) vart, i same følgd, 9,1% (1 av 11) og 57% (4 av 7) av dei som vart registrert inst i Bolstadvfjorden registrert att ved Stamnes. Dei same tala frå vår studie var 67% (4 av 6) og 32% (7 av 22). Så det synest som at samanliknbare grupper som vart akustisk merka i 2003 og i 2015 har noko avvikande overlevingsmønster i Bolstadvfjorden og at det særleg var klekkerismolt som vart sett ut i

Tverrelvosen i 2003 som hadde avvikande høg dødelegheit i Bolstadfjorden. Mange merke vart i 2003 registrert liggjande på botn rett utanfor Bolstadelvaosen. Ein kom fram til at dette kunne skuldast anten predasjon eller merketap grunna merkemetodikk, og om dette ikkje var riktig meinte forskargruppa at dødelegheita og åtferda til den utvandrande Vossolaksen var oppsiktsvekkjande.

Overlevingsutviklinga vidare utover Bolstadfjorden til Stamnes var samanliknbar mellom vår studie og Vollset-studien frå 2013, men i deira studie fekk dei høg dødelegheit mellom Stamnes og til neste punkt utover fjorden – noko vi ikkje observerte, men her er talet på individ særst lite hjå oss.

Vandringshastigheita hjå laksesmolten i fjordsystemet i vår studie er lågare enn kva andre har funne i samanliknbare utvandringssystem (Urke m. fl. 2011; Urke m.fl. 2013a; 2013b; 2014b) og vidare fann vi ikkje nokon auke i symjehastigheita utover i fjorden som ein ofte ser i andre fjordsystem (t.d. Urke m.fl. 2013b).

#### **4.4 Utvandring og overleving for klekkerismolten**

Når ein klekkerismolten vert samanlikna med villsmolten kjem det fram at det er store skilnader mellom desse gruppene, der villsmolten har klare grupper som vandrar på same tidspunkt, medan klekkerismolten vandrar ut ikkje-synkront og over ein lang periode. Fleire (fire) klekkerismolt som vart sett ut ved Bolstad, vandra oppstraums før to av dei vandra ut etter fleire veker. To vart ikkje registrert meir etter ei tid. For klekkerismolt sett ut i Vosso tyder mykje på at mange av desse òg sumde oppstraums, men i og med at det ikkje var lyttebøyer oppstraums stasjon 10 vart ikkje desse registrerte. Mykje tyder på at den relativt høge estimerte dødelegheita (Tabell V, Figur 23) vi fekk hjå klekkerismolt, mellom stasjonen dei vart sett ut i og neste nedstraums stasjon, skuldast at mange av desse gjekk oppstraums og vart verande i desse områda utan lyttebøyedekking (dvs anten oppstraums stasjon 10 for Vossogruppa eller mellom stasjon 40 og 50 for Bolstadgruppa). Lagnaden deira i desse områda er ukjent, men dei treng ikkje ha døydd sjølv om CJS-modelleringa estimerte dei som daude i tydinga *daude som smolt i 2015*. Ettersøk med manuell peiling (hydrofon) mellom stasjonane, slik det vart gjort i Vollset m. fl. (2015), kunne ha gjeve informasjon om dette, men det vart ikkje gjort.

I Lærdalselvi var det ingen skilnad i utvandringstidspunkt hjå vill og klekkerismolt på strekninga oppstraums og nedstraums Stuvane kraftverk dei to åra denne problemstillinga var inkludert (2013 og 2014). Her vandra begge gruppene på dei same vassføringstoppane, og det var ingen statistiske skilnadar mellom gruppene (Urke m. fl. 2014b; Urke m. fl. 2015). Tala frå Vossovassdraget seier noko anna, der villsmolt sett ut både oppstraums og nedstraums Evangervatnet syner same positive utvandringsrespons i høve til flaumtopp i vassføringa der dei aller fleste individa vandrar nedstraums på fyrste moglege flaumtopp (rundt 6. mai).

