



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2017 60 stp
Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

Vandringsatferd og dødelighet hos akustisk merket laksesmolt (*Salmo salar*) i Evangervatnet

Espen Åsan
Master i naturforvaltning

Forord

Denne oppgaven er skrevet i forbindelse med min avsluttende mastergrad i naturforvaltning ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet på Ås. Det rettes en stor takk til min veileder og professor ved universitetet, Thronn Oddvar Haugen. Dine ferdigheter innenfor statistikk og faglige råd har vært avgjørende ved utarbeiding av denne rapporten. Jeg ønsker også å gi en takk til Henning Andre Urke for ledelse og koordinering av prosjektet, samt faglige innspill. Det har vært en ære å få lov til å delta på prosjektet.

Innsatsen og tilretteleggingen fra Geir Ove Henden og Ove Kambestad ved Voss klekkeri har også vært svært viktig for prosjektet. Videre rettes det en takk til John Birger Ulvlund for merking av fisk, Morten Bergan for innsamling av fisk, NTNU ved Jo Alfredsen for bidrag med lyttebøyer til trianguleringssettet, Rune Lunde for utsetting av lyttebøyer, Eivind Årseth og Eirik Normann opphenting av lyttebøyer, Jarle Fadnes og Odvar Drevsjø for lån av båt i Evangervatnet og Vangsvatnet og Ola Midttun for kartgrunnlag.

Prosjektet er finansiert av Vossolaug, Hordaland Fylkeskommune og Fiskeri og Havbruksnæringens Forskingsfond. Arbeidet med masteroppgaven har vært lærerikt og har forhåpentligvis økt kunnskapsgrunnlaget om smoltvandring og dødelighet i Evangervatnet.

Ås 15.05.2017

Espen Åsan

Sammendrag

Den atlantiske laksen (*Salmo salar*) er en anadrom art som benytter ferskvann som oppvekststed før den smoltifiserer og starter utvandring mot sjøen. Under smoltutvandringen i Vossovassdraget våren 2015 ble det påvist stort bortfall av smolt i Evangervatnet. Det ble foreslått at faktorer som gassovermetning og vannkjemi knyttet til utslippet av kraftverksvann fra Evanger kraftverk kunne medvirke til den høye dødeligheten. I denne studien ble vandringsatferd og dødelighet hos laksesmolt i Evangervatnet undersøkt nærmere for å kartlegge om forholdene ved Evanger kraftverk kan forklare vandrings- og dødelighetsforløpet hos laksesmolten i mai og juni 2016. Det ble totalt merket 100 villsmolt og 50 klekkerismolt med to typer akustiske sendere der den ene halvdel fikk merker med dybdesensor (dybdemerker) og den andre id-merker. Smoltene ble fanget og satt ut to plasser oppstrøms Evenagervatnet: 50 villfisk samt 50 klekkerismolt i Vosso oppstrøms Vangsvatnet (Øvre Vosso) og 50 villfisk i Vosso (mellom Vangsvatnet og Evangervatnet). Dødeligheten ble funnet ved manuell peiling etter gjenværende merker etter nedvandringsperioden og vandringsatferden ble undersøkt ved 3D-triangulering med passive lyttebøyer og informasjon om dybdebruk. Ved hjelp av GIS verktøy ble habitabruksvariabler som svømmehastighet (kroppslengde sek^{-1}), bruksområder (utilization distribution), relativ lateral bevegelighet (RLB, lateral bevegelse innenfor bruksområdet) og bruksvolum (utilization volume) estimert. Jeg testet ut ved hjelp av lineære miksede modeller (LME) i hvilken grad disse habitatbruksvariablene var påvirket av endringer i vannføring fra kraftverket samt av andre miljøvariabler.

Vannføringen fra Evanger kraftverk hadde ingen signifikant påvirkning på vandringsatferden og var heller ikke representert i noen av de mest støttede modellene for vandringsatferd. Svømmehastighet ble mest effektivt predikert ved temperatur i Evangervatnet og vannføring ved Bulken. Temperatur i Evangervatnet hadde en signifikant negativ effekt på svømmehastigheten, men skyldes trolig effekten av at døde individ akkumuleres samtidig som temperaturen stiger. Bruksområdet ble mest påvirket av dag på året, vannføringen i Vosso og om de overlever. Interaksjonen dag på året og vannføring ved Vosso hadde en signifikant effekt på 50 og 95 % av bruksområdet. De som overlever har en tendens til mindre 50 % bruksområde og signifikant større for 95 % av bruksområde enn de som dør, men forskjellen var marginal. Relativ lateral bevegelighet økte signifikant med økende uke og økende vannføring ved Bulken, men effekten avtar over tid. De som dør har signifikant høyere relativ lateral bevegelighet enn de som overlever. Interaksjonen vannføring i Vosso og fiskelengde hadde en signifikant effekt

på 50 % bruksvolum. Interaksjonen fiskelengde og dag på året hadde en signifikant effekt på 95 % av bruksvolumet, men avtar effekten over tid.

Av totalt 150 merket fisk døde 59 (39 %) av dem i innsjøene, fordelt på 31 i Vangsvatnet og 28 i Evangervatnet. Ut av 100 merket villfisk dør 46 % av dem i innsjøene. Av individene som ankommer Evangervatnet dør 51 % av dem i denne innsjøen. Det ble med generalisert lineær modell estimert at dødeligheten til den merkede smolten avtok med individstørrelse og at mye av denne effekten kunne knyttes til effekt av merke ved at fisk som ble merket med id-merke var i snitt mindre enn fisk merket med dybdemerke. Id-merket fisk hadde signifikant lavere overlevelse enn dybdemerket fisk.

Funnene fra denne studien viser at dødeligheten i Evangervatnet er betydelig og at vandringsdataene kan tyde på predasjon som en viktig dødelighetsfaktor. Ingen av modellene pekte på effekt fra utløpsvannet fra kraftverket som en avgjørende faktor for vandringsatferd under de rådende kjøringsforholdene for 2016. Trolig gir kraftverket derfor ingen akutt dødelighet, men fordi det er et stort frafall av fisk i bakkant av kraftverket kan jeg ikke utelukke en forsinket effekt. Ettersom denne studien ikke hadde en situasjon hvor vannet fra kraftverket ble stoppet kan jeg ikke utelukke at kraftverket påvirker atferd eller dødelighet hos den utvandrende smolten. I framtida bør det derfor gjennomføres et «eksperiment» med kjøringsstopp i deler av utvandringsperioden for å få dette endelig fastsatt.

Abstract

Atlantic salmon (*Salmo salar*) is an anadromous salmonid that use freshwater during their juvenile stage before smoltifying and start their seaward migration. During the 2015 smolt migration in the Vosso river system, Norway, a high loss of smolt through the lake Evangervatnet was documented. The high smolt mortality was suggested caused by factors related to the release of turbine water from the Evanger power plant into the lake as dead smolt individuals seemed to aggregate in the release area. The aim of this study was to investigate if mortality and migration behavior of salmon smolt in Lake Evangervatnet during the 2016 smolt descent could be attributed to effects from the Evanger power plant release water and also other environmental variables.

A total of 100 wild smolt and 50 hatchery-reared smolt where marked with acoustic transmitters (both depth-sensor and just id-tags) and released in the river. The smolt were caught and released in two upstream river sections: Øvre Vosso (upstream Vangsvatnet) and Vosso (between Vangsvatnet and Evangervatnet). Passive receivers were placed in the river system and in the lakes to study migration behavior and transmitters was tracked to find mortality at the end of migrating time. In the area close to the Evanger power plant a detailed triangulation network of receivers were deployed. Using GIS tools, the triangulation data were used to estimate habitat use response variables such as swimming speed (body length sec^{-1}), utilization distribution area (UDA), relative lateral displacement (RLD, distance used within UDA) and utilization distribution volume (UDV). Based on these habitat use metrics as response variables, candidate linear mixed effects (LME)models were fitted to estimate effects from both Evanger power plant outlet water discharge along with effects from both individual size, tagging type and environmental variables. Model selection among candidate models was performed based on AIC.

The outlet water discharge from Evanger power plant had no significant impact on the migration behavior and was not included as a predictor in any of the most supported behavior models. Day of year and Vosso water discharge both had a significant negative effect on UDAs. The surviving smolt had significantly smaller 95% UDAs and close to significantly smaller 50% UDAs, than non-surviving smolt but the difference was marginal. The Evangervatnet water temperature and Vosso water discharge were the main factors predicting relative swimming speed (body length sec^{-1}) where the water temperature had a significant negative effect. However, because the number of dead individuals accumulated in the lake at the same time, this may explain why swimming speed decreased over time. RLD increased significantly with

increasing week and increased Vosso water discharge, but the effect declined over time. Smolt who dies have significantly higher RLD than those who survive. 50 % UDV was significantly increased by increasing Vosso river discharge, but the effect decreased over time. 95% UDV increased significantly with increasing day of year, but the effect decreases over time.

In all, 59 dead individuals were registered in the lakes. A total of 31 smolts died in Vangsvatnet and 28 died in Evangervatnet. 51% of the smolt entering Evangervatnet died during their lake descent. In total, 39% of the tagged smolt died while migrating through the two lakes. A total of 46 % of tagged wild smolt died in the lakes. The smolt mortality was estimated to decrease with increasing smolt size, but most of this size-dependent effect could be attributed to the size difference between individuals tagged with id-tags and depth tags, where the latter group was generally larger than the first group. Consequently, the relative tag weight was higher in the id-tagged individuals and this group had a higher mortality than the depth-tagged smolt.

The findings in this study show that smolt mortality in Evangervatnet is high and from the migration behavior data where the eventually dying individuals have larger activity and UDA and UDV as time goes by indicate predation to be a major factor of death. None of the supported candidate models pointed to the power plant as a decisive factor for migration behavior. The power plant does probably not impose acute mortality, but because of the observed large accumulation of dead individuals shortly downstream to the power plant area, I cannot exclude a delayed effect from the power plant. Future studies should include periods of no power plant activity during the smolt descent period to fully understand the potential relative role of the power plant as a mortality factor.

Innhold

1 Innledning	1
2 Materiale og metode.....	4
2.1 Studieområde.....	4
2.2 Fiskesamfunn	8
2.3 Datainnsamling.....	10
2.3.1 Innsamling av fisk	10
2.3.2 Merking av fisk	11
2.3.3 Akustiske merker.....	12
2.3.4 Utsetting av merket fisk	13
2.3.5 Passive lyttebøyer.....	14
2.3.6 Manuell peiling.....	15
2.3.7 Vannføring og temperatur	16
2.4 Statistiske analyser	18
2.4.1 Posisjonering av fisk	18
2.4.2 Bruksområde	18
2.4.3 Relativ lateral bevegelse	18
2.4.4 Svømmehastighet	19
2.4.5 Bruksvolum	19
2.4.6 Dødelighet	19
2.4.7 Modellvalg og testing.....	20
3 Resultater	21
3.1 50 % bruksområde.....	21
3.2 95 % bruksområde.....	23
3.3 Relativ lateral bevegelse	25
3.4 Svømmehastighet	27
3.5 50 % bruksvolum.....	29
3.6 95 % bruksvolum.....	31
3.7 Dødelighet	33
4 Diskusjon	36
4.1 Effekter på vandringsatferd	36
4.2 Dødelighet	38
4.3 Forvaltningsmessige aspekter.....	44
4.5 Konklusjoner	44
5 Referanser	46
Vedlegg	50

1 Innledning

Den Atlantiske laksen (*Salmo salar* L. 1758) endrer leveområde som en del av livshistorien ved å foreta større vandringer. I likhet med andre salmonider har Atlanterhavslaksen mulighet til å vandre mellom fersk- og saltvann (Klemetsen et al. 2003). Ettersom laksen ofte møter et bedre næringstilbud i sjøen enn i vassdraget vil de fleste laks leve anadromt med en ferskvannsfase i yngre stadier, smoltifisering og sjøvandring, næringsopptak og vekst i sjøen, før de vandrer tilbake til opphavselva for å gyte.

På våren og forsommeren vil en rekke faktorer gjøre at den unge laksen i elvene gjennomgår fysiologiske endringer og forbereder seg til et liv i saltvann (Boeuf 1993). Denne prosessen omtales som smoltifisering. Ved å smoltifisere endrer laksen osmoreguleringen og vil bedre tolerere overgangen fra ferskvann til saltvann (Hoar 1988). I takt med smoltifiseringen starten smolten å vandre nedstrøms. Hva som trigger smolten til vandring knyttes i stor grad til lys, temperatur og vannføring (McCormick et al. 1998).

I ferskvannsfasen er tettheten av ungfisk viktig for dødeligheten (Jonsson et al. 1998), men når de starter å vandre opphører denne. Smolt av laks er kjent for å ha høy dødelighet grunnet dens sensitivitet mot ytre miljøfaktorer (McCormick et al. 1998). Når de starter å vandre mot sjøen er det flere faktorer som kan forårsake død. Predasjon, vannkraftverk, miljøpåvirkninger og stress kan være viktige for å forklare dødeligheten.

De senere årene har bruk av akustisk telemetri blitt et viktig verktøy i forskning på fisks atferd og vandringer (Heupel et al. 2006; Urke et al. 2013a). Slike studier er nyttige for å få individdata om dødelighet og oppførsel på fisk over korte eller lengre perioder. Denne typen teknologi gjør det mulig med storskala studieområder, avhengig av hvor mange lyttestasjoner som plasseres ut. Individene kan på denne måten plasseres i tid og rom. Merkene som sender ut signal kan ha en rekkevidde på 200 meter, men også helt opp til 1 kilometer (Kessel et al. 2014). Clements et al. (2005) fant at metode og plassering var viktig for et godt resultat. Lyttebøyene kan settes ut i nettverk, som transekter (ofte kalt gardiner) eller enkeltvis eller i en kombinasjon (Heupel et al. 2006). Akustiske forhold gjør at rekkevidden til merkene kan reduseres om de utsettes for støy, men de fleste plasser hvor de plasseres ut risikerer man lite tap av data (Clements et al. 2005).

Laksebestanden i Vossovassdraget ble kraftig redusert mot slutten av 1980- tallet. Årsaksforholdene rundt denne reduksjonen er fortsatt uklare, men trolig skyldes dette en samlet effekt av lakselus (*Lepeophtheirus salmonis*), rømning av oppdrettslaks, veibygging og

nedsenking av Vangsvatnet, kraftverk og vannreguleringer, og forsuring av vassdrag og brakkvannsområder (Barlaup 2008; Barlaup 2013). Forsuringen har midlertidig bedret seg og virker ikke å ha noen vesentlig negativ påvirkning lengre (Barlaup 2008). Vossovassdraget er i dag et nasjonalt laksevassdrag (St.prp. 32, 2006-2007). Som følge av dette er fisket etter laks strengt regulert. Etter strengere regulering av fisket i Vosso fra 1992 samt gjennomføring av en rekke med utsettingsprogrammer (både ungfisk direkte i elva, smoltutsettinger og sleping av smolt til ytre fjordområder) har det bare vært en svak økning av bestanden selv om gytebestanden har vært tilfredsstillende siden 2011 (Barlaup 2013).

Under en akustisk telemetristudie i 2015 ble det funnet stor frafall av smolt knyttet til vandring gjennom Evangervatnet og Bolstadfjorden (Haugen et al. 2016). Det var særlig Evangervatnet som ble sett på som et problemområde hvor dødeligheten av smolt var høy. I den forbindelse ble påvirkning fra Evanger kraftverk pekt på som en mulig årsaksfaktor da mange av de døde merkede smoltene syntes å bli liggende igjen i områdene nær kraftverket. Rent konkret ble det pekt på gassovermetning fra utløpsvannet fra kraftverket som en mulig dødelighetsfaktor. Undersøkelsen satte fokus på et viktig område som kan fungere som en flaksehals for hvor mange laksesmolt som når sjøen. I mange tilfeller har sjøoverlevelse og lakselus vært sett på som et problem for Vossolaksen og hvorfor bestanden ikke tar seg opp igjen. Med den nye fremskaffede informasjonen ble det viktig å fokusere på hva som skjer med smolten i vassdraget og da særlig i Evangervatnet. Det ble derfor foreslått gjennomført oppfølgende detaljert akustisk telemetristudie samt felteksperimenter som skulle følge opp gassovermetningshypotesen. Felteksperimentene er rapportert i masteroppgave ved Universitetet i Bergen (ref). Denne undersøkelsen viste at det var ingen akutt dødelighet hos smolt i bur som ble eksponert for utslippsvannet fra kraftverket og fysiologiske målinger tydet heller ikke på at smolten var fysiologisk stresset av de observerte gassovermetningsverdiene. Med denne informasjonen forelagt ble det derfor interessant å se hvordan merket villsmolt som fikk lov til å vandre frivillig ned Vossovassdraget reagerte på miljøforholdene ved kraftverket og ellers i vassdraget.

Formålet med denne studien er å estimere atferdskomponenter og dødelighet hos vandrende smolt i Evangervatnet ved bruk av akustisk telemetri samt estimere effekter av miljøfaktorer på disse atferdsvariablene, med spesielt fokus på effekt av utløpsvannføring fra Evanger kraftverk. Som delmål har jeg satt opp:

- Estimere mulig påvirkning av Evanger kraftverk på atferd hos vandrende smolt

- Estimere effekten miljøfaktorer som påvirker vandringsatferden til smolten i Evangervatnet
- Kartlegge hvor smoltene dør i både Evangervatnet og Vangsvatnet
- Estimere eventuell størrelsesavhengig og merketypeavhengig dødelighet

2 Materiale og metode

2.1 Studieområde

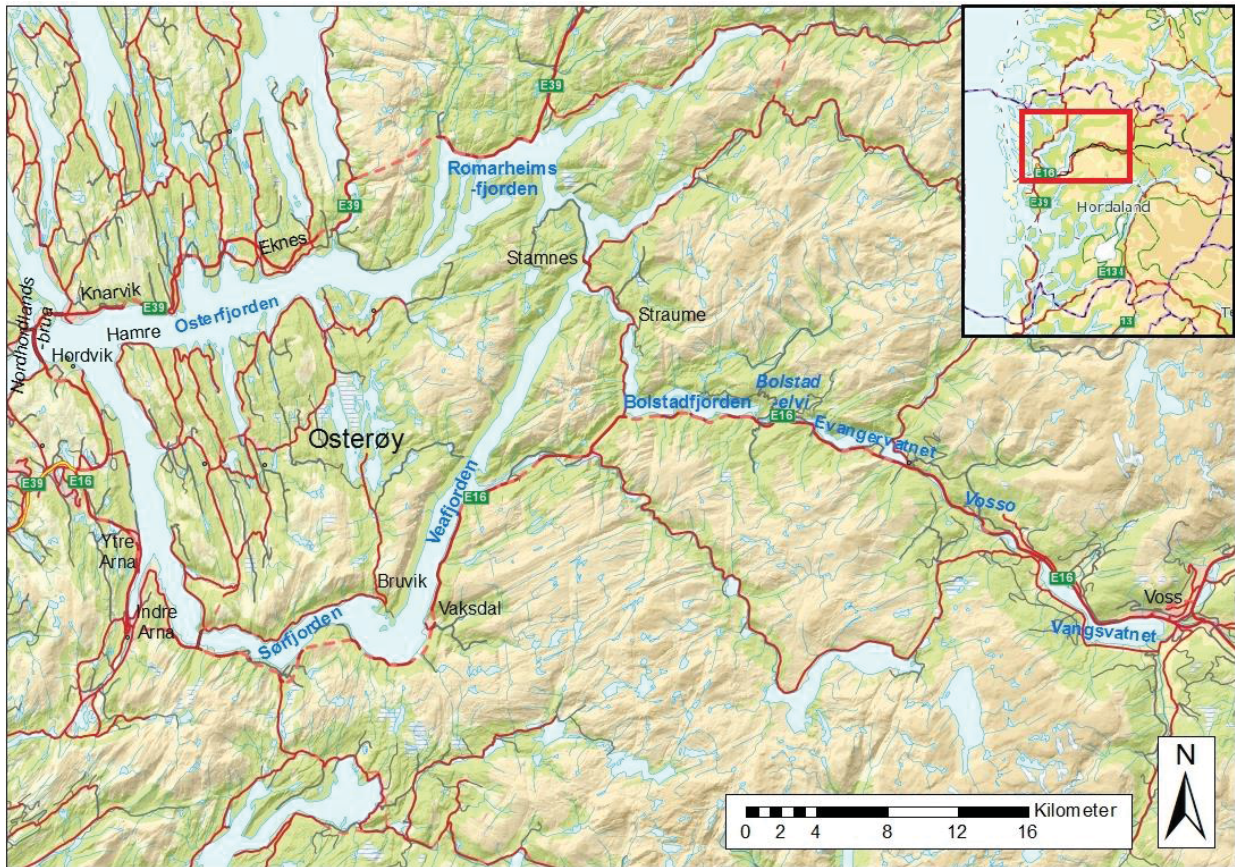
Vandringsatferd og dødelighet på sjøvandrende laksesmolt ble undersøkt i Vossovassdraget fra samløpet ved Strandaelvi og Raundalselvi og ned til Vassenden i utløpet av Evangervatnet i Hordaland fylke (Figur 1). Vossovassdraget er fylkets største vassdrag og består i hovedsak av innsjøene Vangsvatnet og Evangervatnet, elva Vosso og Bolstadelva og tilhørende sidevassdrag (Haugen et al. 2017).

I samløpet mellom Strandaelvi og Raundalselvi dannes Vosso, som renner 1,8 kilometer videre og ut i Vangsvatnet ved bredden av Voss. Vangsvatnet er omtrentlig 8 km² og er vassdragets største innsjø (Figur 2 og 3). Innsjøens opprinnelige utløp ved Bulken er senket og som et tiltak mot flom. Fra Bulken renner Vosso videre med en strekning på omlag 10 km ned til Evangervatnet. Videre renner Bolstadelvi 3,4 km videre hvor den treffer Bolstadfjorden ved Bolstadøyri (Figur 7).

Evangervatnet

Evangervatnet er om lag 6 km langt og vel 3 km² i areal (Figur 4 og 5). Det strekker seg fra Evanger i øst, hvor Vosso renner inn, til Vassenden i vest hvor Bolstadelva begynner. Evangervatnet er langt og smalt med smaleste parti mellom Hernes og Fadneset. Store deler av innsjøen ligger derfor under marin grense. Vannets overflate ligger omtrentlig 8 meter over havet og vannet er på det dypeste rundt 114 meter (Sægrov & Hellen 1998). De dypeste områdene i innsjøen finnes litt vest for midten av vannet.

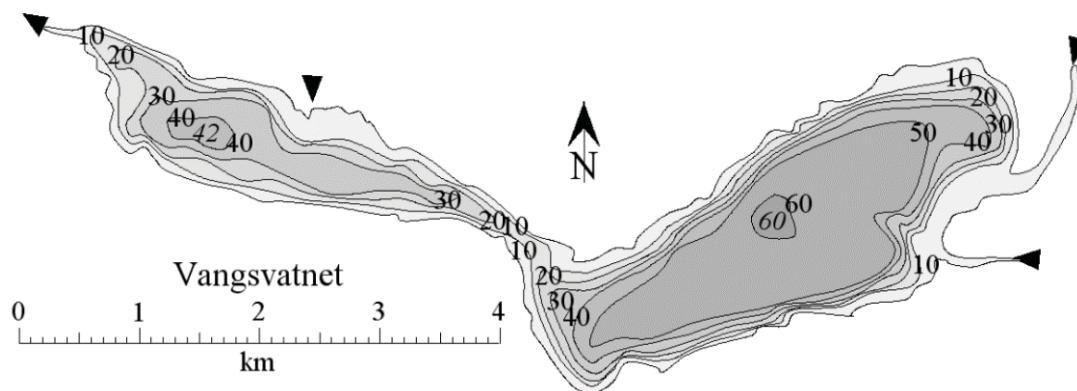
I Evangervatnet finnes et vannkraftverk som drives av Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap (Figur 6). Kraftverket stod klart i 1969, men har i ettertid utført mindre reguleringer. Overføringer fra nabovassdrag, med Askjeldalsvatnet som inntaksmagasin, renner gjennom kraftverket på Evanger før det slippes ut i Evangervatnet, øst for Fadneset. I tillegg til tilførselen av vann fra kraftverket, renner sidevassdraget Teigdalselvi (147,5 km²) fra nord og ut i Evangervannet noen hundre meter nedstrøms utløpet av kraftverket.



Figur 1. Oversiktsbilde av studieområdet Vossovassdraget fra Voss til Norhordalandsbrua med sentrale stedsnavn.