Klekkerismolt og villsmolt som starta utvandringa tidleg i mai hadde like låg suksess som klekkerismolt som står att på elva i tre veker etter merking og som ikkje vandra ut før rundt 20. mai. Dette trass i at det var dels lengre og eit meir vidstrekt opphald i elvemunninga for klekkerismoltane. Klekkerismoltane hadde heller ikkje ei uniform utvandringsskurve som kunne relaterast til vassføringsauke slik som hjå villfisker. Mykje av kunnskapen om smolt og smoltutvandring i Noreg er nyleg oppsummert i Ugedal m. fl. (2014). Smoltifisering inneber endringar i morfologi, åtferd, fysiologi, biokjemi og metabolisme hjå parren.

Mesteparten av smolten vandrar ut i løpet av ein kort periode om våren eller tidleg sommar i det såkalla "smoltvindauget" (Ruggles 1980; Hansen & Jonsson 1989; Hansen 1993; Urke m. fl. 2014a,b). Ved utvandring innanfor smoltvindauget, har laksesmolt normalt kapasitet til ioneregulering med små endringar i indre saltbalanse ved direkte overføring til full salinitet (såkalla sjøtoleranse). Dette er ein eigenskap som vert utvikla gradvis gjennom smoltifiseringa, og kan halde seg i opptil seks veker (Urke m. fl. 2014b). Etter dette mistar smolten denne kapasiteten (desmoltifisering), og vil berre kunne leve i ferskvatn eller få store ionereguleringsproblem om han skulle vandre ut i sjøen.

Tidspunktet for når fisken har utvikla sjøvasstoleranse er delvis kjent for Vossostamma, gjennom fleire laboratorieforsøk ved Universitetet i Bergen og prøvetaking av fisk frå Voss klekkeri. Frå forsøk ved ulike temperaturar med naturleg fotoperiode (Handeland m. fl. 2014) ser ein høge natrium-kalium-ATPase (NKA<sup>1</sup>)-verdiar allereie i byrjinga av april, som avtek ved høgare temperatur (11 °C), stabiliserar seg på 11-12 ved middels temperatur (8 °C), og held fram å auke ved låg temperatur (5 °C). Samstundes er genuttrykket (mRNA) av sjøvassforma av enzymet NKAA1b høgst, og ferskvassforma av enzymet NKAA1a lågast i byrjinga på april. Dette indikerer tidlegare smoltifisering hjå Vossostamma enn til dømes

---

<sup>1</sup> Enzym som har avgjerande funksjon for saltbalansen i blodet hjå fisken og som fisken aukar produksjonen av under smoltifiseringa som tilpassing til eit liv i saltvatn.

Lærdalstamma (Urke m.fl. 2014). Nilsen m. fl. (2007) fann òg relativt høge NKA-verdiar hjå Vossostamma i midten av april. Ut frå desse funna kan det setjast fram ei hypotese om tidleg smoltifisering hjå Vossolaksen.

Då det var produksjon av smolt i Evangervatnet fann ein at denne hadde utvikla NKA nivå som tyda på at han var klar for eit liv i marint miljø frå midten av april, medan utviklinga på klekkeriet gjekk mykje seinare, slik at denne smolten ikkje var klar før i slutten av mai, dvs. over ein månad etter Evangersmolten. Det er rimelig å tru at den forseinka smoltifiseringa ved klekkeriet skuldast ljostilhøva. Det kan heller ikkje utelukkast at dei periodiske temperatursvingingane eller andre faktorar på settefiskanlegget kan ha spela inn (Lyngøy m fl 2009).

For å optimalisere produksjonen i klekkeriet, med betre synkronisering i høve til smoltutviklinga til vill laksesmolt, kan det vere små justeringar som skal til for å auke utvandringstal og overleving utover i fjordsystemet. Her lyt ein vurdere robuste, men enkle forsøk der smoltutviklinga til klekkerifisken vert samanlikna med vill fisk. Ein slik dokumentasjon og evaluering er gjort for klekkerismolt frå Ljøsne klekkeri i Lærdal der det vart funne at smoltutviklinga var lik, og at klekkerismolten burde settast ut i vassdraget tre veker tidlegare enn det som hadde vore praksis. Klekkerifisken vandra då ut samstundes med den ville laksesmolten (Urke m. fl. 2014d; 2015).