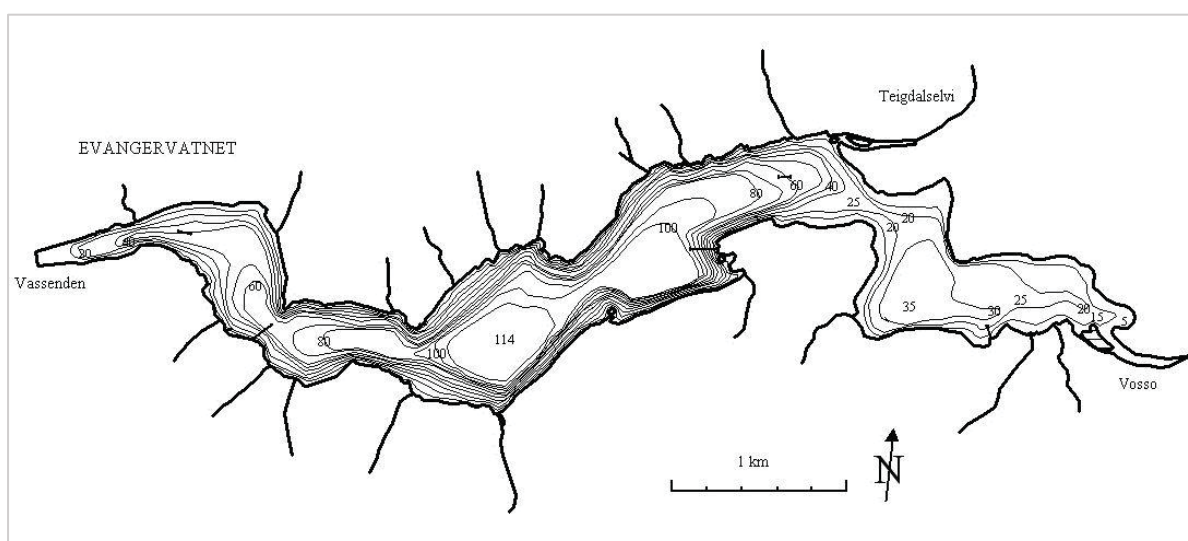
Figur 2. Vangsvatnet sett fra innosen av Vosso og vestover.



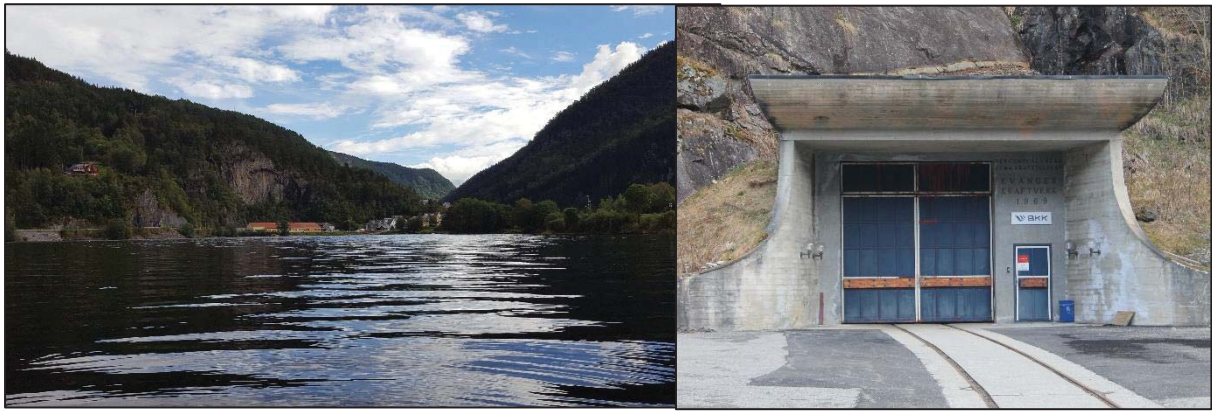
Figur 3. Dybdekart av Vangsvatnet hentet fra Hauge (1957).



Figur 4. Innløpet ved Evanger hvor Vosso møter Evangervatnet (venstre) og utløpet av Evangervatnet ved Vassenden hvor Bolstadelva begynner.



Figur 5. Dybdekart av Evangervatnet hetet fra Sægrov og Hellen (1998).



Figur 6. Evanger sett fra innsjøen (venstre) og inngangsporten til Evanger kraftverk.



Figur 7. Utoen av Bolstadelvi ved Bolstadøyri (venstre) og Bolstadvannet hvor laksesmolten møter saltholdig vann for første gang.

2.2 Fiskesamfunn

Laksestammen i Vossovassdraget er kjent for sin store størrelse og er viktig for den lokale befolkningen. I Vossovassdraget finnes det bestander av røye (*Salvelinus alpinus*) og ørret (*Salmo trutta*). Utenom disse vanligste artene finnes det også ål (*Anguilla anguilla*) i vassdraget. Både ørret og røye er laksefisker som reproducerer i ferskvann, men kan leve anadromt og overvintre i ferskvann (Nordeng 1977). Ørreten har bred naturlig utbredelse grunnet dens allsidighet (Huitfeldt-Kaas 1918), hvor røye i større grad er knyttet til kaldere områder (Klemetsen et al. 2003). Både ørret og røye har komplekse livshistoriestrategier (Klemetsen et al. 2003). I Vossovassdraget finnes det bestander av stasjonær og anadrom ørret (Jonsson 1985; Sægrov & Hellen 1998). Genetiske forskjeller har en påvirkning, men med uavklart relativ betydning, på hvem som blir anadrom og hvem som blir værende i innsjøene (Jonsson 1982). Røyene i vassdraget er stasjonære, men finnes i ulike morfer (Hindar & Jonsson 1982; Sægrov & Hellen 1998).

Atlantisk laks

I yngre stadier lever laksen i ferskvann hvor eggene klekkes i perioden april-mai (Lura & Sægrov 1993). Etter ett til åtte år i ferskvann smoltifiserer laksen og vandrer nedstrøms mot sjøen (Aas et al. 2011; Metcalfe & Thorpe 1990). Alder ved smoltifisering er knyttet til veksten hos ungfisken hvor de som vokser raskt smoltifiserer tidligere enn de som vokser seint (Økland et al. 1993). Smoltifisering og nedstrøms vandring mot sjøen skjer i hovedsak på våren (McCormick et al. 1998). Under smoltifiseringen gjennomgår fisken fysiologiske og morfologiske endringer for å bedre tåle et liv i saltvann (Hoar 1988). Økt vanntemperatur og vannføring på våren virker å være de største vandringstriggerne for nedstrøms vandring mot sjøen (McCormick et al. 1998). Når fisken vandrer nedstrøms gjøres dette ofte i stim eller grupper (Olsén et al. 2004; Riley 2007). Hovedvekten av sjøvandringen skjer nattetid (Hansen & Jonsson 1985; Olsén et al. 2004). Denne måten å vandre på er trolig knyttet til antipredator atferd.

Davidsen et al. (2009) sin studie viste en vandringshastighet på $0,5$ kroppslengder sek^{-1} for smolt ved nedstrøms vandring i vassdrag. Thorstad et al. (2012) viser at smolten vandrer med en hastighet på $0,45 - 3$ kroppslengder sek^{-1} i ulike norske fjordsystemer. Når smolten ankommer elvemunningen fortsetter vandringen ut fjorden og ut mot åpent hav. I sjøen får den økt vekst som følge av økt næringstilgang (Dutil & Coutu 1988). Smolten vandrer trolig ut i

sjøen når temperaturen er tilstrekkelig for optimalisering av vekst $>8^{\circ}\text{C}$ (Hvidsten et al. 1998). Overgangen til saltvann kan derimot medføre stor dødelighet på laksesmolten. Størst dødelighet er knyttet til den første måneden etter overgang fra ferskvann til saltvann (Hansen et al. 2003).

De fleste laks kjønnsmodnes etter sjøopphold, men de er ikke avhengig av sjøopphold for å fullføre livssyklusen sin. Det finnes livshistoriestrategier hvor parr av hanfisk (gyteparr) modnes før sjøopphold og deltar under gytingen (Hutchings & Myers 1988) før den siden vandrer ut som smolt. Andre steder har forhold gjort at laks lever hele livet i ferskvann uten sjøopphold (Berg 1985).

Normalt vil laksen vandre tilbake til opphavselva etter et sjøopphold. Etter et til fire år i sjøen, hvor den har vokst og kjønnsmodnet, vandrer den tilbake til elva igjen for å gyte. Når gytingen er ferdig vil overlevende laks etter hvert vandre tilbake til sjøen igjen. Når eggene klekkes tidlig neste år vil syklusen fortsette.

2.3 Datainnsamling

2.3.1 Innsamling av fisk

For å samle inn pre-smolt av laks til merking ble det brukt elfiske på rennende vann i perioden 11.04 til 14.04.2016 (Figur 8). Strøm gjør at fisken bedøves og flyter opp mot overflaten, og kan dermed fanges med håv. Elfiske krever løyve som ble gitt av Fylkesmannen i Hordaland. Det ble samlet inn villfisk ovenfor Vangsvatnet (omtales som Øvre Vosso) og i Vosso. Det ble også benyttet klekkerismolt som stammer fra villfiskegg som er klekket, oppforet og stimulert til smoltifisering i klekkeri. All innsamlet villfisk ble fraktet til Voss klekkeri og samlet i oppbevaringskar (Figur 9). Gruppene av forskjellig opphav ble holdt adskilt.



Figur 8. Elfiske i Strandaelvi (Øvre Vosso) etter pre-smolt av laks til merking.



Figur 9. Fiskene ble samlet i et oppbevaringskar før merking.

2.3.2 Merking av fisk

Pre-smolten ble merket kirurgisk med akustiske sendere (Figur 10, Tabell 1). Merking krever løyve innhentet av Mattilsynet (FOTS id 8611; ref 2016/53057) jf. *Forskrift om bruk av dyr i forsøkt* 18.06 2015, § 6 og 12. Kirurgiprotokollen som ble fulgt er beskrevet i Urke et al. (2013a). Merkingen av fisk ble gjort med sterilisert utstyr av samme personell som har merket fisk i flere forsøk (Haugen et al. 2016; Lunde 2014; Urke et al. 2013a).

Fisken ble fanget opp fra oppbevaringskar med håv og lagt i et kar med vann tilsatt Finquel® (135mg/l) for bedøving. Den ble værende i bedøvelseskaret til den roet seg, mistet bevisstheden og var synlig påvirket av bedøvelsen. Deretter ble den lagt på operasjonsbordet hvor den ble lagt på ryggen og tilført aktiv vannstrøm inn munnen og ut gjennom gjellende. Dette gir fisken tilførsel av friskt vann tilsatt bedøvelse og luft gjennom merkingen. Videre ble det benyttet en skalpell til å skjære et lite snitt i buken og plassert inn en akustisk sender. Etter at senderen var plassert inn i fisken ble buken sydd igjen med tre sting ved bruk av monofilament tråd (Resolon, 3/0 usp; www.resorba.com) og deretter lagt på et lag med Histoakryl vevslim over såret. Dette middelet koagulerer raskt og skaper en hinne utenpå stingene og snittet som ble laget med skalpellen.

Etter operasjonen ble fisken lagt i et oppvåkningskar med luftpumpe og hadde aktiv oppvåkning med gjennomstrømning av friskt vann slik at fisk etter 1-2 minutt kom til bevissthet. I dette karet lå en lyttebøye for å registrere at merket var aktivert og i funksjon. Videre ble fisken flyttet til et overvåkingskar hvor merkede fisk fra samme opphav ble samlet og videretransportert til utsettplass kort tid etter.

Tabell 1. Akustisk merket pre-smolt av laks ($\pm$ SD) fra Øvre Vosso, Vosso og klekkeri april 2016.

Vill/klekkeri	Opphav	Utsettplass	n	ID	Merke	Lengde (mm)
Villfisk	Øvre Vosso*	Øvre Vosso	25	150-175	dybde	157.8 $\pm$ 14.5
			25	899-923	Id	137.5 $\pm$ 6.4
Villfisk	Vosso	Vosso	25	100-124	dybde	142.3 $\pm$ 4.2
			25	799-822	Id	131.8 $\pm$ 3.2
Klekkeri	Klekkeri	Øvre Vosso	50	849-898	Id	148.4 $\pm$ 8.5

*Startføra som yngel på Voss klekkeri og satt ut i Strandaelvi.



Figur 10. Akustisk merking av klekkerismolt (til venstre) og merke med id 866.

2.3.3 Akustiske merker

I denne studien ble det benyttet akustiske merker produsert av Thelma Biotel (www.biotel.no) (Tabell 2). Hvert av merkene har en egen ID-kode som gjør at dataene blir individbasert. Disse sender ut signaler i en bestemt rekkefølge. For å hindre kollisjon mellom signalene sender merkene ut signaler i periodisk intervall på 30 til 90 sekunder. Det ble benyttet 75 sendere som var utstyrt med dybdemålefunksjon og ble brukt på fisk fra Øvre Vosso, Vosso og Bolstadelva. Disse måler dybde mellom 0-50 meter, med oppløsning på 0,2 m. Rekkevidden til signalene som sendes ut kan være fra noen få meter til flere hundre meter avhengig av de akustiske forholdene rundt. I Evangervatnet ble et dybdemerke målt opp mot 300 meter og fra produsent er det forventet en rekkevidde på 2/3 på smoltmerkene, altså 200 meter (Jo Alfredsen pers. med. 2017).

Tabell 2. Fysiske egenskaper til merkene som ble benyttet i studie hentet fra Haugen et al. (2017, i trykk).

	Dybdemerke (ADT-LP 7.3)	Id-merke (AT-LP-7.3)
Lengde (mm)	22	18
Diameter (mm)	7,3	7,3
Vekt i luft	2,0	1,9
Vekt i vann	1,1	1,2
Effekt (dB re 1µPa@1m)	139	139
Levetid (mnd)	6	7

2.3.4 Utsetting av merket fisk

Ferdig merkede grupper med fisk ble satt tilbake til opphavsområdet i perioden 14. - 16. april. Utsettingen ble gjort punktvis langs rolige elvestrekninger. Gruppene Øvre Vosso og klekkerismolt ble satt ut ved samløpet av Raundalselvi og Strandaelvi (Figur 11), gruppen Vosso ble satt ut omkring Tverrelvi (Figur 12) og fiskene fra Bolstadelvi ble satt ut ved Rognohølen. Karet med merket fisk ble lagt forsiktig ned i vannet før toppluken ble dratt av og fisken fikk svømme fritt ut av karet.



Figur 11. Utsettingsklar klekkerismolt (til venstre) og undervannsbilde av nylig utsatt vill smolt.



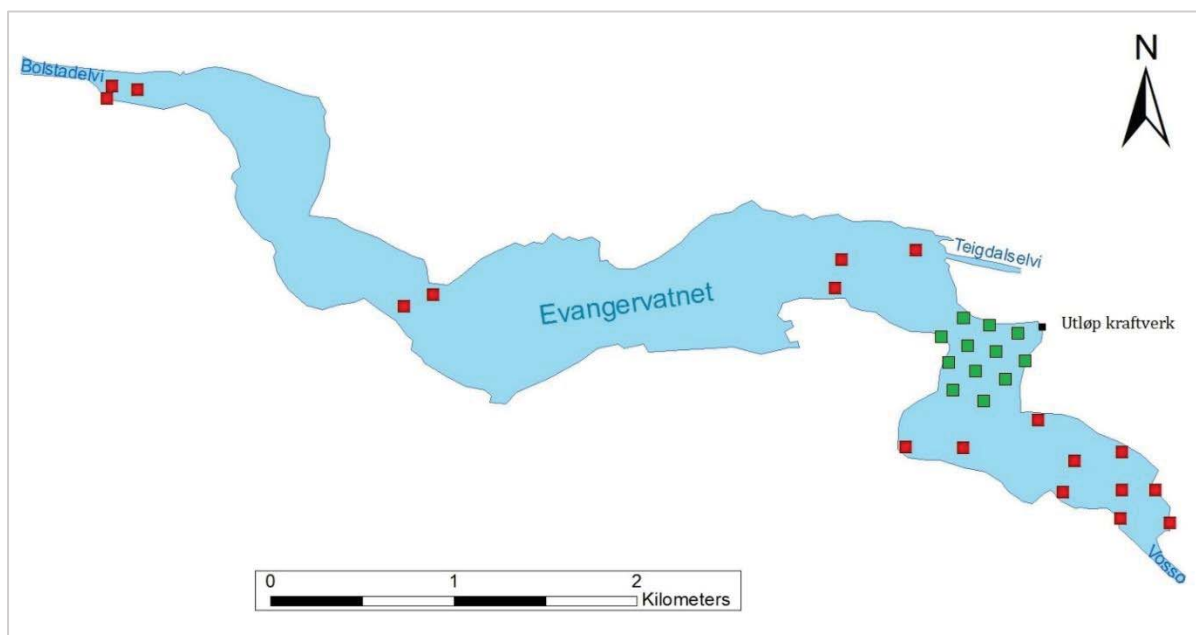
Figur 12. Utsetting av Vossosmolt (til venstre) og utsettingsområde ved Tverrelvi i Vosso

2.3.5 Passive lyttebøyer

For å registrere fiskenes vandring og områdebruk i Evangervatnet ble det plassert ut totalt 30 lyttebøyer fra innløpet av Vosso og ut til Vassenden i vest hvor Bolstadelva begynner (Figur 14). Lyttebøyene som ble benyttet i studien var av typen VR2W mottagere produsert av Vemco (<https://vemco.com/products/vr2w-69khz/>) og TBR-700 produsert av Thelma Biotel (<http://www.thelmabiotel.com/index.php?pageId=579>). De passive lyttebøyene ble satt i nye batterier og deretter plassert ut i perioden 11.04-15.04. Lyttebøyene har en hydrofon som fanger opp signaler fra akustiske sendere slik at når en merket fisk passerer en passiv mottager vil deteksjonen registreres. I midtre del av Evangervatnet, nær utløpet av kraftverket, ble TBR-700 lyttebøyene satt ut i grid. Resten av lyttestasjonene bestod av VR2W mottagere satt ut enkeltvis, parvis eller i grupper. På grunne områder ble lyttebøyene montert og satt ut på anker av metall, mens på dypere områder ble de festet til tauverk som igjen ble festet med lodd i bunnen og blåse i toppen (Figur 13). Stasjonsnettet i Evangervatnet ble tatt opp i slutten av august. Dataene fra mottakerne ble lastet ned trådløst på PC ved hjelp av Bluetooth kommunikasjon og vasket for feildeteksjoner.



Figur 13. Utstyr til montering av lyttestasjoner. Søkke og blåser til montering i innsjøer (til venstre), lyttebøyer festet til tauverk (øverst til høyre) og lyttebøyer montert på anker.



Figur 14. Lyttebøyenes plassering i Evangervatnet hvor røde kvadrat viser VR2W mottagere og grønne kvadrat viser TBR mottagere utplassert i grid.

2.3.6 Manuell peiling

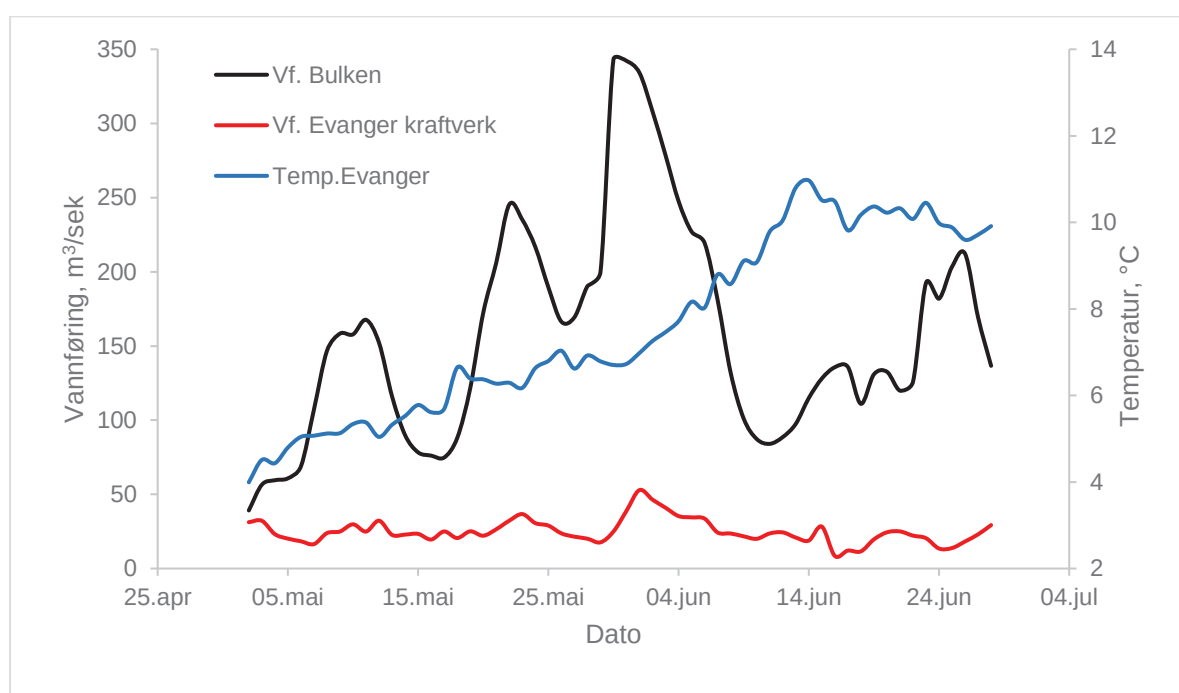
I Vangsvatnet og Evangervatnet ble det gjennomført manuell peiling 27. og 28. august etter antatt døde fisk (Figur 15). Det ble benyttet VR-100 mottager med påkoblet hydrofon og en TBR-700 mottager til manuell peiling. Individene som ble merket med ID-ene registrert under den manuelle peilingen, ble karakterisert som død. Ved bruk av båt og GPS ble det tatt peilepunkt på forskjellig plasser i innsjøene. Klokken på lyttebøyen og GPS-en ble samkjørt slik at klokkeslettet hvert individ ble registrert av mottageren kunne knyttes til et peilepunkt. For hvert punkt ble det peilet omtrent 10 minutter. Dataene fra lyttebøyen ble sammenstilt med punkter tatt med GPS og hvert individ ble dermed gitt en posisjon.



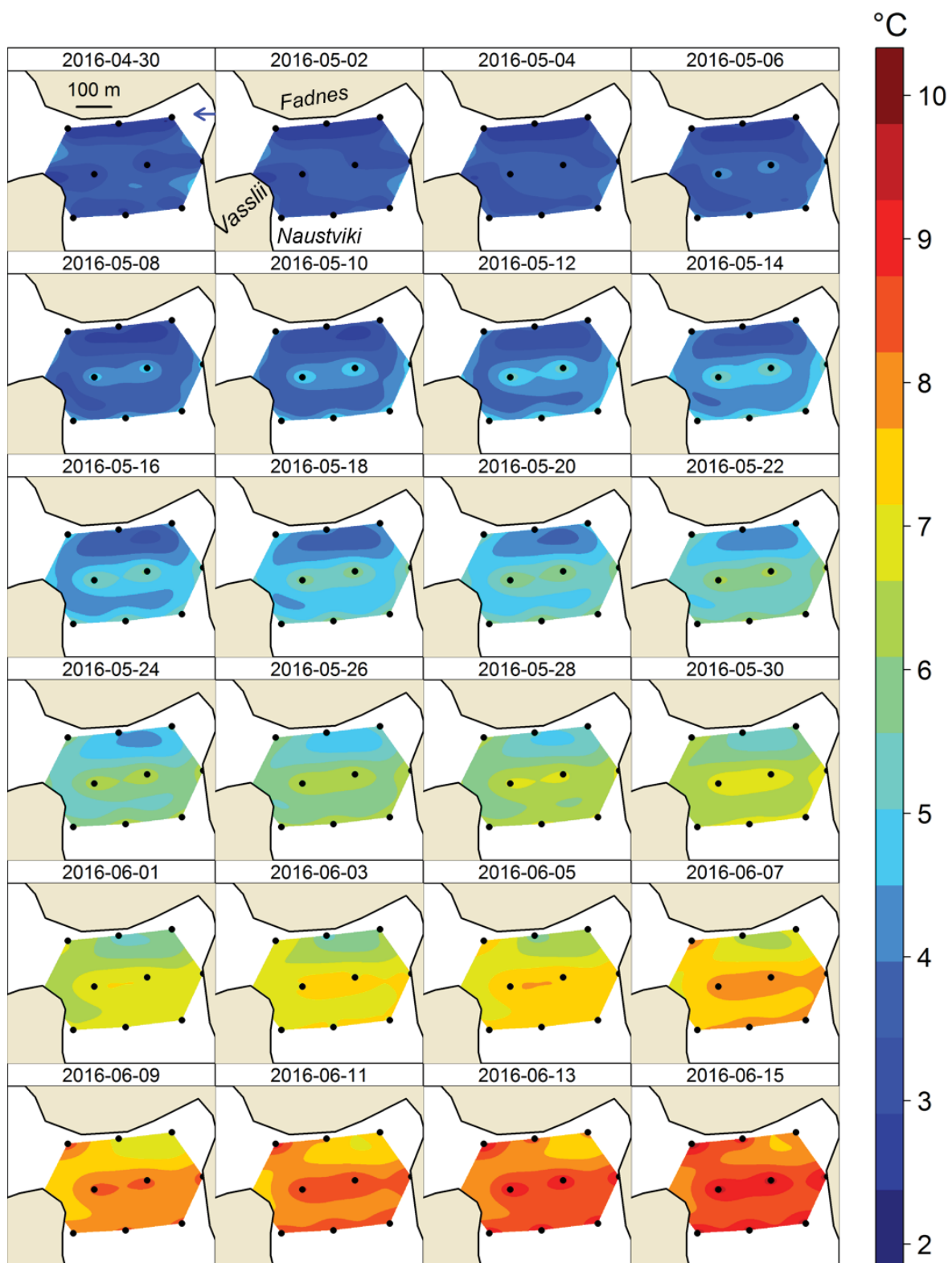
Figur 15. Manuell peiling fra Evangervatnet med bruk av mottagerne VR100 (venstre) og TBR700. (Foto: Henning Andre Urke)

2.3.7 Vannføring og temperatur

Miljøvariablene vannføring og vanntemperatur ble registrert for hver dag under studie (Figur 16). Det ble plassert ut temperaturloggere (Tinytag Aquatic 2 TG-4100) i Evangervatnet for å måle vanntemperatur. Disse målte temperatur i vannet på gitte plasser. Informasjon om vannføring for Vosso ved målestasjonen Bulken (NVE nr 62.5.0) og vannføringsdata fra Evanger kraftverk ble hentet fra driftsvannføringen (BKK). Lyttebøyene plassert i grid har temperaturloggere som Haugen et al. (2017, i trykk) benyttet til beregning av temperaturprofiler på 3 meters dyp ved utløpet av kraftverket (Figur 17).



Figur 16. Vannføring ved Bulken, vannføring fra Evanger kraftverk og temperaturdata for Evangervatnet våren 2016.



Figur 17. Interpolerte vanntemperaturer på 3 m dybde i det triangulerte området ved utløpet av Evanger kraftverk hentet fra Haugen et al. (2017).

2.4 Statistiske analyser

2.4.1 Posisjonering av fisk

For å posisjonere smolten som vandret gjennom Evangervatnet ble det benyttet “*mean-position-algorithm*” som er beskrevet av Simpfendorfer et al.. (2002). Metodikken baserer seg på deteksjoner som er registrert innenfor et tidsintervall og estimerer en gjennomsnittlig posisjon vektet etter antall signal hver mottager har mottatt (position averaging - PAV). Dette ble gjort i intervaller på 10 minutter for hvert individ. Maksimalt 144 observasjoner vil da kunne forekomme per døgn. Lyttebøyene som ble satt ut, overlapper i rekkevidde slik at et unikt signal kan oppdages av flere lyttebøyer. Nøyaktigheten til hver posisjon vil øke med antall signaler som mottas innenfor samme tidsintervall. Dette kalles også “*the weighted-mean method*” (Hedger et al. 2008). Posisjonen som blir regnet ut vil basere seg på et snitt og vil ikke nødvendigvis gi fiskens nøyaktige posisjon. I denne studien ble det benyttet triangulering hvor et signal som ble registrert av minimum tre bøyer vil inngå som en posisjon. Ved triangulering vil den lyttebøyen med flest signaler være den mottageren som fisken har vært nærmest (Simpfendorfer et al. 2002). De triangulerte posisjonene ble beregnet for 120-180 dager i året, som tilsvarer mai og juni måned.

2.4.2 Bruksområde

For å estimere smoltens områdebruk ble de triangulerte posisjonene benyttet til å finne individuelt bruksområde. Ved bruk av disse posisjonene blir fiskens horisontale bruk av Evangervatnet estimert for 50 og 95 prosent av tidsbruken av områdene hvor smolten oppholder seg. Daglige bruksområde ble estimert ved å bruke kernelUD-funksjonen som er en del av pakken adehabitatHR i R (Calenge 2006). På denne måten regnes sannsynligheten for hvor fisken oppholder seg 50 og 95 prosent av tiden. For å få sikrere estimat ble det gjort et utvalg hvor dager det var mindre enn 10 observasjoner og 10 forflytninger per individ ble tatt ut av analysen.

2.4.3 Relativ lateral bevegelse

Aktiviteten innenfor hjemmeområdet er gitt navnet relativ lateral bevegelse (RLB) i denne studien. Den daglige tilbakelagt svømmeavstanden (lateralbevegelsen) ble estimert fra R-biblioteket adehabitatLT ved hjelp av funksjonen as.ltraj (Calenge 2006). Denne avstanden ble så delt på den tilsvarende daglige 95% bruksområdeverdien. RLB viser hvor stor aktivitet smolten har innenfor 95 % av hjemmeområdet og er regnet ut i meter/hektar/dag. For 50 % av hjemmeområdet ble det ikke gjort analyser av RLB.

2.4.4 Svømmehastighet

De triangulerte posisjonene ble også benyttet til å beregne fiskens daglige lineære forflytning. På denne måten ble den individuelle svømmehastighet regnet ut i kroppslengder per sekund. For å estimere lineære forflytninger ble pakken `adehabitatLT` i R benyttet.

2.4.5 Bruksvolum

Bruksvolum ble regnet ut med horisontale hjemmeområde (XY-dimensjon) og lagt til gjennomsnittlig dybde (Z-dimensjon) innenfor 10 minutters tidsintervall. Dybdedataene ble hentet inn fra de fiskene merket med dybdemerke. Fiskene som ikke var merket med dybdemerke ble unnlatt for bruksvolum.

For hver fisk ble kun dager med mer enn 30 posisjoner, hvorav minst 10 helt unike, brukt i analysene. 3D bruksvolum ble tilpasset ved å bruke `kde`-funksjonen som er tilgjengelig i R-pakken `ks` (Duong 2017).

2.4.6 Dødelighet

Hvert enkelt individ som ble registrert under manuell peiling ble gitt en koordinat som ble lagt inn i en Microsoft Excel-fil. Innsjøene ble delt inn i ulike soner hvor hvert individ fikk en tilhørighet til det nærmeste punktet hvor den ble registrert. Individ som ble detektert ved flere peilepunkt ble punktet med flest deteksjoner brukt. Områder med mange peilepunkter ble slått sammen til et gjennomsnittlig punkt. Dataene ble behandlet i GIS-programmet ArcMap hvor dataene ble lagt over et bakgrunnskart og presentert som bobleplott (Graduated symbols).

For å undersøke størrelsesavhengig dødelighet på villfisk i innsjøene ble sannsynligheten for å dø testet mot lengde. Merkeavhengig dødelighet ble også testet ved å teste individ med id-merke mot individ med dybdemerke og sannsynligheten for å dø. Disse dødelighetsanalysene ble utført som generaliserte lineære modeller (GLM) der hvert individ som ble funnet ved det manuelle ettersøket ble gitt verdien 1 (1=død) og de som ikke ble funnet var antatt overlevende og gitt verdien 0. Responsvektoren ble da bestående av 0 og 1 og modellert som funksjon av både lengde ved merking og merketype og utsettsted som flere kandidatmodeller. Modellene ble tilpasset med logit-link (Hosmer og Lemeshow 1989):

$$\ln[p/(1-p)] = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n,$$

der p = sannsynlighet for å dø, β er regresjonsparameter, og x er prediktorvariabel (f. eks. størrelse). Modellseleksjon mellom kandidatmodeller ble foretatt ved AIC-utvelgelse der $\Delta AIC > 2$ ble ansett som betydelig forskjell mellom kandidatmodellene (Anderson 2008).

2.4.7 Modellvalg og testing

Atferdsvariablene bruksområde (50 % og 95%), relativ lateral bevegelighet, svømmehastighet og bruksvolum (50 % og 95 %) ble analysert i en lineær mixed modell (LME) for å estimere effekter av smoltlengde, utsettplass, vannføring i Vosso, vannføring fra Evanger kraftverk, dag på året og gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør. Dette ble gjort ved å benytte glmer-funksjonen pakken lme4 i R (Bates et al. 2014). Individuelle ID-er ble brukt som en tilfeldig effekt for å ta hensyn til individuell avhengighet av observasjoner (Nakagawa & Schielzeth 2010) etterfulgt av modell seleksjon beskrevet i Zuur et al. (2009). Valg av modell ble gjort ved å bruke Akaikes informasjonskriterier for modellvalg (Akaike 1974). I resultatkapitlet vil de 10 høyest rangerte lme-modellene bli presentert i en modellseleksjonstabell. Den best støttede modellen vil ha et prediksjonsplott sammen med en tabell hvor parameterestimat og effekttest presenteres. Påfølgende modeller etter de 10 øverst rangerte, for hver av responsvariabelene, blir presentert i vedlegg. I de tilfeller hvor ΔAIC var mindre enn 2 unna den modellen med mest støtte, ble modellene presentert i vedlegg (Anderson 2008).

For å teste effekten av ulike prediktorer ble ANOVA benyttet. For å finne statistisk signifikans ble grenseverdien satt til $p < 0.05$. P-verdier nær grenseverdien indikerer en tendens.

3 Resultater

Det ble ikke påvist noen signifikant effekt av vannføringen fra Evanger kraftverk på vandringsatferden til smolten i innsjøen. Av alle lme-modellene som ble undersøkt var vannføring fra Evanger kraftverk ikke blant de med mest støtte. Smolt som dør har høyere estimer for vandringsatferd enn de som overlever i Evangervatnet. Dødeligheten er betydelig i begge innsjøene. Prediktorene vannføring ved Bulken og dag på året virker å være viktigst for vandringsatferden til smolten i Evangervatnet.

3.1 50 % bruksområde

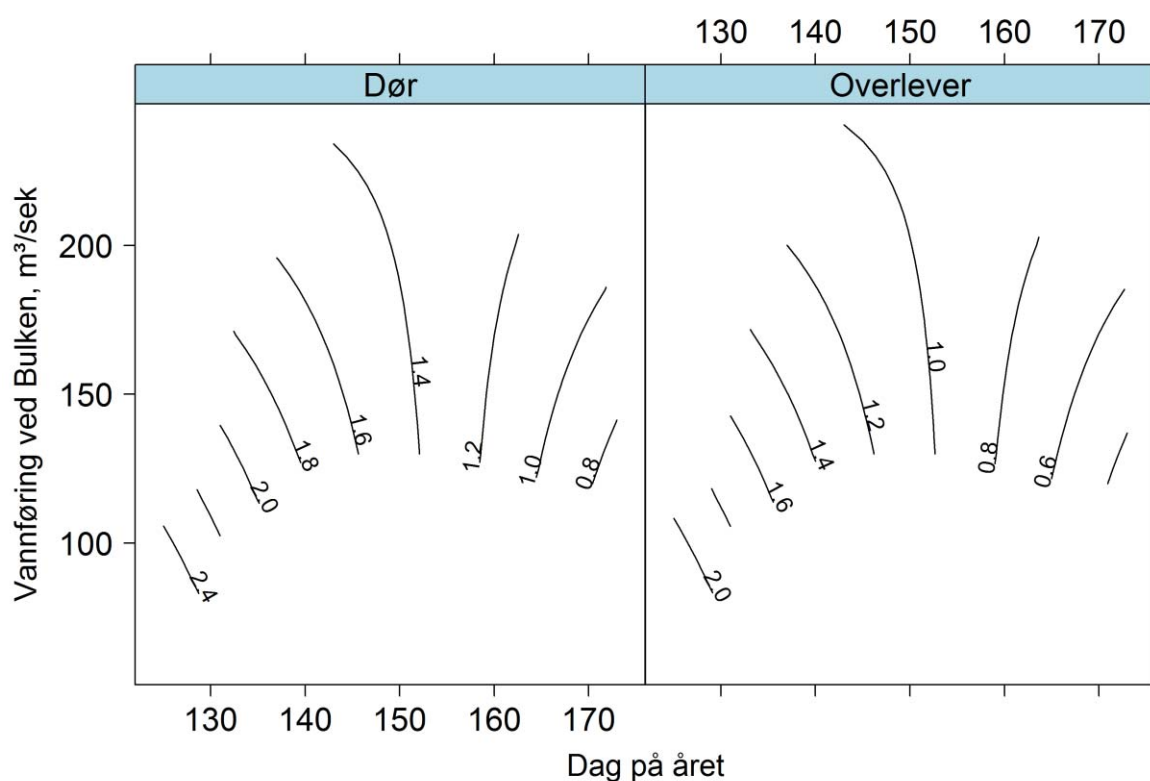
De fem lme-modellene som fikk mest støtte inneholder alle vannføring ved Bulken som en viktig prediktor (Tabell 3). Modellen som fikk mest støtte for å predikere 50 prosent av bruksområde estimerte at de som overlever har mindre bruksområde enn de som dør og at ved økende vannføring ved Bulken og dag på året minker bruksområdet (Tabell 4). Interaksjonen dag på året og vannføring hadde en signifikant effekt på 50 % bruksområde (Tabell 4). De som overlever hadde en tendens, men nær signifikant, til mindre bruksområde enn de som dør. Interaksjonen dag på året og vannføring ved Bulken viste at effekten av mindre bruksområde avtar svak over tid.

Tabell 3. Rangert lme-modellseleksjonstabell for prediksjon av 50 % bruksområde. Id ble satt som tilfeldig faktor. K = antall estimerte parametre, ModelLik = modell likelihood, AICcWt = aic vekt, LL = log likelihood. Vf = vannføring, Temp = vanntemperatur, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Model	K	AICc	Δ AICc	ModelLik	AICcWt	LL
Overlever + Dag på året * Vf.Bulken	7	6402.330	0	1	0.681	-3194.13
Vf.Bulken * Dag på året	6	6403.939	1.608	0.447	0.304	-3195.94
Overlever + Temp.Evanger * Vf.Bulken	7	6410.850	8.519	0.014	0.009	-3198.39
Temp.Evanger * Vf.Bulken	6	6412.559	10.229	0.006	0.004	-3200.25
Overlever + Temp.Evanger + Vf.Bulken	6	6422.707	20.376	<0.001	<0.001	-3205.33
Temp.Evanger + Vf.Bulken	5	6424.469	22.138	<0.001	<0.001	-3207.21
Overlever + Dag på året + Vf.Bulken	6	6437.733	35.402	<0.001	<0.001	-3212.84
Vf.Bulken + Dag på året	5	6439.332	37.001	<0.001	<0.001	-3214.65
Dag på året	4	6448.043	45.712	<0.001	<0.001	-3220.01
Utsettplass * Dag på året	6	6448.672	46.341	<0.001	<0.001	-3218.31

Tabell 4. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med mest støtte som ble tilpasset for å prediktere 50 % bruksområde (Tabell 3, plottet i Figur 18). Vf = vannføring, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	1.062e+01	7.710e-01	Overlever	3.760	1	0.05249
Overlever	-3.828e-01	1.974e-01	Dag på året	260.341	1	<0.00001
Dag på året	-6.009e-01	5.163e-03	Vf.Bulken	11.146	1	0.00084
Vf.Bulken	-3.481e-02	5.457e-03	Dag på året:Vf.Bulken	37.797	1	<0.00001
Dag på Året:Vf.Bulken	2.246e-04	3.653e-05				



Figur 18. Konturplott av estimerte verdier av 50 % bruksområde basert på den utvalgte lme-modellen i Tabell 3 og 4. Iso-linjene representerer verdier for bruksområde til døde og overlevende fisk for ulike dager på året og ved ulik vannføring (m³/sek).

3.2 95 % bruksområde

De fem modellene som fikk mest støtte for 95 % bruksområde inneholder vannføring ved Bulken som en viktig prediktor (Tabell 5). Prediktorene dag på året og temperatur i Evangervatnet virker også å være viktig for bruksområdet. Modellen som fikk mest støtte estimerte at de som overlever har mindre bruksområde enn de som dør, og at økende vannføring ved Bulken og dag på året gir mindre bruksområde (Tabell 6).

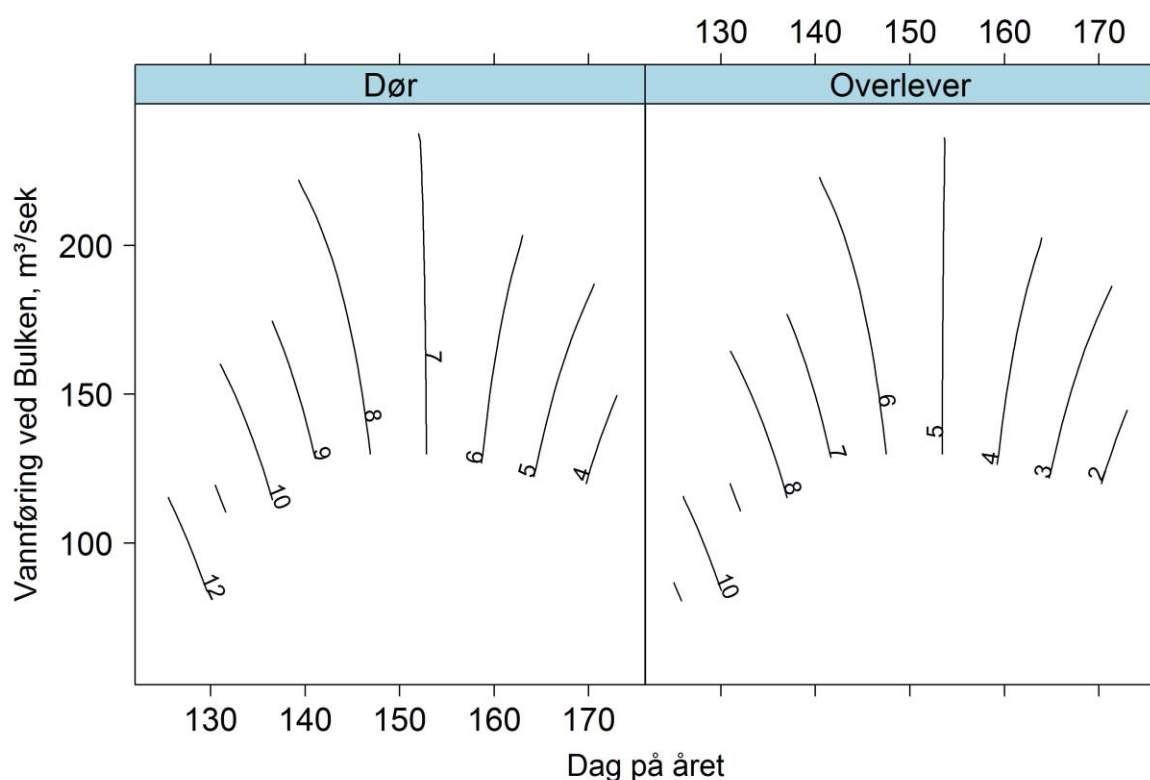
Interaksjonen dag på året og vannføring ved Bulken hadde en signifikant effekt på 95 % av bruksområdet (Tabell 6). De som overlever har signifikant mindre bruksområde enn de som dør. Interaksjonen dag på året og vannføring ved Bulken er signifikant og øker svakt over tid.

Tabell 5. Rangert lme-modellseleksjonstabell for prediksjon av 95% bruksområde. Id ble satt som tilfeldig faktor. K = antall estimerte parametre, ModelLik = modell likelihood, AICcWt = aic vekt, LL = log likelihood. Vf = vannføring, Temp = vanntemperatur, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Model	K	AICc	ΔAICc	ModelLik	AICcWt	LL
Overlever + Dag på året * Vf.Bulken	7	12436.059	0	1	0.697	-6211.00
Vf.Bulken * Dag på året	6	12437.804	1.745	0.417	0.291	-6212.88
Overlever + Temp.Evanger * Vf.Bulken	7	12445.070	9.011	0.011	0.007	-6215.50
Temp.Evanger * Vf.Bulken	6	12446.902	10.843	0.004	0.003	-6217.42
Overlever + Temp.Evanger + Vf.Bulken	6	12452.189	16.130	<0.001	<0.001	-6220.07
Temp.Evanger + Vf.Bulken	5	12454.062	18.003	<0.001	<0.001	-6222.01
Overlever + Dag på året + Vf.Bulken	6	12466.167	30.107	<0.001	<0.001	-6227.06
Vf.Bulken + Dag på året	5	12467.901	31.842	<0.001	<0.001	-6228.93
Dag på året	4	12470.479	34.420	<0.001	<0.001	-6231.22
Utsettplass + Dag på året	5	12471.352	35.292	<0.001	<0.001	-6230.66

Tabell 6. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med mest støtte som ble tilpasset for å prediktere 95 % bruksområde (Tabell 5, plottet i Figur 19). Vf = vannføring, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	52.6208774	3.71118	Overlever	3.9061	1	0.04811
Overlever	-1.9025974	0.96267	Dag på året	334.1116	1	<0.00001
Dag på året	-0.2981241	0.02484	Vf.Bulken	4.7868	1	0.02868
Vf.Bulken	-0.1533180	0.02625	Dag på året:Vf.Bulken	32.4009	1	<0.00001
Dag på året:Vf.Bulken	0.0010004	0.00017				



Figur 19. Konturplott av estimerte verdier basert på den utvalgte lme-modellen som estimerer 95% bruksareal pr dag (ha) i Tabell 5 og 6. Iso-linjene representerer verdier for bruksområde til døde og overlevende fisk for ulike dager på året og ved ulik vannføring (m³/sek).

3.3 Relativ lateral bevegelighet

De modellene med mest støtte for RLB inneholder vannføring ved Bulken som en viktig prediktor (Tabell 7). Modellen som fikk mest støtte estimerte at de som overlever har mindre RLB enn de som dør, og at RLB øker med økene vannføring ved Bulken og uker (Tabell 8, Figur 20). Interaksjonen vannføring ved Bulken og uker viser at effekten minker over tid.

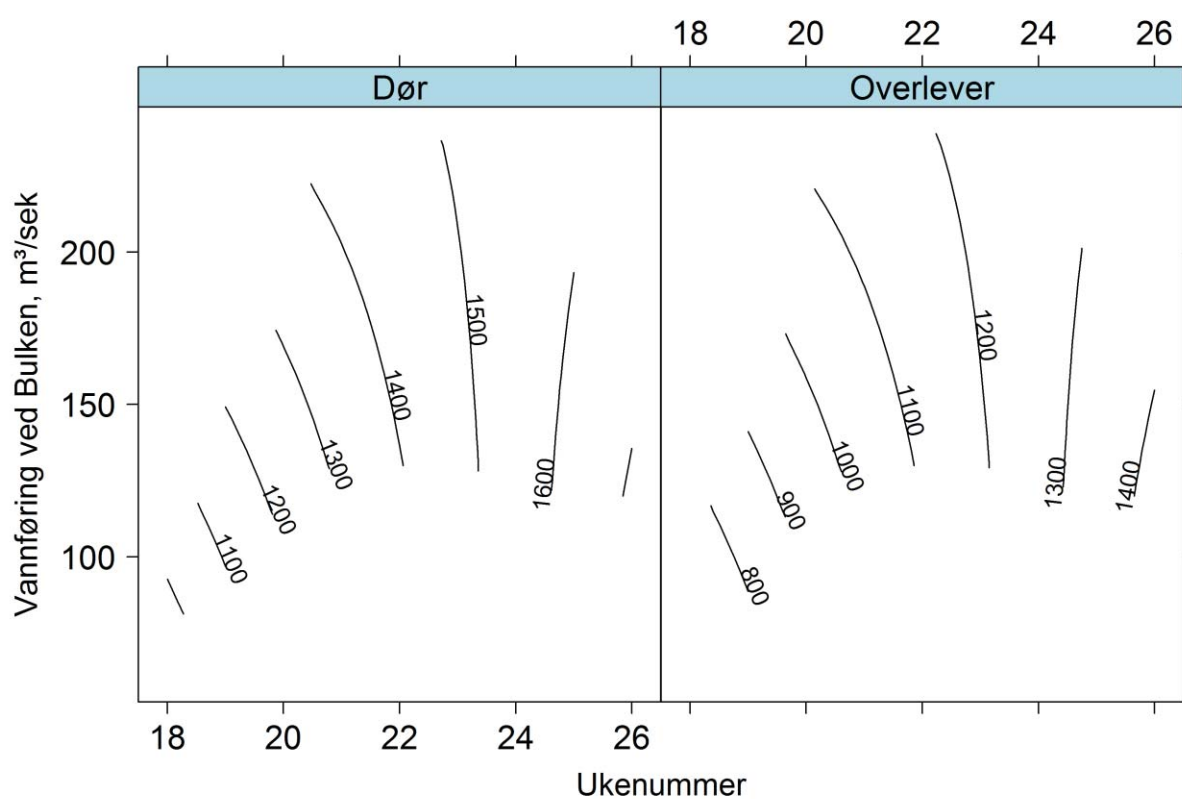
Effekttesten viser at de som overlever har signifikant mindre RLB enn de som dør. Interaksjonen uker og dag på året hadde en signifikant effekt på relativ lateral bevegelighet og endres over tid.

Tabell 7. Rangert lme-modellseleksjonstabell for relativ lateral bevegelighet beregnet for smolten i Evangervatnet. Id ble satt som tilfeldig faktor. K = antall estimerte parametre, ModelLik = modell likelihood, AICcWt = aic vekt, LL = log likelihood. Vf = vannføring, Temp = vanntemperatur, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Model	K	AICc	ΔAICc	ModelLik	AICcWt	LL
Overlever + Uke * Vf.Bulken	7	21150.028	0	1	0.478	-10567.97
Overlever + Dag på året * Vf.Bulken	7	21150.832	0.803	0.669	0.320	-10568.37
Overlever + Temp.Evanger * Vf.Bulken	7	21153.262	3.233	0.198	0.094	-10569.59
Overlever + Temp.Evanger + Vf.Bulken	6	21153.957	3.928	0.140	0.067	-10570.94
Vf.Bulken * Dag på året	6	21156.758	6.729	0.034	0.016	-10572.34
Temp.Evanger * Vf.Bulken	6	21159.284	9.255	0.009	0.004	-10573.61
Temp.Evanger + Vf.Bulken	5	21159.996	9.967	0.006	0.003	-10574.97
Overlever + Dag på året + Vf.Bulken	6	21160.286	10.257	0.005	0.002	-10574.11
Temp.Evanger+Vf.Bulken+ Dag på året	6	21161.408	11.379	0.003	0.001	-10574.67
Vf.Bulken + Dag på året	5	21166.468	16.439	<0.001	<0.001	-10578.21

Tabell 8. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for lme-modellen med mest støtte som estimerer relativ lateral bevegelighet i (Tabell 7, plottet i Figur 20). Vf = vannføring, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	-1524.442	335.552	Overlever	8.245	1	0.00408
Overlever	-285.283	99.353	Uke	156.288	1	<0.00001
Uke	128.319	15.602	Vf.Bulken	27.087	1	<0.00001
Vf.Bulken	9.357	2.359	Uker:Vf.Bulken	12.783	1	0.00034
Uker:Vf.Bulken	-0.391	0.109				



Figur 20. Konturplott av estimerte verdier av relativ lateral bevegelighet ($\text{m ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$) basert på den utvalgte lme-modellen i Tabell 7 og 8. Iso-linjene representerer verdier for turbohet til døde og overlevende fisk for ulike ukenummer og ved ulik vannføring (m^3/sek).