#### **4.5 Vidare arbeid**

##### Evangervatnet

Prosjektet har liggjande eit materiale som kan analyserast meir detaljert for å sjå på vandringsmønster i høve til aktuelle miljøfaktorar og køyring av kraftverket under utvandringsperioden. Materialet opnar for å setje vandringsdata opp mot gassmettingsdata som Uni Research Miljø har samla inn i 2015, som ei fyrste tilnærming før det vert gjort vidare granskingar av kva som er årsakene til bortfallet av merka fisk i Evangervatnet. Enkle laboratorie- og feltforsøk (t.d. burforsøk) lyt gjennomførast for å undersøkje detaljane ikring gassovermetting og effekt på den ville laksesmolt som sym gjennom Evangervatnet.

### Vandring frå øvre del av vassdraget og djupnebruk til laksesmolten.

Vandringsmønsteret til vill laksesmolt frå øvre del av Vosso oppstraums Vangsvatnet, nedover til Evangervatnet og Bolstadfjorden lyt undersøkast betre. Med ny sensorteknologi kan no informasjon om vandringsdjup til vill laksesmolt hentast inn ved hjelp av akustisk telemetri. Denne teknologien vil kunne gje ny kunnskap om vandringsåtferda til smolten, og særleg der smolten vandrar i stille vatn, som gjennom Vangsvatnet, Evangervatnet og i Bolstadfjorden. Ein eventuell slik studie lyt kombinerast med trianguleringsoppsett på kritiske punkt i utvandringsruta, særleg i osområda og ved kraftverket i Evangervatnet for å få ei meir detaljert forståing av smolten sin åtferd i desse områda. På denne måten vil detaljerte 3D-posisjonar hjå smolten under heile utvandringsperioden kunne setjast saman med miljødata og gje eit meir komplett bilete av moglege åtferd- og lagnadsresponsar til miljøtilhøva. Manuell peiling for å dokumentere lagnaden til smolt som ikkje registrerast vidare utover i utvandringsruta lyt gjennomførast. Det er òg naturleg å nytte eksisterande PIT-teknologi i Vossoprosjektet for PIT-merking av vill laksesmolt oppstraums- og nedstraums Evangervatnet. Slik merking vil kunne gje robuste estimat på vandringshastigheit og overleving gjennom innsjøen og andre delar av utvandringsruta.

### Smoltkvalitet

Produksjonsrutinane i klekkeriet kan truleg betrast for å oppnå betre synkronisering av smoltutviklinga med den ville laksesmolten i vassdraget. Her lyt robuste, men enkle, studiar der ein samanliknar smoltutviklinga til klekkerifisken med villsmolten gjennomførast.

## **5 Referansar**

- Arnekleiv, J. V., Kjærstad, G., Rønning, L., Koksvik, J. og Urke, H. A. 2000. Fiskebiologiske undersøkelser i Stjørdalselva 1990-1999. Del 1. Vassdragsregulering, hydrografi, bunndyr, ungfisktettheter og smolt. Vitenskapsmuseet, NTNU, Rapport Zoologisk Serie 2000-3: 1-91
- Barlaup, Bjørn T. (red) 2004. Vossolaksen – bestandsutvikling, trusselfaktorar og tiltak. DN-utredning 2004-7.
- Barlaup, B.T. (red). 2008. Nå eller aldri for Vossolaksen – anbefalte tiltak med bakgrunn i bestandsutvikling og trusselfaktorar. DN-utredning 2008-9.