3.4 Svømmehastighet

Blant de mest støttede modellene som predikere svømmehastighet inneholder de tre øverste temperaturer i Evangervatnet (Tabell 9). Modellen som fikk mest støtte estimerte at fisk som overlever har lavere svømmehastighet enn de som dør, og at svømmehastigheten synker ved økende temperatur i Evangervatnet og øker svakt med økende vannføring ved Bulken (Tabell 10, Figur 21). Når temperaturen var 6 °C hadde en overlevende fisk estimert svømmehastighet på omtrentlig 1 kroppslengder per sekund hvor død fisk hadde rundt 1,2 (Figur 21).

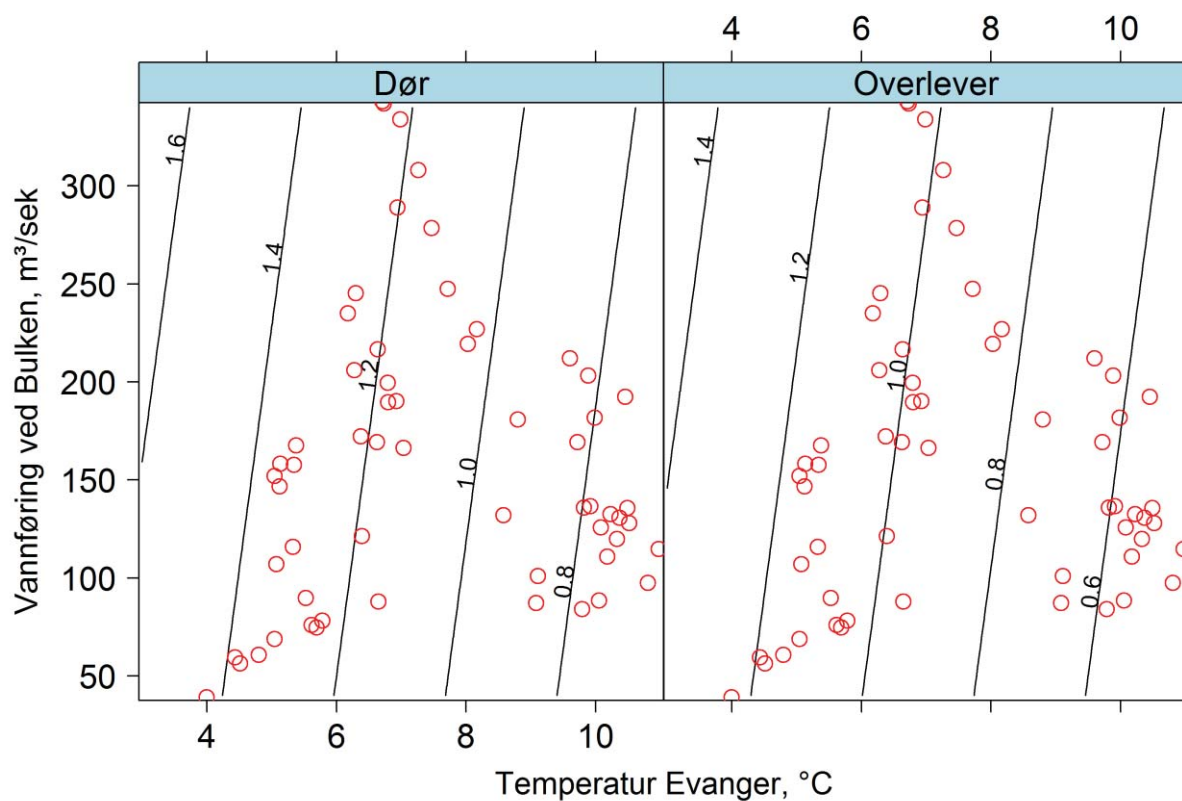
Fra effekttesten hadde temperatur en signifikant effekt på svømmehastigheten (Tabell 10). Overlevende hadde igjen signifikant lavere svømmehastighet enn døde individ. Vannføring ved Bulken hadde ingen signifikant effekt, men var nær en tendens. De to påfølgende lme-modellene har også lav ΔAIC og signifikant effekt av temperatur (se vedlegg).

Tabell 9. Rangert lme-modellseleksjonstabell for svømmehastighet beregnet for smolten i Evangervatnet. Id ble satt som tilfeldig faktor. K = antall estimerte parametre, ModelLik = modell likelihood, AICcWt = aic vekt, LL = log likelihood. Vf = vannføring, Temp = vanntemperatur, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Model	K	AICc	$\Delta AICc$	ModelLik	AICcWt	LL
Overlever + Temp.Evanger + Vf.Bulken	6	3743.597	0	1	0.157	-1865.77
Temp.Evanger + Vf.Bulken	5	3744.258	0.661	0.718	0.112	-1867.11
Overlever + Temp.Evanger	5	3745.010	1.412	0.493	0.077	-1867.48
Overlever + Dag på året * Vf.Bulken	7	3745.215	1.617	0.445	0.069	-1865.57
Overlever + Temp.Evanger * Vf.Bulken	6	3745.521	1.923	0.382	0.060	-1866.73
Vf.Bulken * Dag på året	6	3745.796	2.198	0.333	0.060	-1866.87
Temp.Evanger	4	3745.951	2.353	0.308	0.056	-1868.96
Temp.Evanger * Vf.Bulken	6	3746.267	2.669	0.263	0.048	-1867.10
Utsettplass * Temp.Evanger	6	3746.375	2.777	0.249	0.045	-1867.16
Overlever + Temp.Evanger + Vf.EvangerKV	6	3746.590	2.992	0.223	0.040	-1867.26

Tabell 10. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med mest støtte for svømmehastighet i Tabell 9, plottet i Figur 21. Vf = vannføring, Temp = vanntemperatur, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	1.87372	0.1142682	Overlever	2.7600	1	0.09665
Overlever	-0.19369	0.1165892	Temp.Evanger	129.4149	1	<0.00001
Temp.Evanger	-0.11620	0.0102146	Vf.Bulken	3.4304	1	0.06401
Vf.Bulken	0.00047	0.0002538				



Figur 21. Konturplott av estimerte verdier av svømmehastighet (kroppslengder i sekundet) basert på den utvalgte lme-modellen i Tabell 9 og 10. Iso-linjene representerer verdier for svømmehastighet til døde og overlevende ved ulike temperatur og ved ulike vannføring (m^3/sek).

3.5 50 % bruksvolum

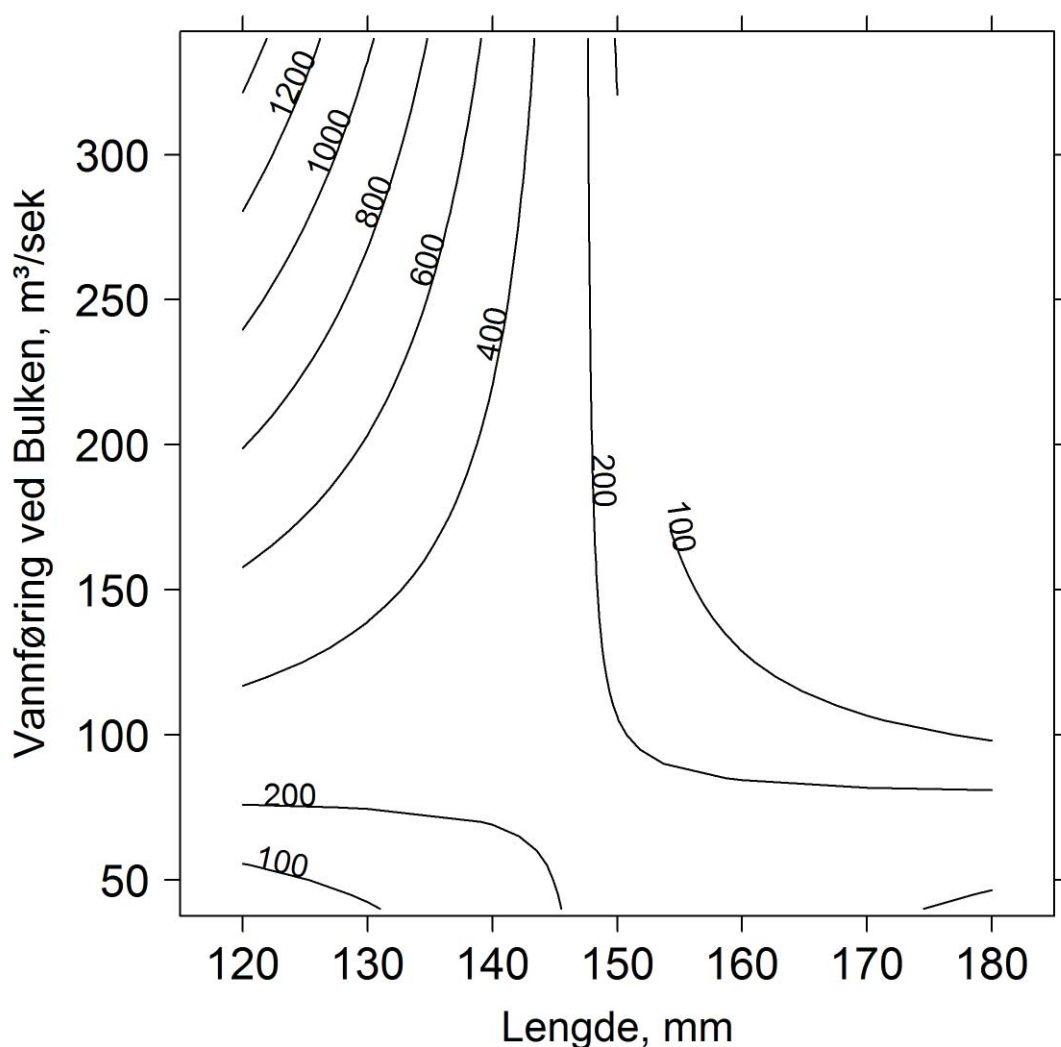
De modellene som fikk mest støtte for 50 % av bruksvolumet inneholder fiskens lengde som en viktig prediktor (Tabell 11). Modellen med mest støtte estimerte at volumbruket øker ved økende fiskelengde og vannføring ved Bulken, men at effekten avtar (Tabell 12, Figur 22). Fra effekttesten hadde interaksjonen lengde og vannføring ved Bulken en signifikant effekt på 50 % bruksvolum (Tabell 12). Mindre smolt har større bruksvolum ved stor vannføring. De større smoltene har lavt volumbruk ved lite vannføring.

Tabell 11. Rangert lme-modellseleksjonstabell for prediksjon av 95 prosent av bruksområde. Id ble satt som tilfeldig faktor. K = antall estimerte parametre, ModelLik = modell likelihood, AICcWt = aic vekt, LL = log likelihood. Vf = vannføring, Temp = vanntemperatur, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør, Lengde = smoltlengde.

Model	K	AICc	ΔAICc	ModelLik	AICcWt	LL
Lengde * Vf.Bulken	6	11144.410	0	1	0.809	-5566.09
Lengde * Dag på året	6	11147.330	2.919	0.232	0.187	-5567.55
Lengde * Temp.Evanger	6	11157.898	13.487	0.001	<0.001	-5572.84
Lengde * Vf.evangerKV	6	11158.427	14.016	<0.001	<0.001	-5573.10
Vf.Bulken + Dag på året	5	11161.245	16.835	<0.001	<0.001	-5575.54
Vf.Bulken + Dag på året	5	11161.245	16.835	<0.001	<0.001	-5575.54
Temp.Evanger + Vf.Bulken	5	11161.823	17.413	<0.001	<0.001	-5575.83
Overlever + Dag på året + Vf.Bulken	6	11162.210	17.799	<0.001	<0.001	-5574.99
Vf.Bulken * Dag på året	6	11162.696	18.285	<0.001	<0.001	-5575.24
Overlever + Temp.Evanger + Vf.Bulken	6	11162.809	18.399	<0.001	<0.001	-5575.29

Tabell 12. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med mest støtte for 50 % bruksvolum i Tabell 11, plottet i Figur 22. Vf = vannføring, Lengde = smoltlengde.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	-1.856e+06	1.147e+06	Lengde	2.4331	1	0.11879
Lengde	1.403e+04	7.934e+03	Vf.Bulken	6.8078	1	0.00907
Vf.Bulken	2.630e+04	5.486e+03	Lengde:Vf.Bulken	21.8143	1	<0.00001
Lengde:Vf.Bulken	-1.785e+02	3.802e+01				



Figur 22. Konturplott av estimerte 50% bruksvolumsverdier ($\text{m}^3 \times 10^{-3}$) basert på den utvalgte lme-modellen i Tabell 11 og 12. Iso-linjene representerer verdier for 50 prosent av bruksvolum for ulike fiskelengde (mm) og ved ulike vannføringer (m^3/sek).

3.6 95 % bruksvolum

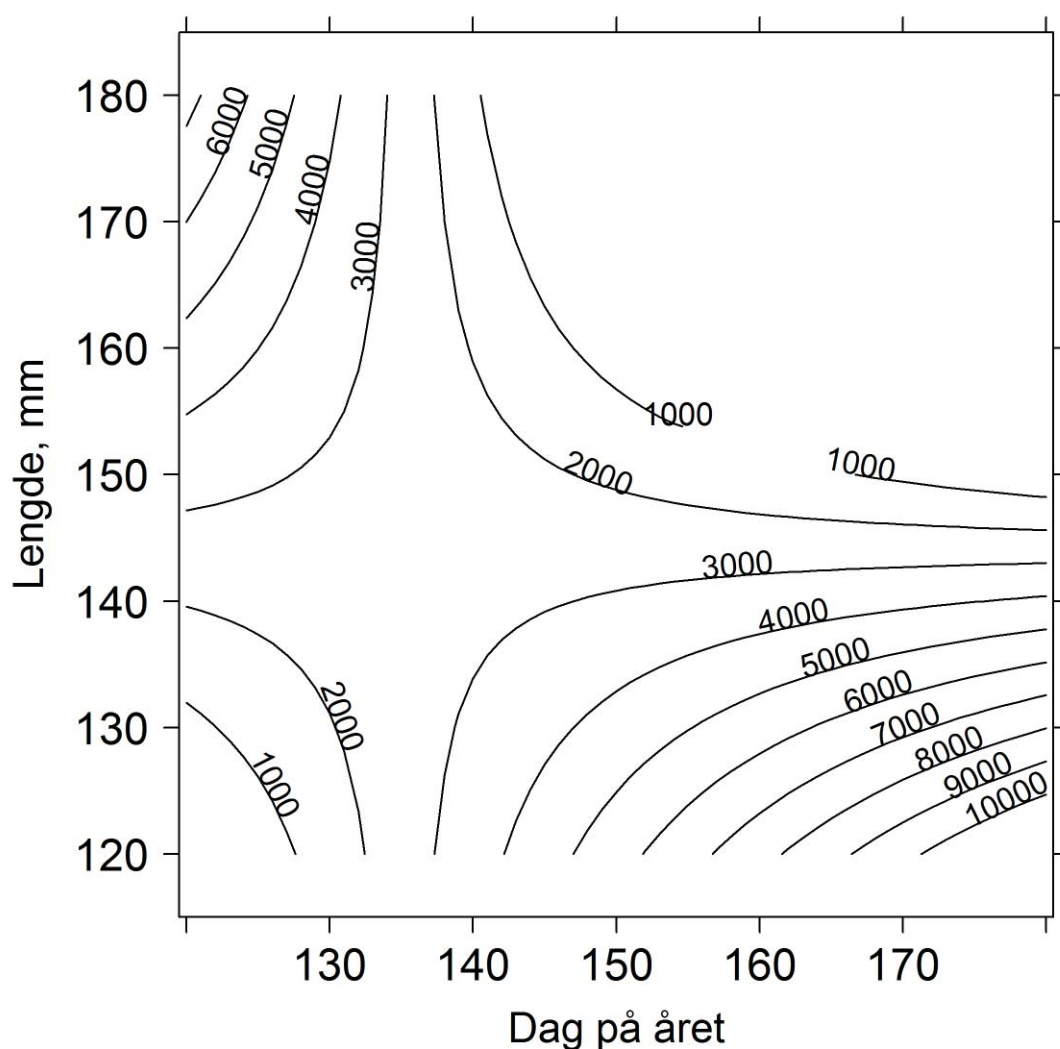
De modellene som fikk mest støtte for 95 % av bruksvolumet har fiskens lengde som en viktig prediktor (Figur 23). Modellen med mest støtte estimerte at volumbruket øker ved økende fiskelengde og dag på året, men at effekten avtar (Tabell 13, Figur 23). Store individ ser ut til å ha størst bruksvolum tidlig og små individ virker å ha stort bruksvolum senere. Fra effekttesten hadde interaksjonen lengde og dag på året en signifikant effekt på 95 % av bruksvolumet (Tabell 14).

Tabell 13. Rangert lme-modellseleksjonstabell for 95 % bruksvolumet til smolten i Evangervatnet. Id ble satt som tilfeldig faktor. K = antall estimerte parametre, ModelLik = modell likelihood, AICcWt = aic vekt, LL = log likelihood. Lengde = smoltlengde, Vf = vannføring, Temp = vanntemperatur, Overlever = gruppeeffekt med nivåer overlever eller dør.

Model	K	AICc	Δ AICc	ModelLik	AICcWt	LL
Lengde * Dag på året	6	12740.311	0	1	0.980	-6364.048
Lengde * Vf.Bulken	6	12749.002	8.690	0.012	0.012	-6368.39
Lengde * Temp.Evanger	6	12751.088	10.777	0.004	0.004	-6369.43
Lengde + Utsettplass	5	12756.219	15.907	<0.001	<0.001	-6373.03
Temp.Evanger + Vf.Bulken	5	12756.870	16.558	<0.001	<0.001	-6373.35
Vf.Bulken + Dag på året	5	12756.976	16.664	<0.001	<0.001	-6373.41
Lengde * Utsettplass	6	12758.281	17.969	<0.001	<0.001	-6373.03
Vf.Bulken * Dag på året	6	12758.519	18.207	<0.001	<0.001	-6373.15
Temp.Evanger	4	12758.607	18.296	<0.001	<0.001	-6375.25
Temp.Evanger + Vf.evangerKV	5	12758.652	18.341	<0.001	<0.001	-6374.24

Tabell 14. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med mest støtte for 95 % bruksområde i Tabell 12, plottet i Figur 23. Lengde = smoltlengde.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	-164471711	35228595	Lengde	1.0862	1	0.2973
Lengde	1159624	241661	Dag på året	4.6203	1	0.0316
Dag på året	1234401	245305	Lengde:Dag på året	26.0993	1	<0.00001
Lengde:Dag på året	-8568	1677				



Figur 23. Konturplott av estimerte 95% bruksvolumsverdier ($\text{m}^3 \times 10^{-3}$) verdier basert på den utvalgte lme-modellen i Tabell 13 og 14. Iso-linjene representerer verdier for 95 prosent av bruksvolum for dag på året og ved ulike fiskelengde.

3.7 Dødelighet

Det ble totalt registrert 59 døde individ i innsjøene under den manuelle peilingen fordelt på 31 individ i Vangsvatnet og 28 i Evangervatnet (Tabell 15). Av potensielt 150 merket fisk i denne studien dør 59 av dem i innsjøene. Dette utgjør 39% av all merket fisk. I alt 46 av 100 villfisk dør i innsjøene. Av de 55 forskjellige individene som var registrert av lyttebøyene i Evangervatnet ble 28 registrert som døde. I denne studien dør 46 % av all merket villfisk i innsjøene. Totalt dør 51 % av smolten som er registrert i Evangervatnet under utvandringen.

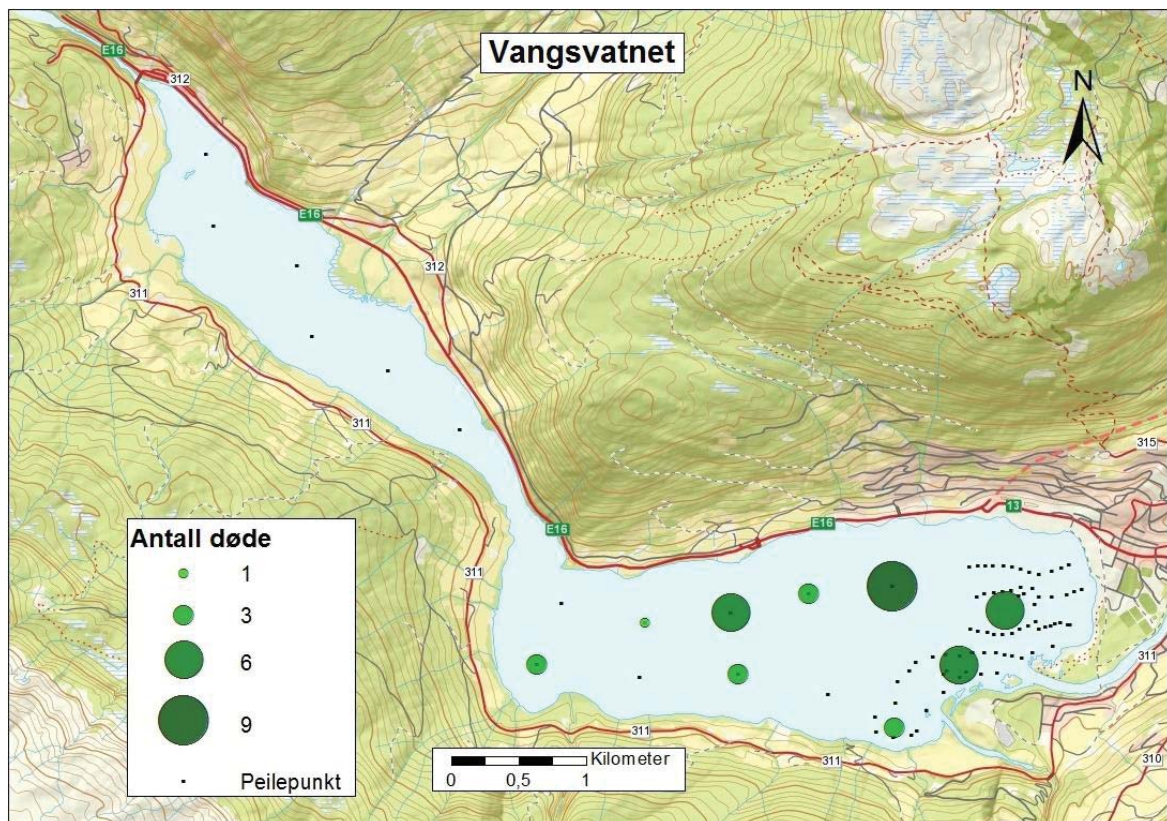
I Vangsvatnet ble det registrert 18 individ fra gruppen Øvre Vosso og 13 klekkerismolt. De som dør blir liggende i østre del av vannet og noen kilometer vestover (Figur 24). Områdene merkene er registrert ligger i tilknytning innløp av Vosso og dypere deler av innsjøen. Fra Sundet og vestover ble det ikke registrert noen døde individ.

I Evangervatnet var det 25 døde individ fra Vosso og 3 fra Øvre Vosso. De som dør blir liggende i østre og i midtre deler av innsjøen (Figur 25). Det registreres dødelighet gjennom hele Evangervatnet, men også her ligger flest merker ved innløp og dype områder. Det registreres kun ett individ ved utløpet av kraftverket.