- Barlaup, B.T. (red). 2013. Redningsaksjonen for Vossolaksen. DN-utredning 1-2013. 224 sider.
- Barlaup, B.T., Normann, E.S., & H. Skoglund. 2015. Framdriftsrapport per mars 2015: Oppfølging av tiltak ved smoltutvandring fra Vosso - sammenstilling av fangster fra kile- og sittenotfiske. <http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900608>
- Bremset, G., Helland, I.P. og Uglem, I. 2009. Konsekvenser av gruvevirksomhet i Engebøfjellet for laksefisk i Nausta, Grytelva og Stølselva. Temarapport i KU-program knyttet til planer om rutilutvinning ved Førdefjorden. NINA rapport 416, 69 sider.
- Burnham KP, Anderson DR. 2002. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach, 2nd edn. Springer, New York
- Burnham KP, Anderson DR. 2004. Multimodel inference: understanding AIC and BIC in model selection. *Sociol Methods Res* 33: 261–304.
- Damsgård B. 1995. Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.), as prey for piscivorous fish: a model to predict prey vulnerabilities and prey size refuges. *Nord. J. Freshw. Res.* ;71: 190–196.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency). 1986. Quality Criteria for Water. EPA - 440/5-86-001
- Fofonoff, P., & Millard, R.C. Jr .1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. UNESCO Technical Papers in Marine Science No. 44, 53 sider.
- Gibson, A. J. F., Halfyard, E. A., Bradford, R. G., Stokesbury, M. J. W. & Redden, A. M. 2015. Effects of predation on telemetry-based survival estimates: insights from a study on endangered Atlantic salmon smolts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72: 728-741
- Griffiths R.D. 1994. The size structure of lacustrine Arctic charr (Pisces: Salmonidae) populations. *Biol. J. Linn. Soc.* ;51: 337–357.
- Hansen, L. P. 1993. Movement and migration of salmon at sea. I Mills, D. (red) ”Salmon in the sea and new enhancement strategies”. Fishing News Books. Blackwell, Oxford.
- Hansen, L. P. & Jonsson, B. 1989. Salmon ranching experiments in the River Imsa; effect of timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. *Aquaculture* 82: 367-373.
- Hoar, W. S. 1988. The physiology of smolting salmonides. I ” Fish physiology” Hoar, W. S. & Randall, D. J. (red). Academic Press, New York. XIB: 275-343

- Handeland, S.O., Imsland, A.K., Ebbeson, L.O.E., Nilsen, T.O. Hofsfeldt, C-D, Teien, H-C. & Stefansson, S.O. 2014. Osmoregulation and growth in offspring of wild Atlantic salmon at different temperatures. *Env. Biol. Fish.* 97: 285-296.
- Hastie, T. J., og R. J. Tibshirani. 1990. Generalized Additive Models. London, Chapman & Hall.
- Hvidsten, N. A., Jensen, A. J., Vivås, H., Bakke, Ø. & Heggberget, T. G. 1995. Downstream migration of Atlantic salmon, *Salmo salar*, in relation to water flow, water temperature, moon phase and social interaction. *Nordic Journal of Freshwater Research* 70: 38-48.
- Sægrov, H. & B.A. Hellen 1998. Fiskeundersøkingar i Evangervatnet i 1997 Rådgivende Biologer as. Rapport nr. 336, 18 sider, ISBN 82-7658-195-1H
- Johnsen, G.H., B.A. Hellen, S. Kålås & H. Sægrov 2005. Hydrologiske undersøkelser i Bolstadfjorden våren 2005. Rådgivende Biologer AS, rapport 857, 34 sider, ISBN 82-7658-451-9.
- Johnsson , J. I., S. Brockmark & J. Näslund. 2014. Environmental effects on behavioural development: consequences for fitness of captive-reared fishes in the wild. *Journal of Fish Biology*. doi:10.1111/jfb.12547
- Kålås, S., K. Urdal & H. Sægrov. 2008.Overvaking av lakselusinfeksjonar på tilbakevandra sjøaure i Rogaland, Hordaland og Sogn &Fjordane sommaren 2008. Rådgivende Biologer, rapport 1154, 42 sider, ISBN 978-82-7658-635-0
- Kristensen, T., Urke, H.A., Haugen, T.O., Rustadbakken, A., Alfredsen, J.A., Alfredsen,K. & Rosseland, B.O. 2011. Sea trout (*Salmo trutta*) from River Lærdalselvi, W Norway: A comparison of growth and migratory patterns in older and recent studies. NIVA report, serial no. 6102.
- Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert, & D. R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals - a unified approach with case-studies. *Ecological Monographs* 62: 67–118.
- Lunde. R. 2014. Lake-habitat use of post-juvenile sea trout over time and space - an acoustic telemetry study in a regulated river system. Masteroppgave NMBU-INA desember 2014. 94 sider. (<http://hdl.handle.net/11250/277819>)
- Lyngøy, C, 2009. Felles innsats for berging av Vossolaksen. Årsrapport for Vossolaugget, Oppstart og drift 2008/2009.
- Lyngøy, C. 2011. Årsrapport Vossolaugget.rekordåret 2011.Vossolaugget. 20 sider.
- McCullagh, P., og J. A. Nelder. 1989, Generalized Linear Models. London, Chapman & Hall.

- Nilsen, T. O., Ebbesson, L. O. E., Madsen, S. S., McCormick, S. D., Andersson, E., Björnsson, B. Th., Prunet, P. & Stefansson, S. O. (2007). Differential expression of gill Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>-ATPase subunits, Na<sup>+</sup>,K<sup>+</sup>,2Cl<sup>-</sup> cotransporter and CFTR anion channel in juvenile anadromous and landlocked Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Experimental Biology* 210: 2885–2896.
- Ruggles, C. P. 1980. A review of the downstream migration of Atlantic salmon. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* No 952. Ix + 39p.
- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Lehmann, G.B., Normann, E.S., Wiers, T., Skår, B. Pulg, U., Vollset, K.W., Velle, G. & Gabrielsen S.E. 2014. Gyttefisktelling og registrering av rømt oppdrettslaks i elver på Vestlandet høsten 2013. LFI-rapport nr. 230.
- Stefansson, S. O., Haugland, M., Björnsson, B. Th., McCormick, S. D., Holm, M., Ebbesson, L. O. E., Holst, J. C. & Nilsen, T. O. (2012). Growth, osmoregulation and endocrine changes in wild Atlantic salmon post-smolts during marine migration. *Aquaculture* 362: 127–136.
- Thorstad, E. B., F. Økland, B. Finstad, R. Sivertsgard, P. A. Bjørn, & R. S. McKinley. 2004. Migration speeds and orientation of Atlantic salmon and sea trout post-smolts in a Norwegian fjord system. *Environmental Biology of Fishes* 71: 305-311.
- Thorstad, E. B., F. Økland, B. Finstad, R. Sivertsgard, N. Plantalech, P. A. Bjørn, & R. S. McKinley. 2007. Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. *Hydrobiologia* 582: 99-107.
- Ugedal, O, Kroglund, F., Barlaup, B., Lamberg, A. 2014. Smolt: en kunnskapsoppsummering. Miljødirektoratet M136-2014. 128 sider.
- Urke, H.A., Kristensen, T., Daae, K.L., Bergan, M., Ulvund, J.B., & Alfredsen, J.A. 2011. Assessment of possible impacts of marine mine tailings deposit in Repparfjord, Northern Norway, on anadromous salmonids. NIVA report, serial no. 6176. ISBN 978-82-577-5883-7. In Norwegian, Abstract in English., 152 sider
- Urke, H. A., Kristensen, T. Ulvund, J.B. Alfredsen, J. A. 2013a. Riverine and fjord migration of wild and hatchery reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology* 20,544- 552. doi: 10.1111/fme.12042
- Urke, H. A., Kristensen, T. Arnekleiv, J. V., Haugen, T. O., Kjørstad, G., Stefansson, S O., Ebbesson, L.O.E & Nilsen, T. O. 2013b. Seawater tolerance and post smolt migration of wild Atlantic salmon x brown trout hybrid smolts. *Journal of Fish Biology* 82: 206–227.