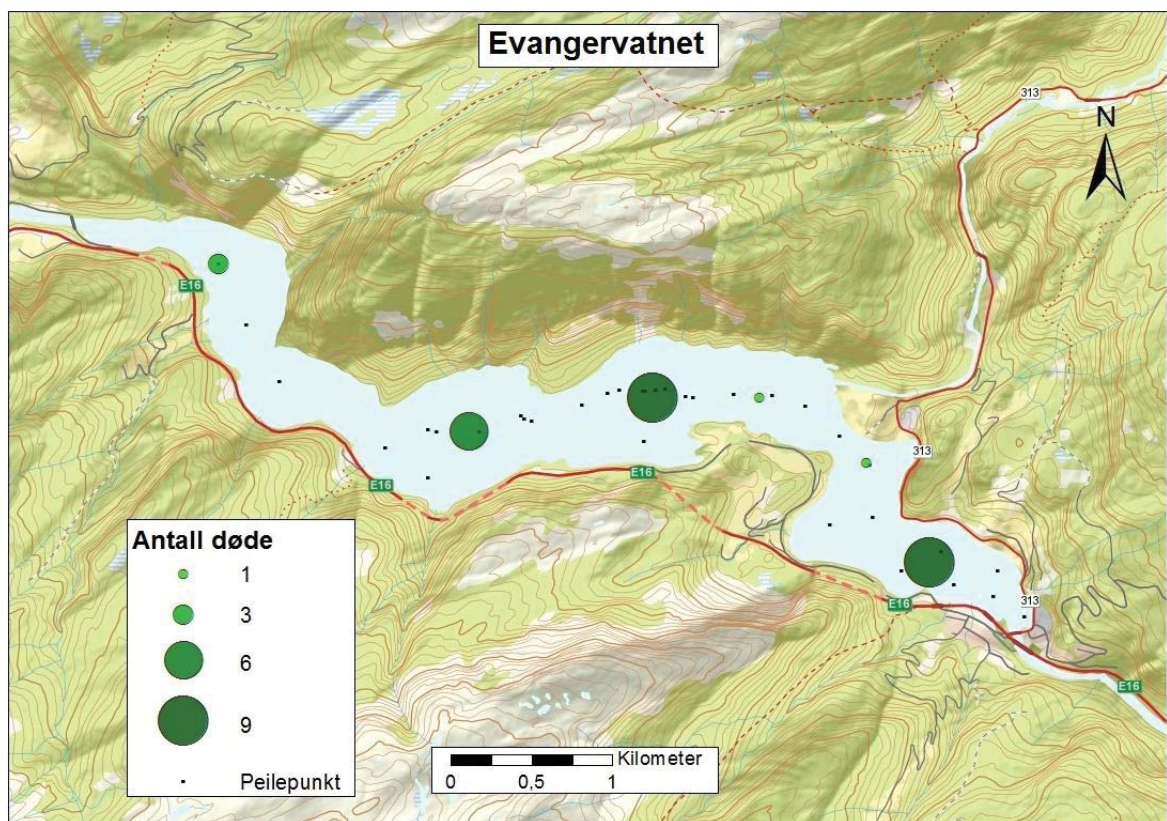
Villsmolten hadde signifikant lavere sannsynlighet for å dø ved økende lengde (GLM: $\text{chisq} = 4,684$, $\text{df} = 1,98$, $p = 0,03$, Figur 26). Smolt på 18 cm vil ha omtrent 80 % sannsynlighet for å overleve, mens en smolt på 12 cm bare vil ha i underkant av 40 %. Villsmolt med dybdemerke hadde signifikant lavere sannsynlighet for å dø enn fisk med Id-merke (GLM: $\text{chisq} = 10,496$, $\text{df} = 1,98$, $p = 0,0012$, Figur 27). GLM med merketypeeffekt hadde en langt større AIC-støtte enn den lengdebaserte modellen ($\Delta\text{AIC} = 5,81$). Fisken som var merket med dybdemerke hadde omtrent dobbel så stor sjanse for å overleve enn den med id-merke.

Tabell 15. Omtrentlig fordeling av registreringer av antatt døde individ fra manuell peiling i Vangsvatnet og Evangervatnet. Peileområde er grovt inndelt og bør derfor tolkes sammen med Figur 24 og 25.

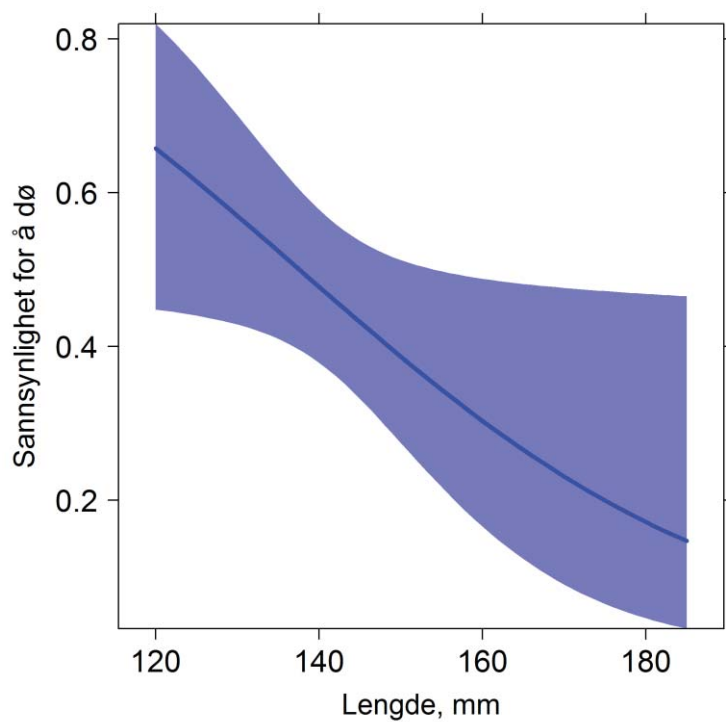
Peileområde	Klekkeri	Øvre Vosso	Vosso	Antall individ	Sum deteksjoner
Vangsvatnet, innløp	9	13	0	22	346
Vangsvatnet, midt	4	5	0	9	64
Evang, innløp		1	6	7	100
Evang, øst		1	1	2	24
Evang, utløp kraftverk			1	1	9
Evang, midt		1	12	13	282
Evang, vest			5	5	55



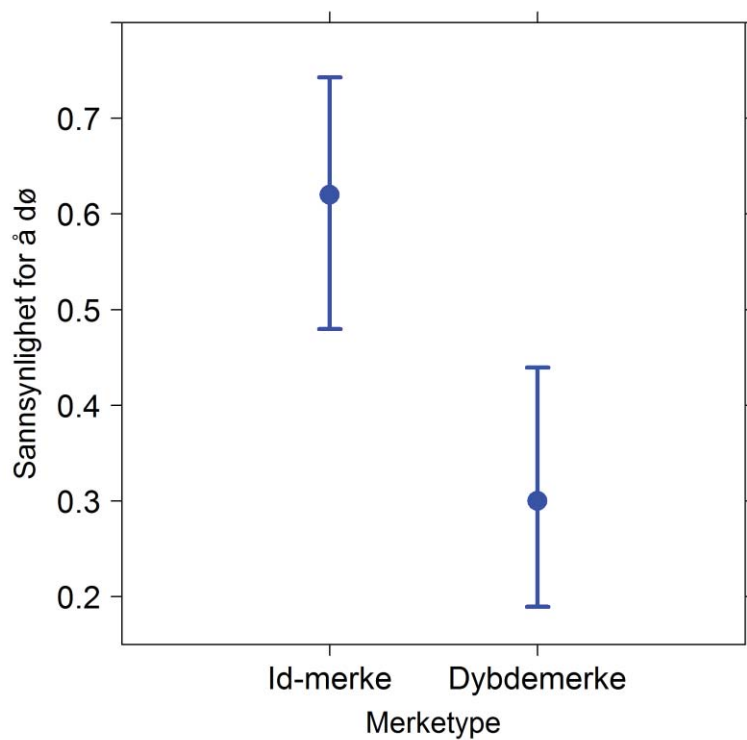
Figur 24. Fordeling av antatt døde individ i Vangsvatnet august 2016 basert på manuell peiling.



Figur 25. Fordeling av antatt døde individ i Evangervatnet august 2016 basert på manuell peiling.



Figur 26. Beregnet sannsynlighet (med 95% konfidensintervall) for at villsmolt med ulike lengder skal dø i enten Vangsvatnet eller Evangervatnet. Beregningen er fra tilpasset GLM med logit-link.



Figur 27. Beregnet sannsynlighet (med 95% konfidensintervall) for at en vill vossosmolt skal dø som funksjon av om den har et Id-merke eller dybdemerke. Estimaten er fra tilpasset GLM med logit link.

4 Diskusjon

4.1 Effekter på vandringsatferd

Generelt virker fisken i Evangervatnet å påvirkes av dag på året og vannføring ved Bulken og i liten grad av vannføringen fra kraftverket under de rådene forholdene i mai og juni 2016. I analysene ble vannføringen fra Evanger kraftverk ikke avgjørende for vandringsatferden. Dette gjelder for innsjøen under ett, men fortsatt kan det finnes forskjeller i ulike deler av vannet.

Fra analysene av vandringsatferden fremkommer det et skille mellom de som overlever og de som dør. De mest støttede lme-modellene for 50 % bruksområde, 95 % bruksområde, relativ lateral bevegelighet og svømmehastighet inneholder effekten av at den overlever og at de som overlever har lavere verdier enn de som dør. Dette vil si at fisk som overlever i Evangervatnet har lavere relativ lateral bevegelighet, bruksområde og svømmehastighet enn de som dør. Effekten var signifikant for relativ lateral bevegelighet, 50 % av bruksområde og nær signifikant for 95 % av bruksområde.

Effekten av om de dør eller overlever kan peke i retning predasjon av smolt, som gjør at atferden til predatoren registreres fremfor smoltens. Større fisk har høyere vandringskapasitet enn mindre fisk og således vil resultatene i denne studien bære preg av dette. Høyere verdier for vandringsatferd på smolt som dør kan også indikere at økt aktivitet gir høyere dødelighet. Resultatene fra vandringsatferden til smolten i denne studien kan også vise en kombinert effekt av disse to forklaringene. At aktiviteten virker å avta med tid tolkes slik at død fisk akkumuleres i innsjøen og at overlevende vandrer ut.

Et interessant funn av Haugen et al. (2017) er at vannet som slippes ut av kraftverket skaper en bakstrøm med kaldt kraftverksvann som ser ut til å sirkulere. Denne sirkulerende bakstrømmen kan potensielt påvirke framdriften hos den nedvandrende smolten både ved effekten fra den lave temperaturen og et avvikende strømforhold. Effekten av disse faktorene er ikke testet direkte i denne studien, men dataene fra TBR-trianguleringene kan kanskje kaste lys over den detaljerte atferden til smolten som respons på strømforholdene så snart dataene fra en utviklet strømmodell (ved UNI-Research-Miljø) kobles med trianguleringsdataene. Dessverre fungerte ikke utplasserte synkroniseringsmerkene som var utplassert i TBR-nettverket. Planen var å bruke disse til å triangulere ift hvert ping (dvs en posisjon i gjennomsnitt hvert minutt), noe som trolig ville være god nok tidsoppløsning til å fange opp detaljerte koblinger mellom vannstrøm og lateral vandringsatferd. Det arbeides for å bruke informasjon fra lagret

lydstyrkeinformasjon (dB) som grunnlag for triangulering, med dette arbeidet er ikke ferdigstilt i skrivende stund.

Oppholdstiden i vannet ble også vist å være relativt lang. Plottene av bruksområde (se vedlegg for eksempel) for hvert enkelt individ i min studie, estimerte at mange individ hadde større bruksområde i området hvor utløpet av kraftverket ligger. Hansen og Jonsson (1985) fant at smolten ser ut til å aktivt søke hovedstrømmen for å unngå å fanges i bakvann. Dette kan indikere at smoltens oppholdstid er større før kraftverket og at det kan skyldes en effekt av kraftverkets utslippsvann. Evangervatnet er smalt samtidig som det er grunt i dette partiet og det kan tenkes at utslippsvannet fra kraftverket påvirker fiskens evne til å navigere videre nedstrøms, men dette er bare en hypotese. Strømningsforholdene ved utløpet av kraftverket bør likevel studeres for å si noe sikkert.

Under smoltutvadringen er vanntemperaturen viktig (McCormick et al. 1998). Vannføring i Vosso var en viktig prediktor i flere modeller for vandringsatferd. Høy vannføring i Vosso gir vandring inn i vannet og kan dermed gi en stor effekt i testene. Vannføringen i Vosso er også relativt høyere enn vannføringen som slippes ut av kraftverket slik at det kan diskuteres om forholdstallene kan vaske bort effekten av kraftverket. Bruksområde for 50 % og 95 %, svømmehastighet og relativ lateral bevegelighet er i stor grad påvirket av vannføringen i Vosso og tidsutviklingen dag på året/uker og om de dør eller overlever. Effekten avtar ettersom dag på året øker og kan skyldes opphoping av døde merker som blir liggende i innsjøen. Svømmehastigheten påvirkes i tillegg av temperaturen i Evangervatnet, som var den eneste signifikante effekten hvor svømmehastighet går ned med økende temperatur. At fisken svømmer tregere ved økende temperatur virker motsigende da økt temperatur ofte stimulerer til vandring og dermed svømmehastighet (Jonsson 1991). Negativ svømmehastighet ved økende temperatur skyldes trolig effekten av stigende temperatur og døde fisk akkumuleres i innsjøen.

Fisk som overlever har mindre bruksområde enn de som dør. Dette kan skyldes predasjon fra større fisk da vil få merket inni seg. Et individ som er spist vil trolig ha et større bruksområde da merket i realiteten vil sende ut signaler fra inni predatoren. De som overlever har også lavere turbohet enn de som dør. Dette viser en økende aktivitet utover ukene, men som siden avtar. De høyeste verdiene for turbohet ble funnet mellom 130-155 dager på året. Høy turbohet tidlig kan gi indikasjon på predasjon eller andre stressfaktorer. De høyeste observerte verdiene for turbohet var fra fisk som døde og kunne komme opp i dobbel verdi. Dette indikerer at høy turbohet kan tilsvare dødelighet.

Lavere svømmehastighet for de som overlever oppnås også dersom døde individ er blitt spist og svømmehastigheten beregnes fra en predators mage. Ved å utforske dataene ble det også funnet høy svømmehastighet på enkelte mindre individ som mest trolig skyldes predasjon. I Haugen et al. (2017) overlevde de som vandret raskt gjennom Evangervatnet. Dette sammenfaller ikke med at svømmehastigheten er høyere for de som dør og kan skyldes at fisk er blitt spist. Samtidig er vandringshastighet i min studie den faktiske forflytning, hvor Haugen et al. (2017) benytter horisontal forflytning fra eksempelvis utløpet av Vangsvatnet og innløpet av Vosso ved Evanger.

Lengde på fisken viser å ha størst effekt på bruksvolumet til fisken og hvor i tillegg vannføring i Vosso har mest å si for 50 % av bruksvolumet og dag på året for 95 % av bruksvolumet. Innenfor 95 % av bruksvolumet har stor smolt størst bruksvolum tidlig, men senere er det de små individene som har stort bruksvolum. Innenfor kjerneområdet virker mindre smolt å ha større bruksvolum ved økende vannføring ved Bulken. Det store bruksvolumet for mindre individ kan skyldes behovet for antipredator atferd ved vertikale døgnvandring, men kan også skyldes at små individer har større sannsynlighet for å bli spist og at predatorens atferd derfor registreres. Økt bruksvolum kan også knyttes til vannføring da dette ofte er en trigger for økt vandring.

4.2 Dødelighet

Den manuelle peilingen gir en god indikasjon på hvor mange av fiskene dør og mulige problemområder. Begge innsjøene har dødelighet av smolt i første del omkring innløpet, men Evangervatnet har i tillegg en ekstra dødelighet midt i innsjøen. I Vangsvatnet skjer all dødelighet i vestre del uten enda et dødelighetsområde. Likheten for dødelighetsområdene kan synes å være at de er nær innløp og at de i stor grad er ligger på dypere områder i innsjøene.

Dødelighet ved innløpet, når den entrer innsjøen, kan være naturlig da fisken ikke alltid klarer omstillingen til et nytt miljø og at den møter et annet predasjonstrykk enn i elva. Særlig i overgangen fra ferskvann til saltvann er dette vist (Hvidsten & Møkkelgjerd 1987). Hvis predasjon på laksesmolt er utbredt i innsjøene vil merker etter smolt som blir spist havne hvor fisken kvitter seg med den i form av avføring. På denne måten kan merkene i større grad brukes som indikator hvor predatorfisk har oppholdt seg. Predatorfiskens atferd i Evangervatnet vet man derimot ikke mye om. Det kan hende at den skiter ut merket en helt annen plass enn hvor

dødeligheten faktisk fant sted. Samlet kan bobleplottene av dødelighet derfor vise hvor smolt faktisk dør, men også vise hvor predatorfisk har oppholdt seg.

I dette studiet sammenfaller dødeligheten godt med hva Haugen et al. (2016) fant under smoltutvandringen i 2015. Samtidig viser dødelighetsanalysene at smolt merket med id-merke gir høyere sannsynlighet for å dø enn dybdemerke. Studiet i fjor inneholdt bare id-merket og således synes dødeligheten fra denne studien å være av lik karakter og relativt representativ da den er påvist to påfølgende år. I år ble det også påvist stor dødelighet i Vangsvatnet og trolig er mye av dødeligheten i innsjøene knyttet til naturlige årsaker.

Vannkraftverk kan påføre betydelig dødelighet på vandrende smolt. Vannkraftverk er vist å påføre høyere smoltdødelighet i områder nedstrøms kraftverket i systemer med potensielle predatorer (Koed et al. 2002). Stilleflytende områder kan ofte utgjøre en større risiko for predasjon enn hurtigere flytende partier. Thorstad et al. (2012) fant stor dødelighet (70-90 %) på smolt i systemer hvor det var stillestående vann og demninger. Vassdrag som har innsjøer eller stilleflytende elvestrekk vil trolig da ha større dødelighet på ungfisk av laks som følge av predasjon. I Koed et al. (2002) sin studie døde 88 % av all klekkerismolt før de kom frem til elvemunningen, hovedsakelig av predasjon fra fisk og fugl. I Schwinn et al. (2016) sin studie økte vandringstiden og overlevelsen for sjørretsmolt betydelig ved å bygge en kunstig bygget innsjø. Dette viser at predatorer kan ha en betydelig effekt på hvor mange smolt som overlever frem til sjøen.

Endret vannkvalitet og stress vil kunne medføre økt dødelighet. Hvis dette er tilfellet ved effektene av vannet som slippes ut fra Evanger kraftverket, kan dette være med på å forklare stor dødelighet i bakkant av kraftverket. Haugen et al. (2016) stilte spørsmål om dødeligheten for smolt i Evangervatnet kunne skyldes mulig gassovermetning og ugunstig vannkvalitet fra vannkraftverkets utløpsvann. Motivert av dette undersøkte Stenberg (2016) effekten av gassovermetning på dødelighet og subletalt fysiologisk stress, men fant ingen dødelighet på laksesmolten som ble utsatt for vann fra kraftverket eller fisk som ble slept gjennom vannet. Verdiene for gassovermetning var høyere nedstrøms kraftverket enn oppstrøms, men rapporten konkluderte likevel med at verdiene ikke hadde noen akutt negativ effekt på overlevelsen eller fysiologien til smolten nedstrøms kraftverket.

Akustiske sendere vil kunne påvirke laksesmolten negativt på flere måter. Det er naturlig å tenke at dødeligheten på merket smolt vil øke. Adams et al. (1998) fant at kongelaks (*Oncorhynchus tshawytscha*) som var merket ble signifikant høyere predatert enn

kontrollgruppen. Dette indikerer en større risiko for merkeavhengig dødelighet. I dette studiet ble stor pre-smolt valgt ut for merking og på denne måten vil overlevelsen påvirkes positivt. Merket laksesmolt kan oppleve en forsinket vekst og redusert svømmeferdigheter etter merkingen, men vil etter en uke svømme som normalt (Lacroix et al. 2004a). Store merker i forhold til fiskens størrelse vil øke påvirkningen. Lacroix et al. (2004a) anbefalte i sin studie en merkestørrelse på 16 % eller mindre av kroppslengden og 8 % av fiskens vekt. I min studie fikk id-merket fisk i snitt en høyere relativ merkevekt i forhold til dybdemerket ($8,2 \pm 1,0\%$ og $6,5 \pm 1,3\%$ ($\pm SD$)), men Newton et al. 2016 argumenterer i sin studie for 12 % merkevekt da de ikke fant noen sammenheng mellom kroppsvekt og dødelighet.

Fra resultatene ser vi at merket har noe å si for dødeligheten til fiskene i dette studiet da dybdemerket smolt hadde lavere dødelighet. Anbefalingene til Mulcahy (2003) om at fisken ikke bør settes ut i naturlige omgivelser før den har kommet seg ble fulgt opp i min studie. Han trekker også frem at det er bedre å sette ut fisken tidligere fremfor for timer for sent. Fiskene i studie ble fulgt opp etter merking ved å se at den var bevisst og svømte tilnærmet normalt, før den ble satt ut. Utsetting av akustisk merket villfisk i Bolstadelvi ble også filmet under vann hvor fisken tidlig, aktivt svømte ut av karet motstrøms og søkte skjul. Etter et par minutter var omtrent all fisk forsvunnet i skjul.

Selv om merkene kan påvirke fisken finnes det flere eksempler på at telemetristudier gir høy overlevelse hos laksesmolt. I Lærdalselva fant Urke et al. (2013b) at 77% av klekkeri og 85 % av vill akustisk merka fisk vandret ut. Fra et annet studie er det funnet overlevelse av merket laksesmolt på 90-97 % (Lacroix et al. 2004b). Dette viser at andelen fisk som overlever kan gi god overlevelse og er validert av blant annet Moore et al. (1990) og Newton et al. (2016). Riktig teknikk ved merking og behandling av fisken under hele prosessen er viktig for å få å unngå negative effekter av merket (Mulcahy 2003). I dette studiet ble det benyttet erfarent personell til merking som har gjort dette ved flere anledninger (Haugen et al. 2016; Lunde 2014; Urke et al. 2013a).

Predasjon er en naturlig del av dødeligheten til smolt, og vist ved flere anledninger (Mather 1998). Vandringsdataene som ble analysert viste at det i flere tilfeller er et skille mellom de som dør og overlever. Den manuelle peilingen viser også at det er betydelig dødelighet i innsjøene. Ved å tolke dataene samlet antas predasjon å ha en effekt på dødeligheten til smolten i innsjøene. Plott av individuelt bruksområde viser også enkelte tilfeller hvor en smolt antageligvis har vandret nedstrøms et stykke, før den siden har vandret oppstrøms og blitt liggende. Dette skyldes trolig predasjon.

Både røye og ørret kan bli fiskespisere (L'Abée- Lund et al. 1992). En undersøkelse i Evangervatnet gjort i 1997 viser derimot at stasjonære røyer og ørreter har relativ liten størrelse (Sægrov & Hellen 1998). Disse vil trolig ikke ha noen predasjonseffekt på laksesmolt da byttet til ørret og røye i snitt er henholdsvis 33 % og 25 % av kroppslengden (L'Abée- Lund et al. 1992). For ørret vil dette utgjør en fisk på 39 cm og røye på 52 cm for å spise en smolt på 13 cm. I 1997 ble det ikke registrert fisk på den størrelsen i Evangervatnet. Det stilles midlertid spørsmål om den stasjonære ørreten har satt seg opp som følge av fôring av klekkerismolt i en periode.

Registrerte fisk som døde viste at de var påvirket av størrelse og merketype. Dette viser at større fisk har en bedre mulighet til å overleve enn smolt med mindre størrelse. Samtidig er det en effekt av merket som må tas hensyn til da et dybde-merke vil veie relativt mindre i forhold til fisken enn hva et id-merke vil gjøre. Størrelsesavhengig dødelighet kan derfor skyldes en effekt av merket, men det er nærliggende å tro at større fisk har bedre sjanse for å overleve da predasjon typisk er størrelsesavhengig på grunn av gapsbegrensinger hos predatorerne (L'Abée- Lund et al. 1992).

Det kan stilles spørsmål om atferden til smolten er optimal mot predasjonsrisiko når dødeligheten er så betydelig. Sægrov et al. (1997) fant i stor grad at rømt oppdrettslaks gyter i Vossovassdraget. Dårligere antipredatoratferd på klekkerifisk er diskutert i Haugen et al. (2016) og Haugen et al. (2017). Derimot fant de at villsmolten i Vossovassdraget i stor grad har forsvar mot predatorer da den har vertikale døgnvandring, flomstyrt synkronisert vandring i grupper og nattevandring. Det kan tenkes at denne typen atferd er lokalt tilpasset vassdraget nettopp fordi den er utsatt for betydelig predasjon da den må vandre gjennom inntil to innsjøer og et betydelig brakkvannsestuarie.

4.3 Potensielle feilkilder

Telemetristudier gir mye data om hvert individ, men er kostbart og det er ofte et lavt antall individ som undersøkes. Ved et lavt antall individ må man være forsiktig med å trekke generelle konklusjoner. Ofte må man ha data over tid for å kunne si noe mer generelt om årsakssammenhenger. Funnene fra denne studien må derfor ikke generaliseres og kan være sensitiv for forskjeller i år. Da fisken også kan påvirkes av merkene og merkemetoden er ikke funnene direkte overførbare til villfisk som ikke er merket. Det er blant annet grunn til å forvente at dødeligheten vil være høyere hos merket enn umerket fisk og således representerer

dødelighetsestimatene i denne studien konservative estimater. Det er med andre ord grunn til å forvente at umerka smolt overlever bedre enn det som rapporteres her.

Under lyttebøyenes kontinuere logging av deteksjoner av merker vil det kunne forekomme at forstyrrelser som medfører at dataene kan påvirkes. Faktorer som støy og kollisjoner kan medføre at merkene ikke registreres eller at feil id-registreres. Ofte kan disse vaskes bort fra datasettet da de skiller seg ut ved at de kun registreres et fåtall ganger og at id-nummeret ikke sammenfaller med egne merker. I denne studien ble slik filtrering foretatt av ansatt ved Thelma Biotel AS. Om signaler fra to merker konkurrer kan det være vanskelig for mottageren å registrere merkene. En annen faktor som påvirker datasettet er merkenes rekkevidde. Ved å plassere ut lyttebøyene i et trianguleringsoppsett slik som i Evangervatnet sikres god dekning og lite tap av data.