- Urke, H.A., Arnekleiv, J.V., Nilsen, T.O. & Nilssen, K. J. 2014a. Seawater tolerance and downstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Fish Biology* 84: 178–192.
- Urke, H.A., Arnekleiv, J.V., Nilsen, T.O., Nilsen K.J., Rønning, L., Ulvund, J.B. & Kristensen, T. 2014b. Long-term hypoosmoregulatory capacity in downstream migrating Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolts. *Journal of Fish Biology* 85: 1131–1144
- Urke, H. A., Ulvund, J. B., Nilsen, T. O., Staalstrøm, A. og Kristensen, T. 2014c. Vandringsåtfærd og smoltifisering hjå laksesmolt frå Lærdalselvi- opphaldstid i ytre delar av Sognefjorden. INAQ rapport. 35 sider
- Urke, H., Ulvund, J. B. og Kristensen, T. 2014d. Vandringsmønsteret til laksesmolt oppstrøms og nedstrøms Stuvane kraftverk i Lærdalselvi sesongen og smoltutvandringsmodell basert på datasett frå 2009, 2013 og 2014. INAQ Rapport 20 sider.
- Urke, H.A, Ulvund, J. B. og Kristensen, T. 2015. Opphaldstid i Sognefjorden for laksesmolt frå Lærdalselvi 2014. INAQ Rapport.
- Vollset, K.W., Barlaup, B.T., Mahlum, S., Davidsen, J.G. og Skoglund, H. 2015 Interaction between estuarine mortality and migration behavior in cultivated Atlantic salmon smolt. (*In prep*).
- White, G. C., og K. P. Burnham. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120-139.
- Wood, S. N. 2006, Generalized Additive Models: An Introduction with R, Chapman & Hall.