I Evangervatnet ble det satt ut flest lyttebøyer i vestre del av innsjøen da Hangen et. al. (2016) antydte at dette var et problemområde. Ettersom dekningen er størst før og ved kraftverkets utløp vil trolig dataene gi mest sikkerhet i denne delen av vannet. Avstanden mellom bøyene i østre del av vannet gir i mindre dekning og overlapp mellom rekkevidde. På denne måten kan det tenkes at resultatene sier mest om første del av innsjøen fremfor hva som skjer videre. Samtidig er den første delen av innsjøen et viktig område å dekke da innløpet av Vosso og utløpet av kraftverket er av særskilt interesse å undersøke.

Peilepunktene fra den manuelle peilingen dekket ikke alle områder i innsjøene og kan dermed underestimere faktisk dødelighet. Rekkevidden til merkene synes derimot å være god ved grovberegning i felt da merkene ble registrert. Lengste horisontale avstand mellom to unike deteksjoner for et dybdemerke og et id-merke ble eksempelvis målt til henholdsvis 1,22 kilometer og 580 meter i midten av Evangervatnet. Dette indikerer minimum 600 meter rekkevidde for dybdemerke og minimum 300 meter for id-merket da det også må tas høyde for vertikal dimensjon. Trolig er det snakk om svært få individ som ikke er detektert da store deler av innsjøene ble dekket under den manuelle peilingen.

Hvis døde individ ble liggende igjen er det nærliggende å tro at volumbruken ville blitt mindre over tid, men dybdemerkene som blir liggende under 50 meter dybde vil ikke kunne gi voluminformasjon da dette er merkets grense. Således vil ikke smolt liggende død på dypet påvirke estimert volumbruk.

Posisjonering av fiskene med triangulering gjør at det beregnede punktet angir hvor det er størst sannsynlighet for at fisken har vært. Den faktiske posisjonen hvor fisken vandret vet vi mindre

om, men antall deteksjoner innenfor et gitt tidsrom øker presisjonen av punktet. Metoden for å posisjonere fisken i tid og rom kan utelukke en del deteksjoner da man setter kriterier for hva som tas med, men dataene blir trolig sikrere da tre eller flere punkter gir større treffsikkerhet fremfor ett eller to.

De finnes flere prediktorer som kunne blitt utforsket nærmere i statistiske analysene. Strømmodeller og temperatur, som er diskutert lenger opp, som påvirkning i kraftverkets utslippsområde kunne vært interessant å undersøke. Det er fortsatt mye man ikke vet og flere variabler som kunne inngått i analysene. Kanskje kunne Evangervatnet blitt delt i atferd før og etter kraftverket for å se om atferden endret seg, men trolig ville atferd påvirket av kraftverket kommet frem som en viktigere prediktor under modellseleksjonen.

Analysene kan også påvirkes av at mange av fiskene som er analysert dør til slutt. De gir riktig data når de er i live entrer Evangervatnet, men etter hvert som de dør vil analysene påvirkes av dette. Antall merker liggende i innsjøen vil akkumuleres over tid og trolig er dette grunnen til at aktiviteten til smolten i Evangervatnet avtar over tid.

Det kan også forekomme at enkelte fisk ikke smoltifiserer det aktuelle året de er merket. Ettersom den merka villfisken ble selektivt valgt ut etter størrelse vil dette redusere faren for at de ikke smoltifiserer, men klekkerismolten viste derimot liten grad av nedvandring. Fisk som ikke smoltifiserer vil trolig ikke vandre inn i innsjøene (McCormick et al. 1998). Faren for at fisk som ikke har smoltifisert inngår i analysene er derfor liten.

Mye av vandringsdataene er tolket slik at predasjon kan være en betydelig påvirkningsfaktor i Evangervatnet. Dette kan føre til forventingsskeive data. Når dataene som analyseres baseres på atferd til et annet og større individ vil estimatene også bli feil. Gibson et al. (2015) sin telemetristudie viste at flere merket smolt hadde betydelig likere atferd til stripet havabbor (*Morone saxatilis*) enn andre smolt og derav sett på som spist. Schultz et al. (2015) fant at merker kan ligge i tarmen et par dag før den skites ut ved $>20^{\circ}\text{C}$, men at dette er temperaturavhengig. Lavere temperatur vil føre til at merkene ligger lengre i tarmen og det er derfor nærliggende å tro at temperaturen i Evangervatnet, som er lavere, vil gjøre at merkene kan være i en predator i 4-5 dager.

4.4 Forvaltningsmessige aspekter

Dette studiet peker ikke på noen direkte sammenheng mellom vannføringsregimet fra Evanger kraftverket og atferden til vandrende smolt, men påvirkningen kan ikke avskrives da stor dødelighet forekommer nedstrøm kraftverket. Vandringsdataene peker i større grad mot predasjon i systemet fremfor kraftverkets betydning, men kan ikke utelukke at effekter fra kraftverket gjør smolten mer utsatt for predasjon enn dersom kraftverket ikke var tilstede.

For å finne ut om kraftverket har en effekt på vandrende smolt i Evangervatnet bør det derfor utføres forsøk hvor kraftverket stenges i deler eller hele utvandringstidsperioden. Smoltutvandringen kan predikeres med stor sikkerhet ved bruk av vannføring og tidsrom da laksesmolten i vassdraget ser ut til å respondere på disse faktorene. Positiv endring i vannføring vil føre til vandring og flomtopper i starten av mai virker å være et viktig utvandringstidspunkt. Strømforholdene rundt utløpet av kraftverket bør også undersøkes bedre i denne sammenheng for å sammenligne med data når kraftverket er i drift og når det er steng. Kanskje kan man øke overlevelsen gjennom innsjøen ved at kraftverket stenges i noen få dager der utvandringen er mest intens, mens på andre siden kan man konkludere at kraftverket ikke har noen betydelig effekt på atferd og dødelighet under vannføringsforholdene som rådet i 2016.

Predasjon synes å utgjøre en trussel for vandrende laksesmolt i innsjøene. Dødeligheten i innsjøene er fordelt ulikt hvor Vangsvatnet har all dødelighet knyttet til innosen og noen kilometer videre. I Evangervatnet er det dødelighet knyttet til innosen, men høyest dødelighet finner vi i midtre del av vannet. Predasjon som trussel for laksesmolten kan bedre kartlegges i vassdraget ved bruk av telemetristudie. Da vil man også ha mulighet til å analysere vandringsdata fra død smolt og predatorer, sammenfaller dette indikerer det at død fisk kan være spist. Atferden til predatorene kan også si noe om hvor trusselen for smolten er størst. Samtidig bør fisk undersøkes for mageprøve for i større grad påvise predasjon.

4.5 Konklusjoner

Vannføring fra Evanger kraftverk hadde ingen signifikant effekt på vandringsatferden til laksesmolten i Evangervatnet i denne studien. Dag på året og vannføring ved Bulken virker å være de viktigste påvirkningsfaktorene for vandringsatferd for smolt i Evangervatnet. Det dokumenteres også en forskjell mellom smolt som dør og overlever hvor førstnevnte gruppe har større områdebruk. Dette kan skyldes at smolt som er spist av en predator får økt aktivitet da det er predatorens atferd som registreres i perioden som merket fremdeles er i predatorens tarmsystem eller at høy aktivitet gjør smolten mer utsatt for predasjon. Da denne studien viser at smolt som dør og overlever har ulik vandringsatferd og at dødeligheten er betydelig i begge innsjøer, bør predatorenes rolle i systemet og effekt på smoltdødelighet studeres videre. Det stilles fortsatt et spørsmål om kraftverkets samlede påvirkning kan gi økt dødelighet for laksesmolten i Evangervatnet da det ble påvist stor dødelig rett nedstrøms kraftverket. Dette kan mest effektivt testes ved å stanse kraftverket i deler av utvandringsperioden.

5 Referanser

- Aas, Ø., Klemetsen, A., Einum, S. & Skurdal, J. (2011). *Atlantic salmon ecology*: Wiley Online Library.
- Adams, N. S., Rondorf, D. W., Evans, S. D., Kelly, J. E. & Perry, R. W. (1998). Effects of surgically and gastrically implanted radio transmitters on swimming performance and predator avoidance of juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (4): 781-787.
- Akaike, H. (1974). A new look at the statistical model identification. *IEEE transactions on automatic control*, 19 (6): 716-723.
- Anderson, D. R. 2008. Model-based inference in the life sciences: a primer on evidence. Springer Verlag, New York.
- Barlaup, B. (2008). Nå eller aldri for Vossolaksen—anbefalte tiltak med bakgrunn i bestandsutvikling og trusselfaktorer. DN-utredning 2008-9.
- Barlaup, B. (2013). *Redningsaksjonen for Vossolaksen ('Rescue action for Vosso salmon')*: DN-utredning.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. (2014). Fitting linear mixed-effects models using lme4. *arXiv preprint arXiv:1406.5823*.
- Berg, O. (1985). The formation of non- anadromous populations of Atlantic salmon, *Salmon salar* L., in Europe. *Journal of Fish Biology*, 27 (6): 805-815.
- Boeuf, G. (1993). Salmonid smolting: a pre-adaptation to the oceanic environment. I: *Fish ecophysiology*, s. 105-135: Springer.
- Calenge, C. (2006). The package “adehabitat” for the R software: a tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological modelling*, 197 (3): 516-519.
- Clements, S., Jepsen, D., Karnowski, M. & Schreck, C. B. (2005). Optimization of an acoustic telemetry array for detecting transmitter-implanted fish. *North American Journal of Fisheries Management*, 25 (2): 429-436.
- Davidsen, J., Rikardsen, A., Halttunen, E., Thorstad, E., Økland, F., Letcher, B., Skarðhamar, J. & Næsje, T. (2009). Migratory behaviour and survival rates of wild northern Atlantic salmon *Salmo salar* post- smolts: effects of environmental factors. *Journal of Fish Biology*, 75 (7): 1700-1718.
- Duong, Tarn. (2017). *ks: Kernel Smoothing* [Internett]. Tilgjengelig fra: <https://cran.r-project.org/web/packages/ks/> [Lest 13. mai 2017].
- Dutil, J.-D. & Coutu, J.-M. (1988). Early marine life of Atlantic salmon, *Salmo salar*, postsmolts in the northern Gulf of St. Lawrence. *Fishery Bulletin*, 86 (2): 197-212.
- Forskrift om bruk av dyr i forsøkt. *Forskrift 18. juni 2015 nr. 761 om Forskrift om bruk av dyr i forsøkt*. § 6 og 12.
- Gibson, A. J. F., Halfyard, E. A., Bradford, R. G., Stokesbury, M. J., Redden, A. M. & Jech, J. 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 (5): 728-741.
- Hansen, L., Holm, M., Holst, J., Jacobsen, J. & Mills, D. (2003). The ecology of post-smolts of Atlantic salmon. *Salmon at the Edge*: 25-39.

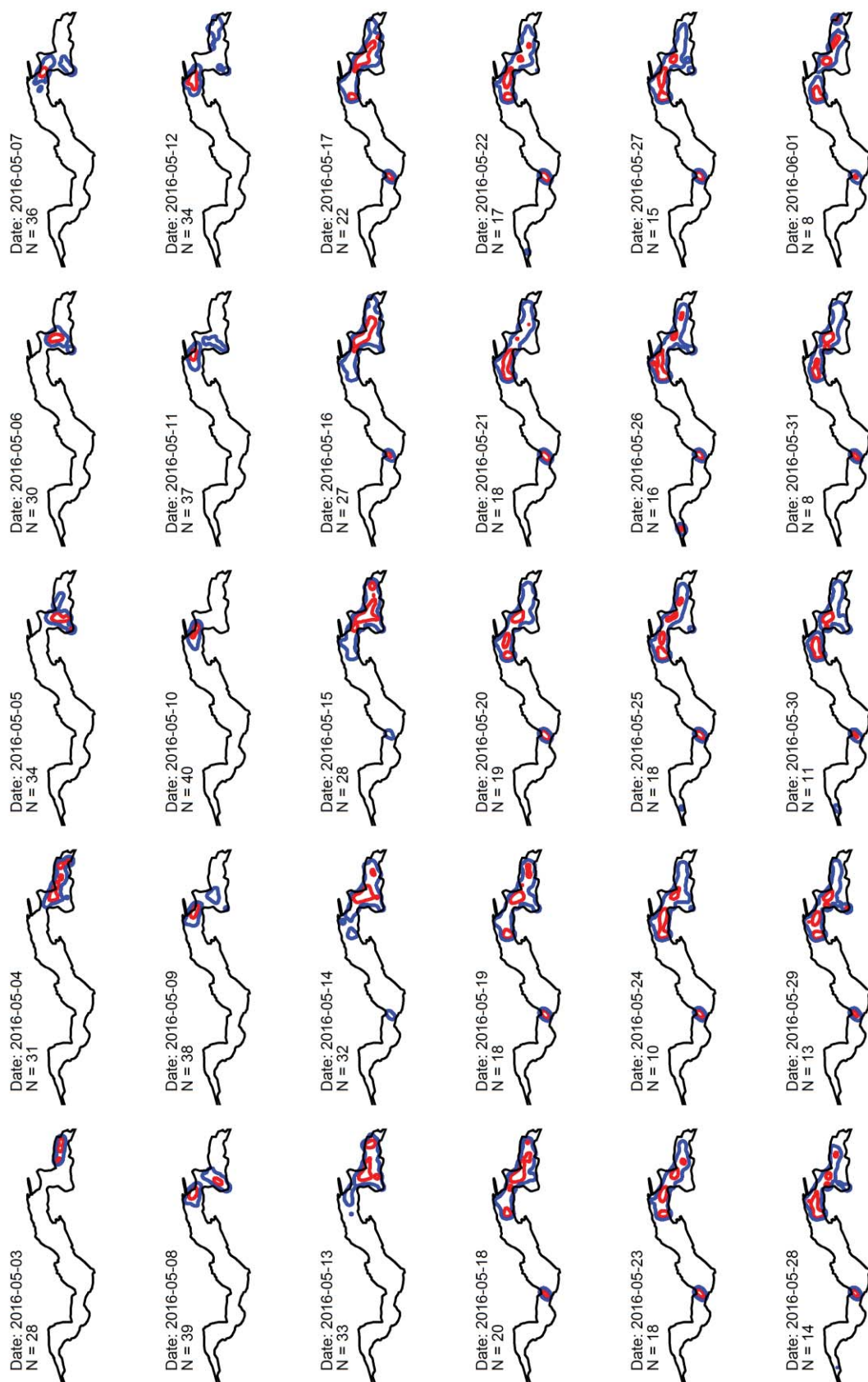
- Hansen, L. P. & Jonsson, B. (1985). Downstream migration of hatchery-reared smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in the River Imsa, Norway. *Aquaculture*, 45 (1): 237-248.
- Hauge, H. V. (1957). *Vangsvatn and Some Other Lakes Near Voss: A Limnological Survey in Western Norway*: Gleerup.
- Haugen, T. O., T. Kristensen, T. O. Nilsen, and H. A. Urke. 2017. Vandringsmønsteret til laksesmolt i Vossovassdraget med fokus på detaljert kartlegging av åtfærd i innsjøsystema og effektar av miljøtilhøve. Rapport In press, Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet - MINA. 85 sider.
- Haugen, T., Ulvlund, J., Lund, R., Kristensen, T., Barlaup, B. & Urke, H. (2016). Vandringsmønster og overleving hjå laksesmolt frå Bolstadelva og Vosso.
- Hedger, R. D., Martin, F., Dodson, J. J., Hatin, D., Caron, F. & Whoriskey, F. G. (2008). The optimized interpolation of fish positions and speeds in an array of fixed acoustic receivers. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 65 (7): 1248-1259.
- Heupel, M., Semmens, J. & Hobday, A. (2006). Automated acoustic tracking of aquatic animals: scales, design and deployment of listening station arrays. *Marine and Freshwater Research*, 57 (1): 1-13.
- Hindar, K. & Jonsson, B. (1982). Habitat and food segregation of dwarf and normal Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) from Vangsvatnet Lake, western Norway. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 39 (7): 1030-1045.
- Hoar, W. (1988). 4 The Physiology of Smolting Salmonids. *Fish physiology*, 11: 275-343.
- Hosmer, D. W., and S. Lemeshow. 1989. Applied Logistic Regression. 1 edition. John Wiley & Sons, New York.
- Huitfeldt-Kaas, H. (1918). *Ferskvandsfiskenes utbredelse og indvandring i Norge, med et tillæg om krebsen*: Centraltrykkeriet.
- Hutchings, J. & Myers, R. (1988). Mating success of alternative maturation phenotypes in male Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Oecologia*, 75 (2): 169-174.
- Hvidsten, N. & Møkkelgjerd, P. (1987). Predation on salmon smolts, *Salmo salar* L., in the estuary of the River Surna, Norway. *Journal of Fish Biology*, 30 (3): 273-280.
- Hvidsten, N. A., Heggberget, T. & Jensen, A. J. (1998). Sea water temperatures at Atlantic salmon smolt entrance. *Nordic Journal of Freshwater Research*: 79-86.
- Jonsson, B. (1982). Diadromous and resident trout *Salmo trutta*: is their difference due to genetics? *Oikos*: 297-300.
- Jonsson, B. (1985). Life history patterns of freshwater resident and sea-run migrant brown trout in Norway. *Transactions of the American Fisheries Society*, 114 (2): 182-194.
- Jonsson, N. (1991). Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic journal of freshwater research*, 66 (1991): 20-35.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. (1998). The relative role of density- dependent and density- independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology*, 67 (5): 751-762.
- Kessel, S., Cooke, S., Heupel, M., Hussey, N., Simpfendorfer, C., Vagle, S. & Fisk, A. (2014). A review of detection range testing in aquatic passive acoustic telemetry studies. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 24 (1): 199-218.

- Klemetsen, A., Amundsen, P. A., Dempson, J., Jonsson, B., Jonsson, N., O'connell, M. & Mortensen, E. (2003). Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): a review of aspects of their life histories. *Ecology of freshwater fish*, 12 (1): 1-59.
- Koed, A., Jepsen, N., Aarestrup, K. & Nielsen, C. (2002). Initial mortality of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts following release downstream of a hydropower station. I: *Aquatic Telemetry*, s. 31-37: Springer.
- L'Abée- Lund, J., Langeland, A. & Sægrov, H. (1992). Piscivory by brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.) in Norwegian lakes. *Journal of Fish Biology*, 41 (1): 91-101.
- Lacroix, G. L., Knox, D. & McCurdy, P. (2004a). Effects of implanted dummy acoustic transmitters on juvenile Atlantic salmon. *Transactions of the American Fisheries Society*, 133 (1): 211-220.
- Lacroix, G. L., McCurdy, P. & Knox, D. (2004b). Migration of Atlantic salmon postsmolts in relation to habitat use in a coastal system. *Transactions of the American Fisheries Society*, 133 (6): 1455-1471.
- Lunde, R. (2014). *Lake-habitat use of post-juvenile sea trout over time and space-An acoustic telemetry study in a regulated river*: Norwegian University of Life Sciences, Ås.
- Lura, H. & Sægrov, H. (1993). Timing of spawning in cultured and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) in the River Vosso, Norway. *Ecology of Freshwater Fish*, 2 (4): 167-172.
- Mather, M. E. (1998). The role of context-specific predation in understanding patterns exhibited by anadromous salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (S1): 232-246.
- McCormick, S. D., Hansen, L. P., Quinn, T. P. & Saunders, R. L. (1998). Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (S1): 77-92.
- Metcalf, N. & Thorpe, J. (1990). Determinants of geographical variation in the age of seaward-migrating salmon, *Salmo salar*. *The Journal of Animal Ecology*: 135-145.
- Moore, A., Russell, I. & Potter, E. (1990). The effects of intraperitoneally implanted dummy acoustic transmitters on the behaviour and physiology of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Biology*, 37 (5): 713-721.
- Mulcahy, D. M. (2003). Surgical implantation of transmitters into fish. *Ilar Journal*, 44 (4): 295-306.
- Nakagawa, S. & Schielzeth, H. (2010). Repeatability for Gaussian and non- Gaussian data: a practical guide for biologists. *Biological Reviews*, 85 (4): 935-956.
- Newton, M., Barry, J., Dodd, J. A., Lucas, M. C., Boylan, P. & Adams, C. E. (2016). Does size matter? A test of size-specific mortality in Atlantic salmon *Salmo salar* smolts tagged with acoustic transmitters. *Journal of Fish Biology*, 89 (3): 1641-1650.
- Nordeng, H. (1977). A pheromone hypothesis for homeward migration in anadromous salmonids. *Oikos*: 155-159.
- Olsén, K. H., Petersson, E., Ragnarsson, B., Lundqvist, H. & Järvi, T. (2004). Downstream migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt sibling groups. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61 (3): 328-331.

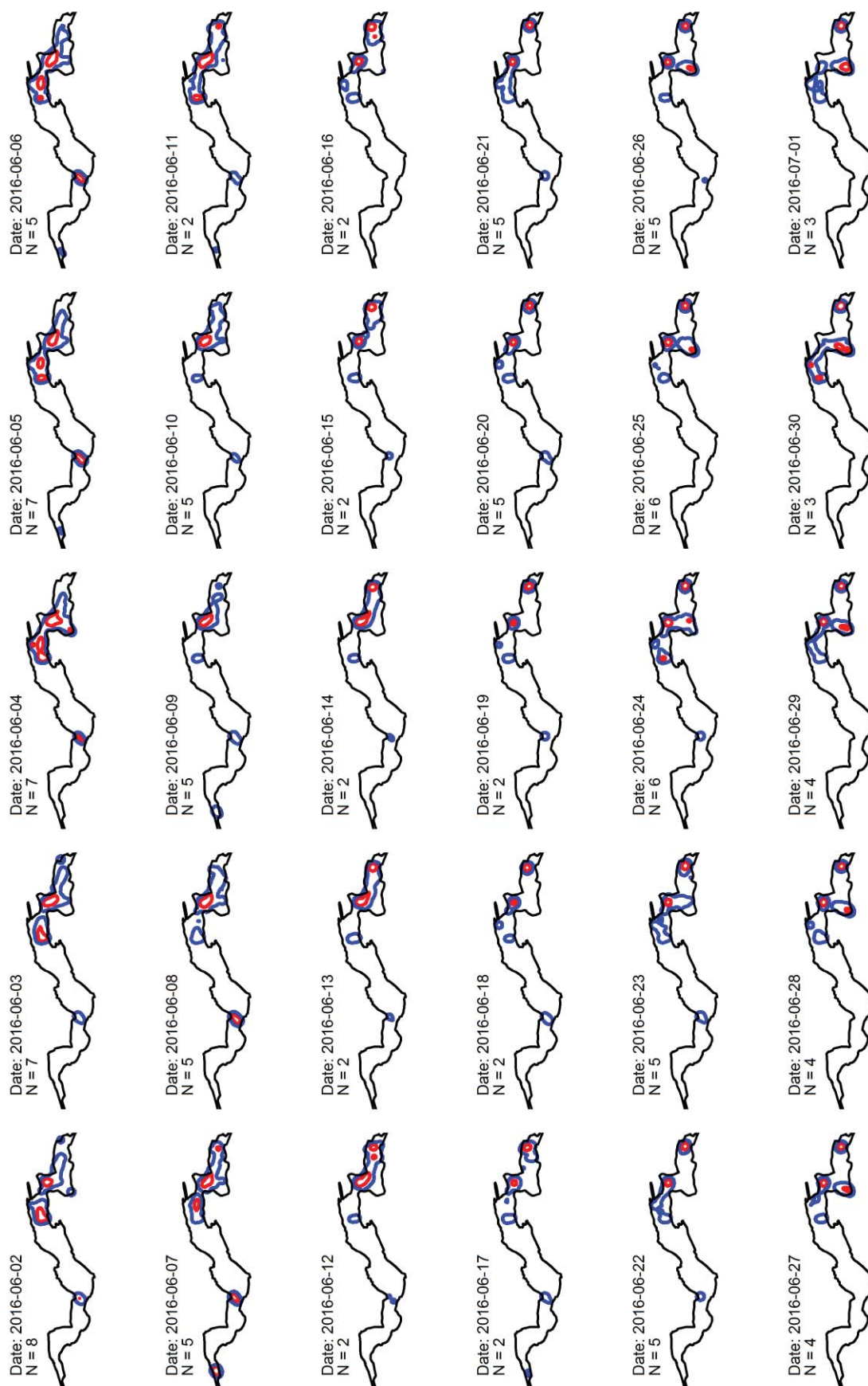
- Riley, W. (2007). Seasonal downstream movements of juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., with evidence of solitary migration of smolts. *Aquaculture*, 273 (2): 194-199.
- Schultz, A. A., Kumagai, K. K. & Bridges, B. B. (2015). Methods to evaluate gut evacuation rates and predation using acoustic telemetry in the Tracy Fish Collection Facility primary channel. *Animal Biotelemetry*, 3 (1): 13.
- Schwinn, M., Aarestrup, K., Baktoft, H. & Koed, A. (2016). Survival of Migrating Sea Trout (*Salmo trutta*) Smolts During Their Passage of an Artificial Lake in a Danish Lowland Stream. *River Research and Applications*.
- Simpfendorfer, C. A., Heupel, M. R. & Hueter, R. E. (2002). Estimation of short-term centers of activity from an array of omnidirectional hydrophones and its use in studying animal movements. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59 (1): 23-32.
- Stenberg, S. K. (2016). *Effects of gas supersaturation on migrating Atlantic salmon smolt (Salmo salar) in Evangervatnet*: The University of Bergen.
- Sægrov, H., Hindar, K., Kålås, S. & Lura, H. (1997). Escaped farmed Atlantic salmon replace the original salmon stock in the River Vosso, western Norway. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 54 (6): 1166-1172.
- Sægrov, H. & Hellen, B. A. (1998). Fiskeundersøkingar i Evangervatnet i 1997. *Rapport (Rådgivende biologer : trykt utg.)*, 336. Bergen: Rådgivende biologer. 18 s.
- Thorstad, E., Whoriskey, F., Uglem, I., Moore, A., Rikardsen, A. & Finstad, B. (2012). A critical life stage of the Atlantic salmon *Salmo salar*: behaviour and survival during the smolt and initial post- smolt migration. *Journal of Fish Biology*, 81 (2): 500-542.
- Urke, H., Kristensen, T., Arnekleiv, J., Haugen, T., Kjærstad, G., Stefansson, S., Ebbesson, L. & Nilsen, T. (2013a). Seawater tolerance and post- smolt migration of wild Atlantic salmon *Salmo salar* × brown trout *S. trutta* hybrid smolts. *Journal of fish biology*, 82 (1): 206-227.
- Urke, H., Kristensen, T., Ulvund, J. & Alfredsen, J. (2013b). Riverine and fjord migration of wild and hatchery- reared Atlantic salmon smolts. *Fisheries Management and Ecology*, 20 (6): 544-552.
- Zuur, A., Ieno, E., Walker, N., Saveliev, A. & Smith, G. (2009). Mixed effects models and extensions in ecology with R. Gail M, Krickeberg K, Samet JM, Tsiatis A, Wong W, editors. *New York, NY: Spring Science and Business Media*.
- Økland, F., Jonsson, B., Jensen, A. & Hansen, L. (1993). Is there a threshold size regulating seaward migration of brown trout and Atlantic salmon? *Journal of Fish Biology*, 42 (4): 541-550.

Vedlegg

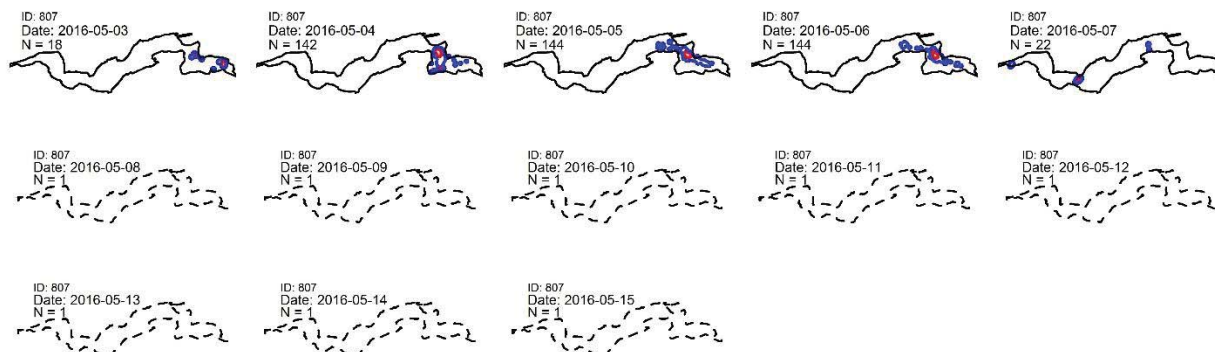
Vedlegg 1. Daglig estimert bruksområde (rød= 50%, blå= 95%) for alle smolt i Evangervatnet mai 2016.



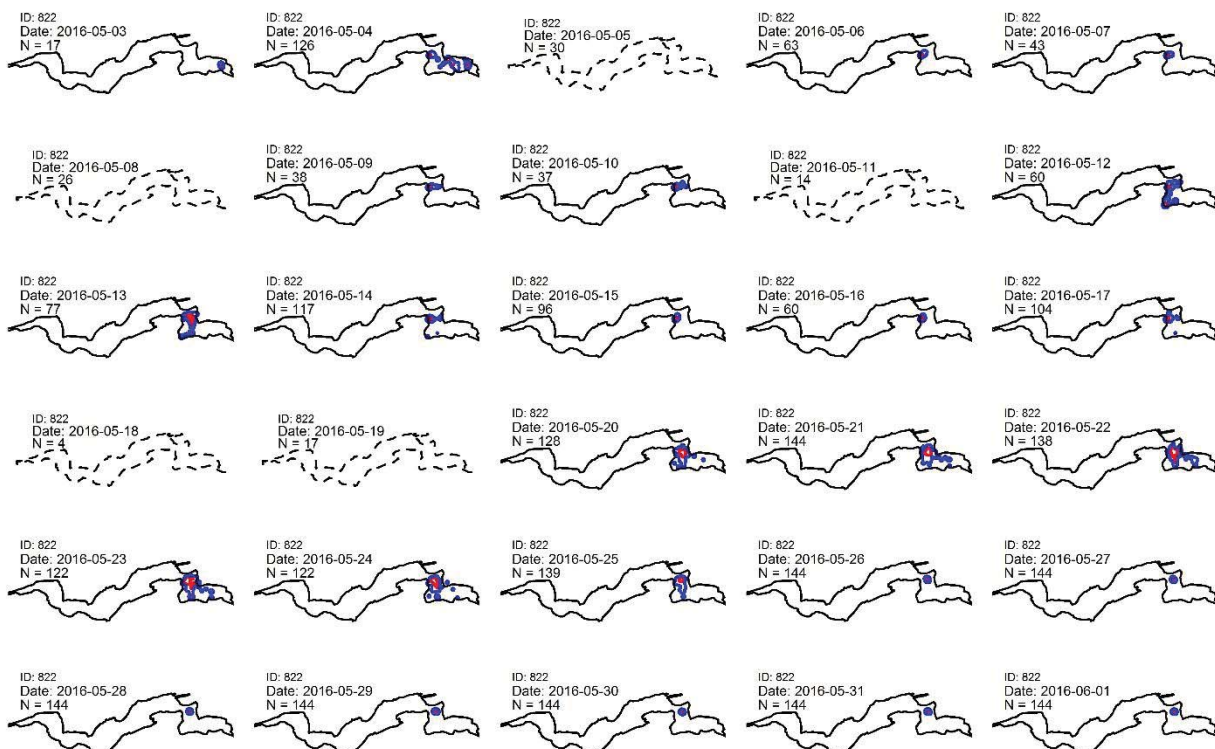
Vedlegg 2. Daglig estimert bruksområde (rød= 50%, blå= 95%) for alle smolt i Evangervatnet juni 2016.



Vedlegg 3. Eksempel på bruksområde (rød= 50%, blå= 95%) til utvandrende smolt som kommer seg igjennom Evangervatnet relativt hurtig. De siste dagene er det ikke nok deteksjoner til å plote før den 15. mai ikke registreres i innsjøen lengre og dermed er vandret ut.



Vedlegg 4. Eksempel på bruksområde (rød= 50%, blå= 95%) til smolt som dør og blir liggende i Evangervatnet. Den entrer tydelig innsjøen 3. mai og vandrer medstrøms mot kraftverket hvor den etter hvert dør.



Vedlegg 5. 50 % bruksområde modellseleksjonstabell for påfølgende lme-modeller rangert etter de 10 som er presentert i resultater.

Model	K	AICc	Delta_AI Cc	ModelLik	AICcWt	LL
Utsettplass+ Dag på året	5	6448.993	46.662607 4542219	7.367896825 66468e-11	5.020295843 3545e-11	- 3219.4809 5532764
Overlever + Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	6449.713	47.382964 7912235	5.139488841 39663e-11	3.501915821 83328e-11	- 3217.8275 192744
Lengde + Dag på året	5	6449.751	47.420418 8201329	5.044137172 26173e-11	3.436945641 12344e-11	- 3219.8598 6101059
Overlever + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	6449.907	47.577228 4470486	4.663759112 3094e-11	3.177765791 23329e-11	- 3218.9319 8476081
Temp.Evanger * Vf.evangerKV	6	6451.081	48.750917 9128001	2.593418958 86533e-11	1.767089133 75614e-11	- 3219.5188 2949369
Temp.Evanger + Vf.evangerKV	5	6451.246	48.915441 8322223	2.388618360 21443e-11	1.627543260 8359e-11	- 3220.6073 7251664
Lengde * Dag på året	6	6451.587	49.256432 6021002	2.014195221 62335e-11	1.372420941 56333e-11	- 3219.7715 8683834
Utsettplass+ Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	6452.025	49.694818 8886936	1.617734281 42279e-11	1.102282629 74438e-11	- 3218.9834 4632314
Utsettplass+ Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	6452.176	49.845557 347282	1.500288389 49728e-11	1.022258012 54305e-11	- 3220.0661 4921093
Lengde + Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	6452.777	50.447264 2887613	1.110492797 54414e-11	7.566612979 93e-12	- 3219.3596 6902317
Lengde + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	6452.925	50.595162 729076	1.031335597 0235e-11	7.027256126 6132e-12	- 3220.4409 5190182
Overlever + Temp.Evanger	5	6459.949	57.618550 238285	3.078157149 34207e-13	2.097377298 79786e-13	- 3224.9589 2671967
Temp.Evanger	4	6460.955	58.624842 4768119	1.861132122 39585e-13	1.268127673 21216e-13	- 3226.4673 029559
Utsettplass+ Temp.Evanger	5	6461.988	59.657557 2707152	1.110519110 9951e-13	7.566792273 03304e-14	- 3225.9784 3023589
Lengde + Temp.Evanger	5	6462.6300 7120537	60.299420 0419316	8.056516611 87029e-14	5.489503696 30619e-14	- 3226.2993 6162149
Utsettplass* Temp.Evanger	6	6463.6656 4388589	61.334992 7224481	4.800379324 32546e-14	3.270855298 14839e-14	- 3225.8108 6689851

Lengde * Temp.Evanger	6	6464.5839 6837121	62.253317 2077738	3.032940764 03607e-14	2.066568014 06243e-14	- 3226.2700 2914117
Utsettplass* Vf.Bulken	6	6651.0919 6459789	248.76131 3434455	9.597699145 89484e-55	6.539625929 62289e-55	- 3319.5240 2725451
Vf.Bulken	4	6673.4085 2101596	271.07786 9852521	1.368322531 96053e-59	9.323398633 43571e-60	- 3332.6938 1664375
Lengde + Vf.Bulken	5	6675.3427 2893994	273.01207 7776503	5.202122375 18434e-60	3.544592704 63568e-60	- 3332.6556 9048878
Utsettplass+ Vf.Bulken	5	6675.3867 6022928	273.05610 9065837	5.088845801 14638e-60	3.467408953 66195e-60	- 3332.6777 0613345
Lengde * Vf.Bulken	6	6677.3521 9861227	275.02154 7448826	1.904713979 3444e-60	1.297823232 26537e-60	- 3332.6541 442617
Utsettplass* Vf.evangerKV	6	6699.2263 4999528	296.89569 8831843	3.387802999 9701e-65	2.308362036 17977e-65	- 3343.5912 1995321
Vf.evangerKV	4	6706.5186 2511535	304.18797 3951908	8.839358044 8077e-67	6.022911761 69761e-67	- 3349.2488 6869344
Lengde	4	6708.0635 2626521	305.73287 5101771	4.082721007 43663e-67	2.781861335 49192e-67	- 3350.0213 1926838
Overlever	4	6708.1728 0181417	305.84215 0650735	3.865634774 76688e-67	2.633944346 78964e-67	- 3350.0759 5704286
Utsettplass	4	6708.1733 0776067	305.84265 6597226	3.864656996 27291e-67	2.633278113 61277e-67	- 3350.0762 100161
Lengde + Vf.evangerKV	5	6708.4033 1139593	306.07266 0232492	3.444818142 86907e-67	2.347210691 59348e-67	- 3349.1859 8171677
Utsettplass+ Vf.evangerKV	5	6708.5167 9393893	306.18614 2775491	3.254796787 56323e-67	2.217735015 86637e-67	- 3349.2427 2298827
Lengde * Vf.evangerKV	6	6709.4199 1061356	307.08925 9450121	2.072118482 71636e-67	1.411888365 41295e-67	- 3348.6880 0026235
Lengde + Utsettplass	5	6710.0650 0413584	307.73435 2972402	1.500839689 37616e-67	1.022633654 13466e-67	- 3350.0168 2808673
Overlever * Lengde	6	6711.3295 6069143	308.99890 9527992	7.975158791 23481e-68	5.434068564 8942e-68	- 3349.6428 2530128
Lengde * Utsettplass	6	6712.0030 7388346	309.67242 2720025	5.694922358 79222e-68	3.880373968 65855e-68	- 3349.9795 818973

Vedlegg 5.1. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med nest best støtte for 50 % bruksområde.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	1.040e+01	7.626e-01	Vf.Bulken	10.956	1	0.0009332
Vf.Bulken	-3.480e-02	5.458e-03	Dag på året	256.661	1	< 2.2e-16
Dag på året	-5.974e-02	5.161e-03	Vf.Bulken:Dag på året	37.785	1	7.898e-10
Vf.Bulken:Dag på året	2.246e-04	3.653e-05				

Vedlegg 6. 95 % bruksområde modellseleksjonstabell for påfølgende lme-modeller rangert etter de 10 som er presentert i resultater.

Modell	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	AICcWt	LL
		12472.425	36.366035	1.268281487	8.846408676	-
Lengde + Dag på året	5	3391331	8392171	08032e-08	97221e-09	6231.19699
Overlever +						-
Temp.Evanger *		12472.600	36.541078	1.161998786	8.105074662	6229.27090
Vf.evangerKV	7	3815539	2600484	28984e-08	35265e-09	207401
		12473.114	37.054878	8.987424715	6.268831706	-
Utsettplass * Dag på året	6	1822748	98096	79586e-09	47559e-09	6230.53513
Overlever +						-
Temp.Evanger +		12473.437	37.378395	7.645122534	5.332560556	6230.69689
Vf.evangerKV	6	6992331	9392695	51182e-09	53032e-09	457212
		12474.143	38.084584	5.370782176	3.746182100	-
Temp.Evanger *		12474.143	38.084584	5.370782176	3.746182100	6231.04998
Vf.evangerKV	6	8878586	5647127	35111e-09	03024e-09	888484
		12474.437	38.378471	4.636825003	3.234238563	-
Lengde * Dag på året	6	7752366	9427586	65396e-09	26687e-09	6231.19693
		12474.945	38.885925	3.597730045	2.509457925	-
Temp.Evanger +		12474.945	38.885925	3.597730045	2.509457925	6232.45694
Vf.evangerKV	5	2287603	4664148	74961e-09	41616e-09	039894
Utsettplass +						-
Temp.Evanger *		12475.018	38.959382	3.467987786	2.418961213	6230.48005
Vf.evangerKV	7	6858933	5995016	6872e-09	28785e-09	424374
Utsettplass +						-
Temp.Evanger +		12475.804	39.745436	2.340928578	1.632824503	6231.88041
Vf.evangerKV	6	7396093	3155066	78155e-09	27164e-09	476024
		12476.084	40.025241	2.035303811	1.419647726	-
Lengde + Temp.Evanger *		12476.084	40.025241	2.035303811	1.419647726	6231.01298
Vf.evangerKV	7	5447659	4720599	59085e-09	67156e-09	368002
		12476.875	40.816366	1.370372320	9.558503934	-
Lengde + Temp.Evanger +		12476.875	40.816366	1.370372320	9.558503934	6232.41587
Vf.evangerKV	6	6700288	7349272	19352e-09	28852e-10	996995
		12480.511	44.452137	2.225056114	1.552002131	-
Overlever +		12480.511	44.452137	2.225056114	1.552002131	6235.24004
Temp.Evanger	5	4408834	5895729	17476e-10	67971e-10	646051
		12481.726	45.667568	1.211751439	8.452105115	-
Temp.Evanger	4	8715872	2933146	00221e-10	08779e-11	6236.85299
		12482.676	46.617694	7.535225788	5.255906317	-
Utsettplass +		12482.676	46.617694	7.535225788	5.255906317	6236.32282
Temp.Evanger	5	9977458	4519248	8566e-11	36978e-11	489169
		12483.653	47.594323	4.624064434	3.225337920	-
Lengde + Temp.Evanger	5	6272076	913776	39284e-11	01183e-11	6236.81113
		12484.601	48.542324	2.878513271	2.007795985	-
Utsettplass *		12484.601	48.542324	2.878513271	2.007795985	6236.27885
Temp.Evanger	6	6274686	1748049	06219e-11	1425e-11	868989

		12485.660	49.601296	1.695177992	1.182406071	-
Lengde * Temp.Evanger	6	5998484	5545651	51397e-11	1089e-11	6236.80834 487977
						-
Utsettplass * Vf.Bulken	6	12738.922 425251	302.86312 1957162	1.714386274 30961e-66	1.195804067 72698e-66	6363.43925 758107
						-
Vf.Bulken	4	12765.333 7924	329.27448 910613	3.154664472 59112e-72	2.200414612 02049e-72	6378.65645 233575
						-
Utsettplass + Vf.Bulken	5	12767.333 1455588	331.27384 2265004	1.160911605 23589e-72	8.097491449 94509e-73	6378.65089 879823
						-
Lengde + Vf.Bulken	5	12767.343 3562401	331.28405 2946308	1.154999859 60212e-72	8.056256346 85214e-73	6378.65600 413888
						-
Lengde * Vf.Bulken	6	12768.998 2378506	332.93893 4556778	5.049274199 95205e-73	3.521926603 03643e-73	6378.47716 388088
						-
Utsettplass * Vf.evangerKV	6	12776.506 7717278	340.44746 8433997	1.182419383 65506e-74	8.247510668 52388e-75	6382.23143 081948
						-
Vf.evangerKV	4	12786.486 1726325	350.42686 9338677	8.049560480 16956e-77	5.614660657 19487e-77	6389.23264 245203
						-
Utsettplass + Vf.evangerKV	5	12788.493 8984913	352.43459 5197472	2.949850708 56652e-77	2.057554665 10116e-77	6389.23127 526446
						-
Lengde + Vf.evangerKV	5	12788.494 0199435	352.43471 664967	2.949671581 07916e-77	2.057429721 6265e-77	6389.23133 599056
						-
Lengde * Vf.evangerKV	6	12789.770 8196616	353.71151 6367788	1.557830232 74188e-77	1.086604435 10082e-77	6388.86345 478638
						-
Utsettplass	4	12791.444 5198014	355.38521 6507542	6.746534730 23292e-78	4.705785268 09698e-78	6391.71181 603646
						-
Lengde	4	12791.445 2017365	355.38589 8442681	6.744234772 81334e-78	4.704181021 44665e-78	6391.71215 700403
						-
Overlever	4	12791.446 7134288	355.38741 0134927	6.739139095 12471e-78	4.700626727 87863e-78	6391.71291 285015
						-
Lengde + Utsettplass	5	12793.454 6947059	357.39539 1412067	2.469316884 73034e-78	1.722376817 59121e-78	6391.71167 337176
						-
Overlever * Lengde	6	12795.271 383387	359.21208 0093204	9.956068850 18038e-79	6.944472087 77959e-79	6391.61373 664909
						-
Lengde * Utsettplass	6	12795.414 3769638	359.35507 3669969	9.269092807 73063e-79	6.465298427 61761e-79	6391.68523 343747

Vedlegg 6.1. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med best støtte for 95 % bruksområde.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	51.5086619	3.6701381	Vf.Bulken	4.667	1	0.03075
Vf.Bulken	-0.1532552	0.0262589	Dag på året	330.137	1	< 2.2e-16
Dag på året	-0.2964582	0.0248329	Vf.Bulken:Dag på året	32.388	1	1.263e-08
Vf.Bulken:Dag på året	0.0010003	0.0001758				

Vedlegg 7. Relativ lateral bevegelighet modellseleksjonstabell for påfølgende lme-modeller rangert etter de 10 som er presentert i resultater.

Modell	K	AICc	Delta_AIC c	ModellLik	AICcWt	LL
Overlever + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	21171.905 3615652	21.876392 304679	1.776649545 2276e-05	8.496435380 29817e-06	- 10579.9223 120191
Overlever + Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	21172.787 6802196	22.758710 9590313	1.142901249 79973e-05	5.465673655 82583e-06	- 10579.3533 191257
Utsettplass+ Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	21173.757 7329402	23.728763 6796027	7.036625466 89848e-06	3.365111241 85746e-06	- 10580.8484 977065
Utsettplass+ Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	21174.515 7085044	24.486739 2438173	4.816949943 95924e-06	2.303600281 71665e-06	- 10580.2173 332681
Lengde + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	21179.238 988801	29.210019 5404419	4.540721321 12211e-07	2.171500023 09059e-07	- 10583.5891 256369
Temp.Evanger + Vf.evangerKV	5	21179.497 9060585	29.468936 7979372	3.989345777 78169e-07	1.907816806 16958e-07	- 10584.7272 767287
Lengde + Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	21180.015 6517291	29.986682 4685378	3.079460491 94515e-07	1.472684196 28821e-07	- 10582.9673 048805
Temp.Evanger * Vf.evangerKV	6	21180.266 511584	30.237542 3234771	2.716446219 83672e-07	1.299080611 19286e-07	- 10584.1028 870285
Overlever + Temp.Evanger + Dag på året	6	21186.829 9847971	36.801015 5365046	1.020377825 33117e-08	4.879732347 72354e-09	- 10587.3846 23635
Utsettplass+ Dag på året	5	21187.627 8551993	37.598885 9387617	6.847083995 58548e-09	3.274467205 32119e-09	- 10588.7922 512991
Utsettplass* Dag på året	6	21187.732 8486187	37.703879 3581378	6.496906612 65756e-09	3.107002579 9154e-09	- 10587.8360 555458
Lengde + Dag på året	5	21192.542 3259697	42.513356 7091616	5.865997681 78306e-10	2.805284271 06674e-10	- 10591.2494 866843
Dag på året	4	21192.879 5159715	42.850546 7109062	4.955893995 86428e-10	2.370047216 15339e-10	- 10592.4253 175525
Lengde * Dag på året	6	21193.428 1915348	43.399222 2742709	3.766852577 93108e-10	1.801414330 78187e-10	- 10590.6837 270039
Temp.Evanger + Dag på året	5	21194.165 1446066	44.136175 3460478	2.605861307 71616e-10	1.246195811 1268e-10	- 10592.0608 960027
Overlever + Temp.Evanger	5	21210.112 154812	60.083185 5514843	8.976396545 04876e-14	4.292764062 43462e-14	- 10600.0344 011054

Utsettclass*	21214.330	64.301426	1.089237504	5.209038608	-
Temp.Evanger	6 3960349	7743529	98514e-14	52191e-15	10601.1348 292539
Utsettclass+	21214.510	64.481311	9.955454661	4.760977055	-
Temp.Evanger	5 2808342	5736179	06185e-15	74029e-15	10602.2334 641165
Lengde + Temp.Evanger	21218.661	68.632982	1.248927491	5.972720816	-
	5 9516986	43799	12532e-15	84786e-16	10604.3092 995487
Temp.Evanger	21219.146	69.117769	9.800923657	4.687076004	-
	4 7389723	7117673	70152e-16	86447e-16	10605.5589 29053
Lengde * Temp.Evanger	21219.713	69.684115	7.383913800	3.531194243	-
	6 0845897	3291389	68207e-16	10269e-16	10603.8261 735313
Utsettclass* Vf.Bulken	21313.447	163.41827	3.267169991	1.562452132	-
	6 2476279	8367302	38381e-36	60028e-36	10650.6932 550504
Utsettclass+ Vf.Bulken	21319.406	169.37750	1.660132491	7.939218219	-
	5 471315	2054442	86312e-37	90022e-38	10654.6815 593569
Vf.Bulken	21321.498	171.46956	5.832531525	2.789279818	-
	4 5340682	4807619	04257e-38	25069e-38	10656.7348 266009
Lengde + Vf.Bulken	21321.838	171.80964	4.920512374	2.353126734	-
	5 6109958	1735232	09378e-38	34926e-38	10655.8976 291973
Lengde * Vf.Bulken	21322.751	172.72226	3.117710476	1.490976409	-
	6 2385065	9245962	45308e-38	43412e-38	10655.3452 504897
Overlever	21354.356	204.32704	4.275088026	2.044466746	-
	4 0182437	8983127	49093e-45	95844e-45	10673.1635 686886
Overlever * Lengde	21358.151	208.12248	6.408782788	3.064859300	-
	6 4590953	9834757	73368e-46	87395e-46	10673.0453 607841
Utsettclass* Vf.evangerKV	21364.502	214.47392	2.676566184	1.280008862	-
	6 8986049	9344382	44837e-47	09348e-47	10676.2210 805389
Lengde * Vf.evangerKV	21369.032	219.00319	2.780101329	1.329522266	-
	6 1634353	4174718	10048e-48	04473e-48	10678.4857 129541
Utsettclass+ Vf.evangerKV	21369.426	219.39724	2.282937182	1.091764456	-
	5 2124841	3223502	78455e-48	46876e-48	10679.6914 299415
Vf.evangerKV	21370.469	220.44055	1.355007537	6.480025287	-
	4 5241542	4893594	32449e-48	83449e-49	10681.2203 216439
Lengde + Vf.evangerKV	21370.630	220.60194	1.249959032	5.977653938	-
	5 9166337	7373169	94099e-48	52202e-49	10680.2937 820163

		21373.351	223.32302	3.206420196	1.533399880	-
Utsettplass	4	9981518	8891209	00793e-49	16457e-49	10682.6615 586427
		21374.363	224.33490	1.933282822	9.245499553	-
Lengde	4	869369	0108406	99357e-49	65622e-50	10683.1674 942513
		21374.987	224.95842	1.415466557	6.769157246	-
Lengde + Utsettplass	5	3899746	0713992	99338e-49	15973e-50	10682.4720 186867
		21376.336	226.30709	7.211731496	3.448851846	-
Lengde * Utsettplass	6	0604109	1150338	41172e-50	10078e-50	10682.1376 614419

Vedlegg 7.1. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med best støtte for relativ lateral bevegelighet.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	-1541.3626	342.7272	Overlever	8.0815	1	0.0044720
Overlever	-282.2773	99.2956	Dag på året	156.5317	1	< 2.2e-16
Dag på året	18.6241	2.3051	Vf.Bulken	27.9535	1	1.243e-07
Vf.Bulken	9.1577	2.4118	Dag på året:Vf.Bulken	11.6134	1	0.0006548
Dag på året:Vf.Bulken	-0.0552	0.0162				

Vedlegg 8. Svømmehastighet modellseleksjonstabell for påfølgende lme-modeller rangert etter de 10 som er presentert i resultater.