## Vedlegg 1

Detaljert oversikt vertikalprofilar teke i studiesystemet i 2015

| Dato       | Tid      | Lokalitet           | Stasjon | Posisjon            |
|------------|----------|---------------------|---------|---------------------|
| 17.04.2015 | 12:59:28 | Bolstadfjorden vest | 3       | 32 V 326255 6726027 |
| 17.04.2015 | 11:53:04 | Bolstadfjorden Øst  | 2       | 32 V 330889 6725781 |
| 17.04.2015 | 11:40:45 | Bolstadosen         | 1       | 32 V 332883 6726642 |
| 17.04.2015 | 15:55:38 | Nordhordalandsbrua  | 10      | 32 V 295127 6714919 |
| 17.04.2015 | 14:55:02 | Ostereidet          | 12      | 32 V 310716 6725618 |
| 17.04.2015 | 15:25:56 | Osterfjorden Vest   | 11      | 32 V 302169 6719822 |
| 17.04.2015 | 16:41:44 | Osterøybrua         | 8       | 32 V 307019 6706118 |
| 17.04.2015 | 15:40:12 | Sørfjordkallen      | 9       | 32 V 298504 6717464 |
| 17.04.2015 | 09:09:06 | Tettenes            | 6       | 32 V 319810 6718159 |
| 17.04.2015 | 17:21:56 | Vaksdal             | 7       | 32 V 319689 6708630 |
| 17.04.2015 | 13:42:00 | Veafjorden          | 5       | 32 V 321725 6729662 |
| 17.04.2015 | 13:34:30 | Vikafjorden         | 4       | 32 V 322832 6729513 |
| 17.04.2015 | 14:21:32 | Vossaneset          | 13      | 32 V 316649 6735185 |
| 04.05.2015 | 11:09:08 | Bolstadfjorden vest | 3       | 32 V 326255 6726027 |
| 04.05.2015 | 11:30:16 | Bolstadfjorden Øst  | 2       | 32 V 330889 6725781 |
| 04.05.2015 | 11:52:36 | Bolstadosen         | 1       | 32 V 333235 6726806 |
| 04.05.2015 | 08:53:10 | Nordhordalandsbrua  | 10      | 32 V 295127 6714919 |
| 04.05.2015 | 09:37:40 | Ostereidet          | 12      | 32 V 310716 6725618 |
| 04.05.2015 | 08:08:14 | Osterøybrua         | 8       | 32 V 308338 6704645 |
| 04.05.2015 | 08:37:40 | Sørfjordkallen      | 9       | 32 V 298504 6717464 |
| 04.05.2015 | 12:55:48 | Tettenes            | 6       | 32 V 319810 6718159 |
| 04.05.2015 | 10:29:04 | Veafjorden          | 5       | 32 V 321725 6729662 |
| 04.05.2015 | 10:51:24 | Vikafjorden         | 4       | 32 V 324143 6728977 |
| 04.05.2015 | 10:05:20 | Vossaneset          | 13      | 32 V 317317 6735023 |
| 18.05.2015 | 11:50:16 | Bolstadfjorden vest | 3       | 32 V 326255 6726027 |
| 18.05.2015 | 12:14:22 | Bolstadfjorden Øst  | 2       | 32 V 330889 6725781 |
| 18.05.2015 | 12:41:58 | Bolstadosen         | 1       | 32 V 333073 6726698 |
| 18.05.2015 | 09:30:44 | Nordhordalandsbrua  | 10      | 32 V 295127 6714919 |
| 18.05.2015 | 10:32:10 | Ostereidet          | 12      | 32 V 310716 6725618 |
| 18.05.2015 | 10:03:56 | Osterfjorden Vest   | 11      | 32 V 302169 6719822 |
| 18.05.2015 | 08:57:02 | Osterøybrua         | 8       | 32 V 308338 6704645 |
| 18.05.2015 | 09:47:44 | Sørfjordkallen      | 9       | 32 V 298504 6717464 |
| 18.05.2015 | 13:37:22 | Tettenes            | 6       | 32 V 319810 6718159 |
| 18.05.2015 | 08:27:50 | Vaksdal             | 7       | 32 V 319689 6708630 |
| 18.05.2015 | 11:20:10 | Veafjorden          | 5       | 32 V 321725 6729662 |
| 18.05.2015 | 11:34:30 | Vikafjorden         | 4       | 32 V 324143 6728977 |
| 18.05.2015 | 10:53:46 | Vossaneset          | 13      | 32 V 316649 6735185 |
| 22.06.2015 | 18:58:50 | Bolstadfjorden vest | 3       | 32 V 326255 6726027 |
| 22.06.2015 | 18:25:24 | Bolstadfjorden Øst  | 2       | 32 V 330889 6725781 |
| 22.06.2015 | 15:28:18 | Bolstadosen         | 1       | 32 V 333235 6726806 |
| 22.06.2015 | 09:37:06 | Nordhordalandsbrua  | 10      | 32 V 295127 6714919 |

|            |          |                    |    |                     |
|------------|----------|--------------------|----|---------------------|
| 22.06.2015 | 12:10:48 | Ostereidet         | 12 | 32 V 310716 6725618 |
| 22.06.2015 | 11:19:02 | Sørfjordkallen     | 9  | 32 V 298504 6717464 |
| 22.06.2015 | 08:42:32 | Vaksdal            | 7  | 32 V 319689 6708630 |
| 22.06.2015 | 19:21:28 | Vikafjorden        | 4  | 32 V 324143 6728977 |
| 22.06.2015 | 13:06:28 | Vossaneset         | 13 | 32 V 316649 6735185 |
| 14.08.2015 | 09:24:58 | Bolstadjorden vest | 3  | 32 V 326255 6726027 |
| 14.08.2015 | 09:13:48 | Bolstadjorden Øst  | 2  | 32 V 330889 6725781 |
| 14.08.2015 | 09:05:32 | Bolstadosen        | 1  | 32 V 333378 6726858 |
| 14.08.2015 | 10:25:40 | Tettenes           | 6  | 32 V 319810 6718159 |
| 14.08.2015 | 10:43:44 | Vaksdal            | 7  | 32 V 319689 6708630 |
| 14.08.2015 | 10:05:58 | Veafjorden         | 5  | 32 V 321725 6729662 |
| 14.08.2015 | 09:44:30 | Vikafjorden        | 4  | 32 V 324143 6728977 |