Modell	K	AICc	Delta_AICc	ModelLik	AICcWt	LL
Overlever + Dag på året + Vf.Bulken	6	3746.8518 6848313	3.2539903 4419888	0.1965191941 87556	0.035907497 1753794	- 1867.40043 333082
Temp.Evanger + Vf.evangerKV	5	3747.4453 7896988	3.8475008 3094286	0.1460581548 8223	0.026687381 8893712	- 1868.70448 560144
Vf.Bulken + Dag på året	5	3747.5139 0664963	3.9160285 1069774	0.1411384076 76053	0.025788457 946396	- 1868.73874 944132
Lengde + Temp.Evanger	5	3747.7879 4625684	4.1900681 1790996	0.1230660520 8146	0.022486322 1924404	- 1868.87576 924493
Utsettplass+ Temp.Evanger	5	3747.9082 7750923	4.3103993 7029436	0.1158800487 7782	0.021173313 5858537	- 1868.93593 487112
Overlever + Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	3748.6025 763368	5.0046981 9786395	0.0818923991 474805	0.014963174 9877153	- 1867.26726 62972
Lengde + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	3749.2890 5891337	5.6911807 7443727	0.0580999551 413348	0.010615878 9412503	- 1868.61902 854594
Lengde * Temp.Evanger	6	3749.2972 7469944	5.6993965 6050474	0.0578617762 819228	0.010572359 4939163	- 1868.62313 643897
Utsettplass+ Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	3749.4115 8425511	5.8137061 1617285	0.0546474318 531722	0.009985042 49430603	- 1868.68029 121681
Temp.Evanger * Vf.evangerKV	6	3749.4523 7881141	5.8545006 7247211	0.0535440640 894081	0.009783437 88756745	- 1868.70068 849496
Lengde + Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	3751.2993 1318623	7.7014350 4729231	0.0212644732 008205	0.003885391 52397331	- 1868.61563 472191
Utsettplass+ Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	3751.4208 6047629	7.8229823 373581	0.0200106395 639867	0.003656294 16806803	- 1868.67640 836694
Dag på året	4	3760.6129 1968799	17.015041 5490507	0.0002019438 69179751	3.689868026 44658e-05	- 1876.29433 128123
Lengde + Dag på året	5	3762.4003 0323135	18.802425 0924154	8.2623819593 3684e-05	1.509681830 79178e-05	- 1876.18194 773218
Utsettplass+ Dag på året	5	3762.5773 5154384	18.979473 404906	7.5624012280 4455e-05	1.381783096 85075e-05	- 1876.27047 188843

						-
Utsettplass* Dag på året	6	3763.3868 7501291	19.788996 8739778	5.0451481948 9325e-05	9.218368989 67762e-06	1875.66793 659571
						-
Lengde * Dag på året	6	3764.1640 3941793	20.566161 2789931	3.4206986898 0485e-05	6.250215356 81473e-06	1876.05651 879822
						-
Utsettplass* Vf.evangerKV	6	3851.0212 6803464	107.42338 989571	4.7131066849 6171e-24	8.611671021 61063e-25	1919.48513 310658
						-
Vf.evangerKV	4	3853.5440 7403657	109.94619 5897636	1.3350173433 4698e-24	2.439310403 41859e-25	1922.75990 845552
						-
Lengde * Vf.evangerKV	6	3854.2151 2917753	110.61725 1038595	9.5448506064 1746e-25	1.744011304 37292e-25	1921.08206 367802
						-
Utsettplass+ Vf.evangerKV	5	3855.3783 3843321	111.78046 0294279	5.3355777742 1499e-25	9.749034675 65582e-26	1922.67096 533311
						-
Lengde + Vf.evangerKV	5	3855.4066 0249245	111.80872 4353516	5.2607055255 7883e-25	9.612229969 75765e-26	1922.68509 736273
						-
Utsettplass* Vf.Bulken	6	3855.6607 3878994	112.06286 0651009	4.6329647564 9588e-25	8.465237688 11803e-26	1921.80486 848423
						-
Vf.Bulken	4	3864.0251 9450012	120.42731 6361184	7.0719717467 9249e-27	1.292173044 83734e-27	1928.00046 868729
						-
Utsettplass+ Vf.Bulken	5	3865.8463 1520642	122.24843 7067483	2.8450452629 4238e-27	5.198395768 17271e-28	1927.90495 371971
						-
Lengde + Vf.Bulken	5	3865.8983 6069823	122.30048 2559293	2.7719643796 5428e-27	5.064864200 37394e-28	1927.93097 646562
						-
Lengde	4	3866.4531 2436817	122.85524 6229233	2.1004978671 4356e-27	3.837977330 56877e-28	1929.21443 362132
						-
Utsettplass	4	3866.4615 4427273	122.86366 6133791	2.0916734595 6232e-27	3.821853593 05765e-28	1929.21864 35736
						-
Overlever	4	3866.6235 3453083	123.02565 6391895	1.9289374647 0107e-27	3.524506440 78731e-28	1929.29963 870265
						-
Lengde * Vf.Bulken	6	3867.8943 613935	124.29648 3254569	1.0217898899 9291e-27	1.866989010 43402e-28	1927.92167 978601
						-
Lengde + Utsettplass	5	3868.4106 395432	124.81276 1404265	7.8932021500 1196e-28	1.442226216 51784e-28	1929.18711 58881
						-
Lengde * Utsettplass	6	3869.6274 2907026	126.02955 0931329	4.2956682798 211e-28	7.848937975 84127e-29	1928.78821 362439

		3870.4330	126.83514	2.8714288776	5.246603251	-
Overlever * Lengde	6	238013	566236	4732e-28	13185e-29	1929.19101
						09899

Vedlegg 8.1. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den lme-modellen med nest best støtte for svømmehastighet.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	1.772008	0.097373	Temp.Evanger	126.3833	1	< 2e-16
Temp.Evanger	-0.113737	0.010117	Vf.Bulken	3.7093	1	0.05411
Vf.Bulken	0.000488	0.000253				

Vedlegg 8.2. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den tredje beste støttede lme-modellen for svømmehastighet.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	1.94685	0.10732	Overlever	3.0547	1	0.08051
Overlever	-0.20368	0.11654	Temp.Evanger	128.4940	1	< 2e-16
Temp.Evanger	-0.11589	0.01022				

Vedlegg 8.3. Parameterestimer og tilhørende ANOVA-teststatistikk for den fjerde beste støttede lme-modellen for svømmehastighet.

Parameterestimat			Effekttest (ANOVA)			
Parameter	Estimat	SE	Prediktor	Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Skjæringspunkt	3.935e+00	4.889e-01	Overlever	2.6776	1	0.1017669
Overlever	-1.918e-01	1.172e-01	Dag på året	126.1407	1	< 2.2e-16
Dag på året	-2.017e-02	3.305e-03	Vf.Bulken	15.0125	1	0.0001068
Vf.Bulken	-5.570e-03	3.446e-03	Dag på året:Vf.Bulken	3.6596	1	0.0557484
Dag på året:Vf.Bulken	4.430e-05	2.316e-05				

Vedlegg 9. Bruksvolum 50 modellseleksjonstabell for påfølgende 50 lme-modeller rangert etter de som er presentert i resultater.

Modell	K	AICc	Delta_AIC c	ModelLik	AICcWt	LL
Overlever + Dag på året *		11163.653	19.243339	6.627684638	5.362772630	-
Vf.Bulken	7	6364424	8934991	35719e-05	064e-05	5574.68285 935228
Lengde + Vf.Bulken	5	11163.794 2829172	19.383986 3683879	6.177615037 83142e-05	4.998600061 96158e-05	- 5576.82041 511591
Temp.Evanger *		11163.867	19.457618	5.954316210	4.817918435	-
Vf.Bulken	6	9147386	1897537	45026e-05	54946e-05	5575.82626 506161
Vf.Bulken	4	11164.180 9748804	19.770678 3315352	5.091570347 56755e-05	4.119830015 13916e-05	- 5578.03946 703203
Overlever + Temp.Evanger *		11164.864	20.454116	3.617803875	2.927335964	-
Vf.Bulken	7	4131237	5748433	61804e-05	78316e-05	5575.28824 769295
Lengde + Vf.evangerKV	5	11165.513 5993209	21.103302 7720623	2.615026101 54929e-05	2.115941112 09364e-05	- 5577.68007 331775
Temp.Evanger + Vf.evangerKV	5	11165.642 0106348	21.231714 0859122	2.452403151 60017e-05	1.984355203 50045e-05	- 5577.74427 897467
Vf.evangerKV	4	11165.729 9040282	21.319607 4792977	2.346961998 74565e-05	1.899037787 31892e-05	- 5578.81393 160591
Lengde + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	11165.856 033432	21.445736 8831318	2.203522075 00372e-05	1.782973771 139e-05	- 5576.82032 44083
Utsettplass+ Vf.Bulken	5	11166.113 5099228	21.703213 3739103	1.937345579 20787e-05	1.567597798 3356e-05	- 5577.98002 861867
Overlever + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	11166.480 197116	22.069900 5671722	1.612805455 28781e-05	1.304997057 82308e-05	- 5577.13240 625032
Temp.Evanger	4	11166.489 2378701	22.078941 3212187	1.605531419 6429e-05	1.299111292 07e-05	- 5579.19359 852687
Overlever * Lengde	6	11166.578 5805056	22.168283 9567129	1.535388566 22909e-05	1.242355396 91091e-05	- 5577.18159 794509
Lengde + Temp.Evanger	5	11166.759 5023171	22.349205 7682852	1.402592880 00947e-05	1.134904135 9792e-05	- 5578.30302 481586
Utsettplass* Vf.Bulken	6	11167.048 7212004	22.638424 6515372	1.213748056 27588e-05	9.821008709 91814e-06	- 5577.41666 82925
Overlever + Temp.Evanger	5	11167.234 2847803	22.823988 2314119	1.106200697 66488e-05	8.950792242 68181e-06	- 5578.54041 604742

Lengde + Temp.Evanger *	11167.640	23.230169	9.028858699	7.305675956	-
Vf.evangerKV	7 4657257	1768898	00745e-06	80807e-06	5576.67627 399398
Utsettplass+					-
Temp.Evanger +	11167.684	23.273894	8.833603800	7.147685997	5577.73440
Vf.evangerKV	6 1915392	9903323	6613e-06	73902e-06	34619
Utsettplass+	11167.705	23.294875	8.741419663	7.073095458	-
Vf.evangerKV	5 1724461	8972343	28789e-06	83934e-06	5578.77585 988033
Dag på året	11167.857	23.446714	8.102343552	6.555988797	-
	4 0109701	4212467	82817e-06	80928e-06	5579.87748 507689
Lengde + Utsettplass	11168.005	23.594925	7.523621662	6.087717586	-
	5 2224126	8637938	37789e-06	38741e-06	5578.92588 486361
Lengde + Dag på året	11168.014	23.604064	7.489323347	6.059965200	-
	5 3607595	2106364	39262e-06	01165e-06	5578.93045 403703
Lengde	11168.104	23.694290	7.158962509	5.792654644	-
	4 5875257	9768277	39153e-06	85579e-06	5580.00127 335468
Overlever +					-
Temp.Evanger *	11168.258	23.848310	6.628344642	5.363306670	5576.98534
Vf.evangerKV	7 6074725	9236877	13398e-06	28815e-06	486738
Utsettplass+	11168.530	24.119954	5.786532821	4.682156972	-
Temp.Evanger	5 2510841	5352029	45006e-06	02082e-06	5579.18839 919932
Lengde * Utsettplass	11168.676	24.265736	5.379752746	4.353012003	-
	6 0328344	2855934	22876e-06	16894e-06	5578.23032 410953
Utsettplass+					-
Temp.Evanger *	11169.456	25.046248	3.641466559	2.946482559	5577.58431
Vf.evangerKV	7 5446618	1129562	56847e-06	82614e-06	346201
Overlever	11169.656	25.246177	3.295051806	2.666182024	-
	4 4738834	3345731	78043e-06	07787e-06	5580.77721 653355
Utsettplass*	11169.742	25.331706	3.157110704	2.554567364	-
Vf.evangerKV	6 003114	565179	66808e-06	15761e-06	5578.76330 924932
Utsettplass+ Dag på året	11169.890	25.480334	2.930999436	2.371610058	-
	5 6307261	1772695	07795e-06	74715e-06	5579.86858 902035
Utsettplass	11170.396	25.986465	2.275677310	1.841357979	-
	4 7622108	6619848	44847e-06	6331e-06	5581.14736 069726
Utsettplass*	11170.574	26.163829	2.082555739	1.685094196	-
Temp.Evanger	6 1259441	3952874	40346e-06	42873e-06	5579.17937 066438
Utsettplass* Dag på året	11171.709	27.298822	1.180690139	9.553521496	-
	6 1194011	8522827	88796e-06	98399e-07	5579.74686 739288

Vedlegg 10. Bruksvolum 95 modellseleksjonstabell for påfølgende 50 lme-modeller rangert etter de som er presentert i resultater.

Modell	K	AICc	Delta_AIC c	ModellLik	AICcWt	LL
Overlever + Temp.Evanger + Vf.Bulken	6	12758.896 2636418	18.584417 9962805	9.213929976 77987e-05	9.032127380 69648e-05	- 6373.34043 95132
Temp.Evanger * Vf.Bulken	6	12758.908 4849291	18.596639 283609	9.157798608 00307e-05	8.977103555 45333e-05	- 6373.34655 015687
Overlever + Dag på året + Vf.Bulken	6	12758.998 6556985	18.686810 05299	8.754084911 64255e-05	8.581355645 4899e-05	- 6373.39163 554156
Lengde + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	12759.224 9845027	18.913138 8572314	7.817431409 59245e-05	7.663183512 27291e-05	- 6373.50479 994368
Lengde + Temp.Evanger	5	12759.227 0702002	18.915224 5546975	7.809283260 53317e-05	7.655196136 59219e-05	- 6374.53680 875739
Utsettplass+ Temp.Evanger	5	12759.524 5487566	19.212703 111134	6.729991693 47958e-05	6.597200369 41073e-05	- 6374.68554 803561
Utsettplass+ Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	12759.633 7658291	19.321920 1835745	6.372331232 40203e-05	6.246597005 63088e-05	- 6373.70919 060685
Overlever + Dag på året * Vf.Bulken	7	12760.556 7680374	20.244922 3919357	4.016714456 18184e-05	3.937459554 34301e-05	- 6373.13442 514983
Lengde * Vf.evangerKV	6	12760.620 3517874	20.308506 1418551	3.891024124 43144e-05	3.814249253 228e-05	- 6374.20248 358599
Overlever + Temp.Evanger	5	12760.652 0103385	20.340164 6929742	3.829916948 46335e-05	3.754347799 81895e-05	- 6375.24927 882653
Overlever + Temp.Evanger + Vf.evangerKV	6	12760.698 9566956	20.387111 0501168	3.741063539 7255e-05	3.667247582 21888e-05	- 6374.24178 604012
Dag på året	4	12760.768 0152293	20.456169 5837547	3.614092089 22845e-05	3.542781440 46489e-05	- 6376.33298 720647
Overlever + Temp.Evanger * Vf.Bulken	7	12760.944 8218207	20.632976 1752368	3.308309643 92099e-05	3.243032473 00388e-05	- 6373.32845 204148
Lengde + Temp.Evanger * Vf.evangerKV	7	12761.058 32593	20.746480 2845225	3.125784596 98026e-05	3.064108878 15446e-05	- 6373.38520 409612
Lengde + Dag på året	5	12761.254 7468632	20.942901 2176861	2.833392780 97088e-05	2.777486325 78806e-05	- 6375.55064 708889
Utsettplass* Temp.Evanger	6	12761.291 7521582	20.979906 5127136	2.781449538 7079e-05	2.726567989 97827e-05	- 6374.53818 377142

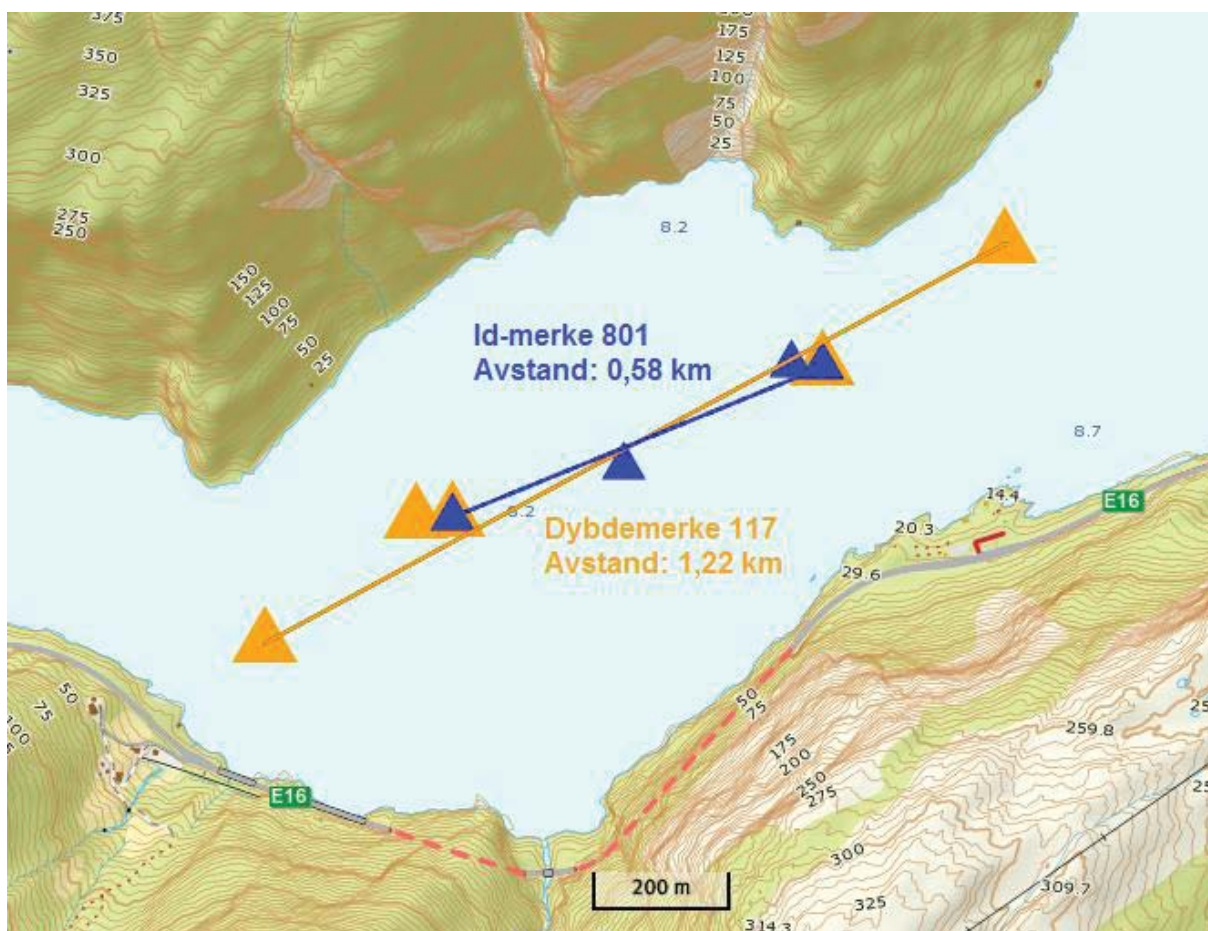
Utsettplass+					-
Temp.Evanger *		12761.442	21.130917	2.579167490	6373.57742
Vf.evangerKV	7	7632379	5923543	5828e-05	275004
					-
Utsettplass+ Dag på året	5	12761.780	21.468761	2.178299624	6375.81357
	5	6074081	7625768	48211e-05	736133
					-
Lengde + Vf.evangerKV	5	12761.815	21.503858	2.140407984	6375.83112
	5	70366	0145338	23843e-05	548731
					-
Vf.evangerKV	4	12761.990	21.678982	1.960960444	6376.94439
	4	8278232	1776802	9031e-05	350343
					-
Utsettplass* Dag på året	6	12762.343	22.031888	1.643751953	6375.06417
	6	7337643	1188123	79554e-05	457447
Overlever +					-
Temp.Evanger *		12762.517	22.205879	1.506796593	6374.11490
Vf.evangerKV	7	7247027	0572119	92547e-05	348247
					-
Lengde + Vf.Bulken	5	12762.868	22.556866	1.264266374	6376.35762
	5	7125492	9037348	82993e-05	993191
					-
Vf.Bulken	4	12763.172	22.860829	1.086010292	6377.53531
	4	6751779	5324175	34199e-05	71808
					-
Utsettplass+		12763.456	23.144582	9.423619308	6376.65148
Vf.evangerKV	5	4283012	6556519	52037e-06	780787
					-
Lengde	4	12764.090	23.778745	6.862953220	6377.99427
	4	5910659	4203608	97263e-06	512477
					-
Overlever * Lengde	6	12764.346	24.034713	6.038487814	6376.06558
	6	5595239	8783909	53384e-06	745426
					-
Utsettplass+ Vf.Bulken	5	12764.723	24.411753	5.000978868	6377.28507
	5	5994274	7818984	71084e-06	337099
					-
Utsettplass*		12764.990	24.678970	4.375518804	6376.38771
Vf.evangerKV	6	8165682	9226941	29185e-06	597641
					-
Utsettplass	4	12765.860	25.548776	2.832393470	6378.87929
	4	6225547	9091978	10723e-06	086919
					-
Overlever	4	12766.252	25.940700	2.328351087	6379.07525
	4	5461033	457757	04739e-06	264347
					-
Utsettplass* Vf.Bulken	6	12766.435	26.124110	2.124327045	6377.11028
	6	9566255	9799666	98918e-06	600505

Vedlegg 11. Individliste og deteksjoner fra ettersøksdataene for de to ulike innsjøene fra den manuelle peilinga høsten 2016.

Vangsvatnet		
ID	Deteksjoner	Opphav
150	8	Øvre Vosso
158	7	Øvre Vosso
160	32	Øvre Vosso
173	4	Øvre Vosso
174	11	Øvre Vosso
851	26	Klekkeri
856	7	Klekkeri
857	2	Klekkeri
862	7	Klekkeri
871	2	Klekkeri
873	12	Klekkeri
880	9	Klekkeri
881	4	Klekkeri
887	24	Klekkeri
889	37	Klekkeri
894	3	Klekkeri
897	7	Klekkeri
898	35	Klekkeri
899	6	Øvre Vosso
901	30	Øvre Vosso
905	21	Øvre Vosso
906	5	Øvre Vosso
909	3	Øvre Vosso
910	10	Øvre Vosso
913	12	Øvre Vosso
916	45	Øvre Vosso
918	2	Øvre Vosso
919	6	Øvre Vosso
920	14	Øvre Vosso
921	15	Øvre Vosso
922	1	Øvre Vosso

Evangervatnet		
Id	Deteksjoner	Opphav
102	16	Vosso
103	5	Vosso
104	31	Vosso
106	24	Vosso
107	26	Vosso
108	2	Vosso
115	29	Vosso
117	13	Vosso
124	19	Vosso
167	2	Øvre Vosso
800	18	Vosso
801	11	Vosso
802	22	Vosso
803	19	Vosso
805	12	Vosso
806	30	Vosso
808	15	Vosso
809	24	Vosso
811	15	Vosso
812	42	Vosso
813	5	Vosso
816	23	Vosso
818	28	Vosso
819	4	Vosso
821	8	Vosso
822	5	Vosso
911	10	Øvre Vosso
917	9	Øvre Vosso

Vedlegg 12. Eksempel på ettersøksdata fra midten av Evangervatnet hvor unike deteksjoner av et dybdemerke og et id-merket individ er punktet i kart. Dataene er lagt inn i karttjenesten Norgeskart tilgjengelig fra: <http://www.norgeskart.no/>. Avstanden er beregnet horisontalt for de to deteksjonene som ligger lengst borte fra hverandre, men dybdeforholdene i området vil påføre en ekstra dimensjon på rundt 100 meter vertikalt.





Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway