

Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvannoppvandring av laks i Storelva i 2012



RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann - oppvandring av laks i Storelva i 2012	Løpenr. (for bestilling) 6492	Dato Feb 2012
	Prosjektnr. Undernr. 11267	Sider Pris 53+vedlegg
Forfatter(e) Frode Kroglund, Tormod Haraldstad, Thrond Haugen, Jim Güttrup	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsreferanse 2009/17101
---	---------------------------------

Sammendrag

Fra oppdrett er det kjent at aluminium (Al) i brakkvann kan drepe laks. Det var mer usikkert om utvandrende vill laksesmolt ville påvirkes og om Al i brakkvann dermed kunne ha effekt på sjøoverlevelse. Forsøk utført i perioden 2003 til 2010 påviste at Al på reaktiv form mobiliseres og akkumuleres på laksesmoltens gjeller når saltnivået er innenfor intervallet >1 til <10 psu. Telemetriundersøkelser har vist at smoltutvandring hemmes i brakkvann, uten at man fra de dataene kunne konkludere med bestandseffekter. I 2009 og 2010 ble utvandrende laksesmolt merket med passive integrerte transpondere (PIT-merker). Disse merkene vil påvises automatisk når fisken tilbakevandrer til vassdraget. Resultater basert på gjenfangster av voksen laks tyder på at Al i brakkvann kan halvere sjøoverlevelse. Bestandseffektene avhenger av Al-konsentrasjon samt hvordan konsentrasjonen endres over tid om våren. Mens smolt som ankom fjorden i mai 2009 opplevde ugunstige forhold utover hele juni, økte saliniteten i overgangen mai/juni i 2010 til nivåer som ikke påvirket fisken. Til tross for at denne smolten opplevde Al i brakkvann i mai, ble fisken ikke påvirket i juni. Samlet tyder resultatene på at Al i brakkvann kan påvirke antall som overlever fra smolt til laks, men at effekten vil variere mellom år, og hvor variasjon i respons kan knyttes til de hydrologiske forholdene.

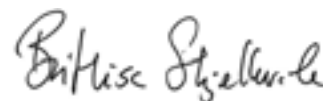
Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Telemetri	1. Telemetry
2. Laks	2. Salmon
3. Aluminium	3. Aluminum
4. Brakkvann	4. Estuary



Frode Kroglund
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder



Brit Lisa Skjelkvåle
Forskningsdirektør

Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann

- Oppvandring av laks i Storelva i 2012

Forord

Betydningen aluminium i brakkvann har for laksesmolt er undersøkt siden 2003 i Storelva, Tvedestrand. I 2009 og 2010 ble utvandrende smolt merket med passive integrerte transpondere for å undersøke om aluminium i brakkvann innvirker på sjøoverlevelse.

I 2012 ble nye grupper med smolt merket. Tilbakevandring av smolt merket i 2009 og 2010 ble dokumentert. I denne rapporten er fokus kun på oppvandring av voksen laks i 2012.

DN ved Roar A. Lund har bidratt med støtte til vår forskningsaktivitet på betydningen aluminium i brakkvann for utvandrende anadrom fisk.

Grimstad, februar 2013

Frode Kroglund

Innhold

Sammendrag	6
Summary	8
1. Innledning	10
2. Områdebeskrivelse	13
3. Fiskematerialet; merke- og deteksjonsmetoder	16
3.1 PIT-merking av smolt i 2009 og 2010	16
3.2 Passive integrerte transpondere (PIT)	16
3.3 PIT-antennar	17
3.3.1 Stasjon: PIT- 1870	18
3.3.2 Stasjon: PIT-Angelstad	19
3.3.3 Stasjon: PIT-Trappa	20
3.4 Smoltgrupper - behandlinger	22
3.4.1 Behandlingsgrupper	22
3.4.2 Antall smolt satt ut i 2009 og 2010	24
4. Karakterisering av smoltutvandringsperioden; 2009 og 2010	27
4.1 Tidspunkt for smoltutvandring	27
4.2 Vannføring og temperatur i utvandringsperioden 2009 og 2010	27
4.3 Salinitet i brakkvannsområdene, 2009 og 2010	28
4.3.1 Songevatn til Sandnesfjorden	28
4.3.2 Dato elvevandrende fisk ankom Songevatn (brakkvann)	30
4.3.1 Perioder av brakkvannsmiljø i forhold til smoltutvandring	30
4.3.2 Gjelle-Al, 2009 og 2010	31
4.3.3 Vanntemperatur og salinitet i kystvannet 2009-2012	31
5. Vannføring og temperatur under innvandringsperioden for laks i 2011 og 2012	33
6. Gjenfangster av laks i 2011 og 2012	35
6.1 Deteksjon- oppvandring	35
6.2 Gjenfangst av voksen laks fra smoltårgangene 2009 og 2010	35
6.3 Gjenfangstlokaliteter	36
6.4 Datoer for oppvandring	37
7. Smolt til voksen overlevelse fra 2009 og 2010 smoltårgangen	39
7.1 Lengdebestemt overlevelse	39
7.1.1 Utsettingsgruppene i 2009 og 2010	39
7.1.2 Smoltlengde til laks gjenfanget etter sjøopphold	40
7.2 Overlevelse fra smolt til voksen (SAR)	41
7.2.1 SAR; smoltårgang 2009	41
7.2.2 SAR; smoltårgang 2010	42
7.3 Estimert oppvandring av gytelaks i Storelva i 2012 ut fra andel smolt som ble merket og gjenfangst av laks	45

7.4 Estimert oppvandring av gytelaks i Storelva ut fra SAR, behandling og smoltårsklasse	46
8. Diskusjon	48
8.1 Problemstilling	48
8.2 Sjøoverlevelse	49
8.3 SAR estimat for hver behandlingsgruppe	50
8.4 Fangst i andre elver og fisk fanget i kilenot	51
8.5 Alternative hypoteser	52
9. Konklusjon	54
10. Referanser	55
Vedlegg A. Deteksjonssannsynlighet på PIT-antennene	58
Vedlegg B. Oppvandring voksen fisk	63
Vedlegg C. Utsettingsgrupper, antall smolt satt ut i 2010 og gjenfangster av disse i 2011 og 2012	69
Vedlegg D. Smoltutvandringsdata, 2005 til 2012	70
Vedlegg E. Rapportert fra prosjektet	71

Sammendrag

Al i brakkvann kan påvirke en rekke organismegrupper, herunder oppdrettslaks. Denne dør hvis konsentrasjonen av Al på gjellene overstiger kritiske grenser. Prosjektet i Storelva startet i 2003 for å avklare om Al i brakkvann kunne påvirke smoltoverlevelse. Dette hadde fokus i perioden 2003 til 2008. Kun i et fåtall tilfeller har det vært mulig å knytte Al i brakkvann til påviselige fysiologiske skader eller dødelighet. Dette inntreffer først når gjelle-Al konsentrasjonen overstiger ca 500 µg/l. Konsentrasjonen av Al på fiskens gjeller var normalt betydelig lavere enn dette. Fravær av entydige fysiologiske responser gjorde det usikkert om Al i brakkvann hadde noen økologisk relevant effekt og påvirket smolt til voksen laks retur ratio (SAR). Det ble i 2007 og 2008 igangsatt telemetriundersøkelser for å avklare om Al påvirket vandringsatferd. Det ble her observert samvariasjon mellom redusert utvandring og tilstedeværelse av akkumulert Al i brakkvann. Under ugunstige forhold kunne andelen av smolten som nådde kyststrømmen bli redusert med inntil 50 %. Det ble derfor i 2009 igangsatt et merkeprogram hvor målet var å fastslå om Al i brakkvann påvirket SAR.

Lakessmolt ble påført passive integrerte transpondere (PIT)-merker i 2009 og 2010. Det ble etablert grupper, hvor noen smolt måtte utvandre gjennom brakkvannsområdene (belastningsgruppene), andre ble transportert forbi (kontrollgruppene). Smolt satt ut i 2009 og 2010 tilbakevandret til Storelva i 2010, 2011 og 2012. Tilbakevandring registreres på egne antenner. Disse vil påvise når en merket fisk passerer. I 2010 og 2011 er tilbakevandring kun dokumentert i elvemunningen. I 2012 er det benyttet flere antennestasjoner, etablert for også å dokumentere vandring av ål. Bruk av flere antennestasjoner har gitt betydelig sikrere data. Vi påviste 85-100 % av fisken som oppvandret i Storelva, hvor variasjon i deteksjon var knyttet til antall antenner benyttet. I tillegg fikk vi tilsendt merker funnet i fisk fanget under sportsfiske og i kilenøter.

Av smolt satt ut i 2009 (n=1394) er det pr desember 2012 registrert 54 gjenfangster. Korrigert for deteksjonseffektivitet på PIT-antenna i elvemunningen (stasjon 1870) har vi en gjenfangst på ca 64 laks. Av smolt satt ut i 2010 (n=5346) er det pr desember 2012 registrert 225 gjenfangster. Korrigert for deteksjonseffektivitet på PIT-1870 har vi en gjenfangst fra 242 laks. Begge år er 89 % av gjenfangstene gjort i Storelva. Uten å ta hensyn til forskjeller knyttet til behandlingsgruppe, var SAR i området 4,5 % begge årene.

Det var store forskjeller i SAR mellom behandlingsgruppene satt ut i 2009. Mens SAR beregnet for hele sesongen var på 3,4 % for belastningsgruppen, var SAR på 5,3 % for biltransportert kontrollfisk. I 2010 var forskjellene små mellom de fleste gruppene. Mens SAR var på 5,0 % og 5,3 % for belastningsgruppene, var SAR på 5,0 % for slept kontrollfisk og på 3,4 % for biltransportert kontrollfisk. Det var ingen forskjell i SAR mellom utsettingsgruppene når salinitet var < 0,9 psu. Når fjorden var vedvarende dominert av brakkvann med salinitet i intervallet 0,9 til 3 psu (som i 2009) var det stor forskjell i SAR mellom utsettingsgruppene. Når salinitetsnivået 0,9 til 3 hadde kort varighet som i 2010 var det ingen forskjell i SAR mellom gruppene.

De observerte forskjellene kan ikke forklares ut fra vannkjemi i elva, tidspunkt for når smolten ble satt ut, predasjon i tidlig sjøfase og lakselus. Utsettingsmetode kan ha påvirket gruppeforskjeller i SAR. Det har tilbakevandret færre biltransportert smolt enn slept smolt.

I forhold til de kjente påvirkningsfaktorene gjenstår Al i brakkvann som forklaringsvariabel. Effekten av Al i brakkvann i forhold til SAR var større i 2009 enn i 2010 til tross for at mer Al ble akkumulert på fiskegjellene i mai 2010. Dette tilsynelatende paradokset kan forklares med hvordan salinitetsnivået i de indre fjordområdene utviklet seg utover i sesongen. Mens saliniteten forble på et nivå hvor Al vil ha vært biotilgjengelig og hemmet utvandring (jfr atferdsstudiene i 2007 og 2008) utover forsommeren

2009, økte salinitet til nivåer hvor Al ble eliminert i 2010. Al Selv om smoltutvandringen kan ha blitt hemmet i av Al i mai 2010, kan denne smolten ha gjenopptatt vandring når salinitet mot slutten av mai økte forbi nivåer som fører til Al-akkumulering. Smolten vil da ha ankommet kystvannet noe forsinket, men ikke nødvendigvis for seint i forhold til å overleve normalt fra smolt til laks.

Vi har til nå data fra to smoltårsklasser (2009 og 2010). De to årene har gitt ulike resultat, hvor forskjellene kan knyttes til forskjeller i brakkvannsmiljø. Resultatene hittil viser at vi ikke kan utelukke en betydelig bestandspåvirkning. Tilstedeværelse av aluminium i brakkvann er dokumentert i flere fjorder i Hordaland og Rogaland. Her er det vanskeligere å skille effektene av Al på SAR fra effekter knyttet til lakselus.

Det konkluderes med at Al i brakkvann har et stort påvirkningspotensiale, men at graden av påvirkning kan variere mellom år. Kunnskap om denne påvirkningsfaktoren er vesentlig for trusselvurdering av flere laksebestander i Sør-Norge. Det er fortsatt behov for ytterligere validering av dataene. Det ble merket og satt ut nye grupper smolt i 2012. Dette bør videreføres også i 2013.

Summary

Title: Smolt to adult salmon return rates following exposure to aluminum in an estuary

Year: 2013

Author: Frode Kroglund, Tormod Haraldstad, Thrond Haugen og Jim Güttrup

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-6227-8

Aluminum (Al) in the estuary can have a negative impact on numerous organism groups, including reared salmon kept in netpens. These die when gill-Al concentration exceeds 500 $\mu\text{g Al/g gill dw}$. The source for Al in the estuary is Al in freshwater. Al will exist on numerous forms and species in water, where only the cationic forms are associated with adverse impact. Forms of Al that have no negative impact on fish in freshwater are transformed to cationic and forms that are precipitated onto the gill in the estuary. Cationic Al accumulates onto the fish gill, initiating an array of various physiological and behavioral responses. We have from the study in Storelva established an empirical relationship between salinity, total-Al and accumulation of Al onto fish gills (**Figur 11**). Accumulation of Al onto, and gill-Al concentration increases rapidly when salinity increases from 1 to 4 psu. Concentrations decreases when salinity increases from 5 to 7 psu, to be low at salinities higher than 15 psu. Given the biological responses reported and the relationship between Al, salinity and gill-Al we could not exclude that Al would have a negative impact on migrating smolt within the estuary.

A project was initiated in 2003 to determine if smolt were affected during the estuarine passage. Based on caged fish, physiological and/or mortality was only observed on rare occasions over the years 2003 to 2008. In 2007 and 2008, smolt migration behavior was observed using acoustic tags. These studies demonstrated how smolt migration stopped when the fish entered salinities associated with Al accumulation. Based on these observations, the number of smolt entering the saline coastal waters could be reduced by as much as 50 %. A tagging program was established in 2009 to determine whether Al in the estuary would reduce smolt to adult return rates (SAR).

Wild salmon smolt of Storelva strain was caught in river Storelva using a rotary screw trap. The fish were tagged using passive integrated transponders (PIT)-tags in 2009 and 2010. Following tagging, groups of smolt were released in the river mouth (Al-exposure groups) or transported to and released in water having salinities > 20 psu (control groups). Smolt released in 2009 and 2010 returned to Storelva in 2010, 2011 and 2012. Returns were recorded using PIT-antennas at the river mouth (all years) and at additional stations up-river (2012 only). Detection of returning salmon to Storelva varied between 85 and 100%, where detection rate was highest when more than one detection station was used. In addition we have received PIT-tags found in fish caught outside of Storelva.

From the smolt releases in 2009 (n=1394), we have 54 returns so far. Corrected for antenna detection we estimate 64 returns. From the smolt releases in 2010 (n=5346) we have 225 returns so far. Corrected for antenna detection we estimate 242 returns. 89 % of all returns were in Storelva. The remaining fish were caught in one of three rivers; the neighboring river Nidelva, a more distant river Numedalslågen and in Örekilselven in Sweden.

There were large differences in SAR between the treatment groups in 2009. While SAR was 3.4 % for Al-exposed smolt, SAR was 5.3 % for car-transported control fish in 2009. If SAR is calculated for fish entering the estuary at different salinity levels, there was no difference in SAR when the fjord was dominated by freshwater and salinity was < 0.9 psu. As salinity increased to levels from 0.9 to 3 psu, SAR was reduced for the fjord migrants but not so for smolt released into the coastal waters. In 2010 the differences between groups were small (except car transported smolt). While SAR was 5.0 and 5.3 % for the Al-exposed groups, SAR was 5.0 % for smolt towed through the estuary and 3.4 % smolt transported to the release site by car. The observed differences cannot be explained water chemistry in

the river, timing of migration and release, predation in the estuary or salmon lice. Salmon lice are not a pressure outside Storelva and abundance and prevalence is normally < 1 lice pr. adult seatrout in summer. The release method had an effect, where towed control returned better than car-transported controls. This does not explain in-season variation.

Many of the more common causes for mortality at sea are most likely not present outside Storelva or their presence cannot explain between group differences. Al in the estuary can explain the observed variations. The effects of Al on SAR were more intense in 2009 despite bioaccumulation of Al being highest in 2010. This apparent paradox between dose and response can be explained by how salinity developed in June both years. While cationic forms of Al were present all of June 2009, salinity increased beyond levels associated with Al accumulation in late May 2010. In the behavioral study performed in 2007 and 2008, migration was impeded when salinity was at levels leading to high gill-Al concentrations. It can be assumed that the smolt run in 2009 was impeded, but that a migratory window opened late in late May/early June in 2010. SAR was thus not affected for the 2010 smolt run as opposed to the 2009 run. The difference in salinity development in 2009 and 2010 was due to differences in water discharge, being higher in 2009 than 2010.

The ecological effects of Al in the estuary are not only related to the concentration of cationic Al, but also to how water quality changes over time. A delayed entry into coastal water can make the post-smolt more prone to subsequent sea lice infestation. Al in the estuary can as such have unexpected impact beyond the more direct effect on migration and SAR.

1. Innledning

Laks påvirkes av mange menneskeskapt trusler (McCormick et al., 2009; Otero et al., 2011). Fra forsøk utført i ferskvann er det kjent at laksesmolt er særs følsom for ulike kjemiske påvirkninger og da i særdeleshet metaller, miljøgifter og pesticider (Rosseland & Kroglund, 2010). Forsuring forårsaket at laks ble utryddet fra de fleste elvene i Agder (Hesthagen & Hansen, 1991; Kroglund et al., 2002). Redusert forekomst og etter hvert utryddelse, skyldes i første omgang at laksesmolt som påvirkes av Al i ferskvann har svekket evne til å ioneregulere i saltvann (Kroglund et al., 2008; Staurnes et al., 1995). Svekket ionereguleringsevne i saltvann medfører at fisken dehydrerer og dør (Kroglund & Finstad, 2003; Kroglund et al., 2007a; Staurnes et al., 1996). Den økologisk relevante responsen er da adskilt i tid og rom i forhold til hvor belastningen inntraff. Tilsvarende forsinkede responser er også vist for en rekke metaller, miljøgifter og for pesticider (Moore, 2003; Moore et al., 2007; Rosseland & Kroglund, 2010). Foruten økt dødelighet knyttet til svekket hypo-osmotisk reguleringssevne skyldes økt dødelighet også at Al belastning i ferskvann innvirker på immunsystemet og reduserer motstandskraft i forhold til sekundære stressorer, f.eks., lakselus eller håndtering (Finstad et al., 2003; Finstad et al., 2007). Etter hvert som belastningen i elvene tiltok, vil årsak til tap av bestand endres fra redusert smolt til voksen retur rate i prosent (SAR) til at dødelighet inntreffer i ferskvannsfasen. Responsene på forsuring vil være relatert til kationisk Al i ferskvann og til Al konsentrasjon på gjellene (Kroglund et al., 2008). Gjelle-Al kan således benyttes som en indikator på vannkjemisk miljø.

Giftighet i forsuret vann kan motvirkes med kalking (Haraldstad & Matzow, 2005; Hesthagen et al., 2011; Sandøy & Langåker, 2001). Når vannet kalkes øker pH. pH økningen igangsetter en prosess hvor Al transformeres fra å foreligge på kationisk giftige former til å foreligge på former som ikke er gjelle-reaktivitet. Transformasjonsraten er pH og temperaturavhengig. (Kroglund et al., 2001; Teien et al., 2005; Teien et al., 2006). Kalking for laks ble igangsatt i Storelva i 1996 og samtidig som de andre store elvene i regionen. Mens fangst av laks økte etter kalking i de andre elvene, uteble denne økningen i Storelva. Dette vassdraget avviker således fra det som er observert i andre kalka elver. Fravær av økt laksefangst kan skyldes andre forhold enn surt vann. Ulike årsaker ble vurdert i 2003 (Kroglund et al., 2007b). Det ble ikke da påvist opplagte mangler i vassdraget, men det ble dokumentert med at fjordsystemene utenfor Storelva inneholdt akkumulert aluminium (Al), og at dette kunne påvirke preging og sjøoverlevelse til smolt og dermed være årsak til lav oppvandring av laks.

Det er siden 1993 kjent at Al i brakkvann påvirker og kan drepe oppdrettslaks i laksemærd (Bjerknes et al., 2003; Rosseland et al., 1998). Voksen laks dør når Al akkumulering på fiskens gjeller (i brakkvann) overstiger kritiske nivåer, hvor dødeligheten skyldes svikt i respirasjon som igjen resulterer i sprenge hjertes og fettguling (Bjerknes et al., 2003). Tilsvarende effekter i brakkvann er også påvist på laksesmolt i oppdrett når saltvann tilsettes produksjonsvannet for å øke salinitet (Rosseland et al., 2007). Foruten å påvirke laks er det også dokumentert effekter på torsk (Bjerknes mfl. 2005). Al i brakkvann er også et kjent miljøproblem utenfor Norge, og det er rapportert om effekter på fisk, krepsdyr, koraller, flerbørstemark samt tang og tare (Hyne & Wilson, 1997; Santos et al., 2011; Thake et al., 2003; Wilson & Hyne, 1997).

Ut fra dokumentasjon av sammenhengen mellom Al i brakkvann og overlevelse til oppdrettet laks, ble det antatt at villaks, og da i særdeleshet utvandrende laksesmolt kunne bli påvirket. Det ble seint på 1990-tallet igangsatt eksponeringsforsøk med laksesmolt i fjordene utenfor Vosso (Bjerknes et al., 2008; Kroglund et al., 2004). Samvirke mellom flere påvirkningsfaktorer gjorde at man ikke kunne skille effekter av Al i brakkvann fra f.eks. effekter av lakselus. Begge påvirket fisken i havet. Kunnskapsoppbyggingen på "effekter av Al i brakkvann" ble derfor overført til og videreført i Storelva. Her er det lite lakselus i fjorden om våren/tidlig sommer (Bjørn et al., 2009). Lakselus kan

derfor ikke benyttes som forklaring på lite laks. Det er heller ikke påvist mangler ved selve kalkingstiltaket eller andre forhold innenfor vassdraget som tilsier at svekket smoltkvalitet (i ferskvann) kan være årsak til lavt innsig av laks til Storelva. Når metallnivåene målt på gjeller i brakkvann utenfor Storelva i 2003 var på et nivå som i ferskvann medfører omfattende fysiologiske responser og dødelighet kunne det ikke utelukkes at smolt ble skadet også i brakkvann. Det var imidlertid uklart om dose-respons sammenhengene var som for ferskvann, eller om disse avvek på grunn av høyere pH og ionestyrke i brakkvann. Fisk eksponert i bur er samtidig frarøvet unnvikelsesatferd og kan følgelig ikke forflytte seg vekk fra belastende områder. Fra kunnskap om at Al i brakkvann hadde en negativ påvirkning av fisk i fangenskap, kunne man ikke konkludere med at Al i brakkvann ville påvirke overlevelse til utvandrende smolt. Dette er dokumentert og diskutert i de ulike årsrapportene fra Storelva (se vedlegg I) samt i de årlige FoU kalkingsrapportene til Direktoratet for naturforvaltning (DN).

Al i brakkvann har siden 2003 fremstått som den mest sannsynlige årsaken til redusert innsig av laks til Storelva. Årsaks-virkningsmekanismene er etter hvert rimelig godt kjent. Det er samtlige år påvist sammenhenger mellom endring i tilstandsform til Al og salinitet, hvor økt mobilisering av kationisk Al gir økt påslag av Al på fiskens gjeller. Kun i et fåtall tilfeller har det vært mulig å knytte Al i brakkvann til påviselige fysiologiske skader eller dødelighet. Dette inntreffer først når gjelle-Al konsentrasjonen overstiger ca 500 µg/l. Konsentrasjonen av Al på fiskens gjeller var normalt betydelig lavere enn dette. Fravær av entydige fysiologiske responser gjorde det usikkert om Al i brakkvann hadde noen økologisk relevant effekt. Samtidig var det usikkert om vi målte på de rette responsene. Måleprogrammet var forankret i kunnskap fra ferskvann.

Det ble observert «svimete» smolt i Songevatn i 2005. Det ble da fremsatt en hypotese om at Al påvirket adferd og hemmet smoltutvandring og at denne responsen inntraff før det var påvisbare endringer i blodverdier eller gjelleenzymer. Det ble i 2007 og 2008 igangsatt telemetriundersøkelser for å avklare om Al påvirket vandringsatferd. Det ble her observert samvariasjon mellom redusert utvandring og tilstedeværelse av akkumulerbart Al i brakkvann (Kroglund mfl, 2011bc). Det ble ut fra dette konkludert med at hemmet utvandringsatferd forårsaket av Al kunne være årsaken til at færre smolt nådde havet og at overlevelse fra smolt til voksen laks dermed ble redusert. Denne responsen på atferd var mest fremtredende når saltnivået i fjordbassenget utenfor elvemunningen var mellom 1 og 7 psu. Observasjonene fra akustisk merka smolt tydet på at Al i brakkvann kunne halvere antall smolt som nådde kyststrømmen. Under mer gunstige forhold (<1 og > 10 psu) ville reduksjonen ha vært mindre dramatisk. Atferd til enkeltfisk fra disse studiene er senere modellert (Diserud et al.). Sammenhengene var imidlertid ikke tilstrekkelig entydige til at årsak-virkningsrelasjoner kunne modelleres og fremstilles på en enkel måte. Dette skyldes sannsynligvis at salinitet og dermed akkumulerbarhet til Al i brakkvannsområdene er dynamiske og at modellene ikke klarer å fange opp daglige svingninger i vannkvalitet. Mens gjelle-Al konsentrasjon kan mangedoble seg i løpet av 6 timer når fisk eksponeres under forhold Al akkumuleres, kan konsentrasjonen halveres i løpet av 6 timer når fisk flyttes fra akkumulerende til ikke-akkumulerende forhold. Selv om disse prosessene er raske, vil det likevel kunne være misforhold mellom Al konsentrasjon i vannet og gjelle-Al når man prøvetar fisk i systemer Al konsentrasjon kan variere betydelig gjennom døgnet som følge av døgnvariasjon i salinitet. Mens salinitetsnivået i brakkvannsområdene i hovedsak bestemmes av vannføring i elva (Storelva pluss Steavassdraget) skyldes daglig svingninger i salinitet og akkumulerbarhet til Al grad av marine påvirkning. Denne vil variere med flo/fjære samt vindeksponering. Selv om Al i brakkvann kunne hemme utvandring til halvparten av fisken, utvandret den andre halvparten. Det var således fortsatt usikkerheter knyttet til tolking av data og hvilken bestandseffekt dette hadde.

Det var et ønske om å få sikrere tall på faktisk sjøoverlevelse, for på denne måten kunne integrere summen av økologisk relevante påvirkninger fra smolt til tilbakevandrende laks. For å løse dette ble laksesmolt merket med passive integrerte transpondere (PIT-merker) og satt ut i elva og på ulike steder i fjorden i 2009 og 2010 (Kroglund mfl. 2011d,f). PIT-merkene er individmerker som her

benyttes til både å beregne smoltproduksjon og smoltoverlevelse innen vassdraget og til å fastslå nivået på tilbakevandring av laks etter sjøopphold. Gjenfangst av merket fisk gjøres på PIT-antennes. Disse registrerer merkets id og passeringstidspunkt. PIT-teknologi har vært vanlig brukt i USA siden 1987 og vurderes som en mer skånsom merkemethode enn bruk av utvendige merker (for eksempel Carlin). Ulempen med PIT-merker i forhold til f.eks. Carlin-merker er at PIT-merkene ikke er synlig utenpå fisken. Dermed vil de ikke i samme grad kunne påvises i laks som er fanget utenfor vassdraget. Fordelen med PIT er at gjenfangst er uavhengig av sportsfiskerinnsett og fangstperiode. Gjenfangst kan gjøres 24 t i døgnet, hele uka og så lenge deteksjonssystemene er operativt og uten at fisken må innfanges på nytt. Gjenfangster utenfor Storelva vil være mer tilfeldig.

Grupper av PIT-merket smolt ble i 2009 og 2010 enten eksponert for eller beskyttet mot Al i brakkvann. Mens smolt som ble satt ut i elva eller i de indre fjordområdene kunne bli eksponert for Al under utvandring (eksponeringsgruppene), ville smolt som ble transportert og først satt ut i saltvann (slep eller biltransportgruppene) være beskyttet mot effektene av Al. Slep og bil fungerer her som kontrollgrupper. Samtidig er ikke valg av transportmetode ukomplisert. Mens en biltransport kan øke overlevelse, kan dette skje på bekostning av økt feilvandring (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød et al., 1988; Heggberget et al., 1991). Feilvandring kan være vanskelig å påvise med PIT-metoden såfremt det ikke legges opp til metoder for å undersøke fisk også i nabovassdrag. Slep anbefales normalt fremfor biltransport fordi slept fisk preges til hjemmeelv. Når slep foregår i brakkvann med Al kan smolten likevel eksponeres for eventuell Al i brakkvann under slepet. Al i brakkvann langs sleperuten kan således påvirke preging og dermed også gi økt feilvandring. Slep er ikke en fullverdig kontroll før metoden er evaluert. For å sikre best mulig data og grunnlag for en slik evaluering ble både biltransport og slep benyttet som utsettingsmetode i 2010. Dette ble repetert i 2012. Data fra den utsettingen vil først foreligge i 2013 og 2014.

Det er i 2011 og 2012 dokumentert tilbakevandring av smolt merket i 2009 og 2010. Sjøoverlevelse tom 2011 er rapportert tidligere (Kroglund et al., 2012). Her ble det konkludert med at det var små forskjeller mellom gruppene når smolten utvandret i brakkvann som var lite påvirket av Al, men at forskjellene mellom belastningsgruppene og kontrollgruppene tiltok når Al konsentrasjonen i brakkvann økte. Antall smolt som tilbakevandret fra 2010-utsettingene i 2011 var for få til at effekter av brakkvann kunne diskuteres. Siden da har det tilbakevandret mer laks, både fra 2009 og fra 2010-smoltårgangene.

I rapporten er fokus på gjenfangster i 2011 og 2012 av smolt PIT merket i 2009 og 2010. SAR knyttes opp til forhold smolten erfarte under utvandring i 2009 og 2010.

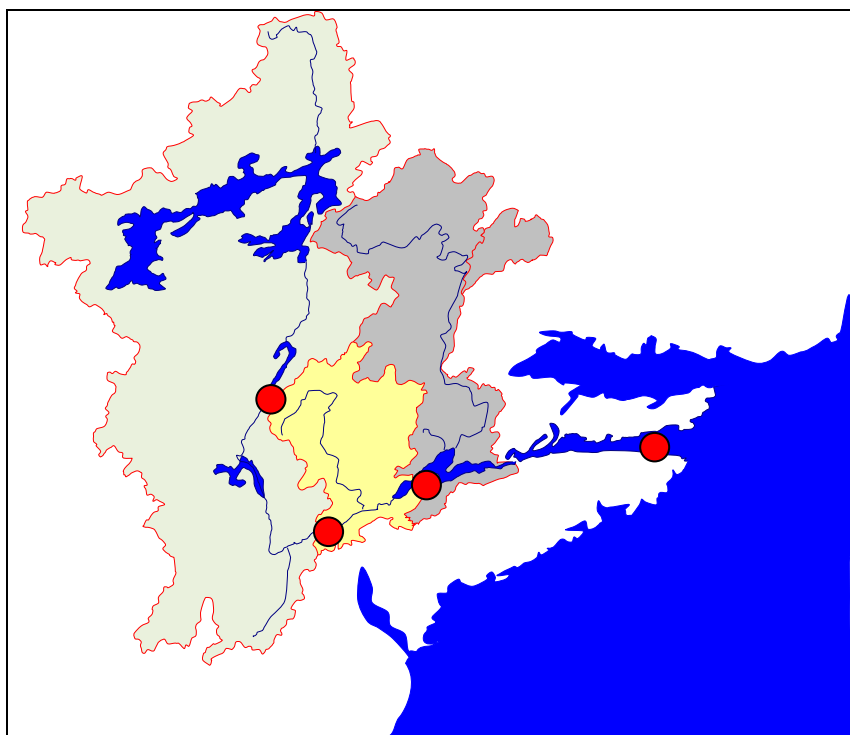
2. Områdebeskrivelse

Anadrom fisk kan vandre ca 20 km opp Storelva (**Tabell 1**). Nedbørsfeltet til Storelvavassdraget oppstrøms Fosstveit er på 350 km² (**Tabell 1**). Fra Fosstveit til elvemunningen øker arealet med 58 km². Storelva og nabovassdraget Steaelva renner inn i Songevatn (

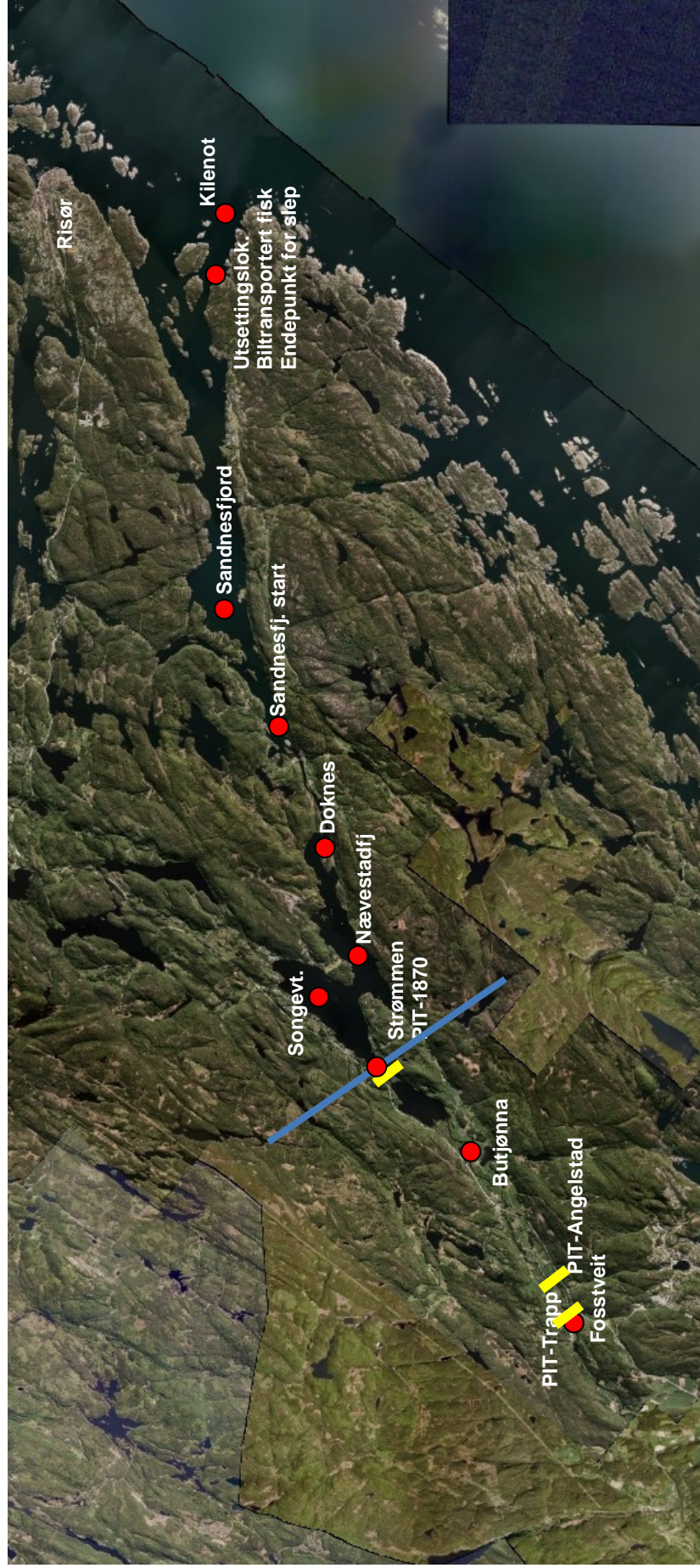
Figur 1 **Error! Reference source not found.**). Begge elvene vil bidra til og påvirke vannkvalitet i de indre fjordområdene; Songevatn og Nævestadfjorden. Steavassdraget bidrar til ca 20 % av ferskvannstilførselen til Songevatn (**Tabell 1**). Songevatn er adskilt fra Nævestadfjorden gjennom et bredt sund (**Figur 2**). En lang kanal (Lagstrømmen) skiller Nævestadfjorden fra Sandnesfjorden. Sandnesfjorden inneholder normalt vann saltere enn 20 psu. Saliniteten i Songevatn og Nævestadfjorden varierer i området 0 til 15 psu hvor nivåene avhenger av ferskvannstilførsel samt av påvirkning fra Skagerrak og kyststrømmen (Tjomsland & Kroglund, 2010).

Vannføringen til Songevatn vil være ca 124 % av det som måles ut av Storelva.

Songevatn (1.25 km²) og Nævestadfjorden (1.2 km²) har en relativt stabil salinoklin på ca 5 m. Salinoklinen vil i liten grad variere med vannføring da denne i hovedsak styres av terskelen i Lagstrømmen. Salinitetsnivået over 5 m dyp vil variere med vannføring i elvene og graden av marin påvirkning. Tidevannsvariasjonen i området er beskjedent og normalt på omkring 20 cm. Overflata til de to indre fjordbassengene er på 2,51 km². Det sirkulerende vannlaget er på 12,6 mill. m³. Fra munningen av Storelva må smolten vandre 1,5 km før den når Nævestadfjorden og 5,7 km før den ankommer Sandnesfjorden. Sandnesfjorden er adskilt fra Nævestadfjorden med en 1,3 km lang, 20 til 30 m bred og ca 4 m dyp kanal. Kanalen ble gjort dypere på slutten av 1800-tallet for å åpne for skipstrafikk. Sandnesfjorden er 10,3 km lang.



Figur 1. Kart over Storelva med nedbørsfelt, fjordsystemet og kystlinjen. Felt farget grønt tilhører Storelva (Vegårvassdraget), gult Skjerka og grått Steavassdraget. Steavassdraget renner inn i Songevatn Lokalteter merket med sirkler representerer fra venstre mot høyre kalkingsanlegget, Fosstveit kraftverk, elvemunningen og fjordutsettingslokalitet for smolt.



Figur 2. Kart over de viktigste arbeidsområdene. PIT-stasjoner er markert med gul strek. Grense elv/brakkvann er vist med blå strek. Sentrale arbeidssteder er markert med prikk og navn. Det henvises til de enkelte årsrapportene for detaljinformasjon for hver enkelt lokalitet og år. Lokaliteter viktig for oppvanding i 2012 er gitt utvidet presentasjon senere i rapporten (Grunnlagkart fra Norge i Bilder.).

Tabell 1. Avstander mellom sentrale punkter i Storelva. Avstandene er akkumulert fra øverst i anadrom strekning til elvemunningen. Delfeltarealer og spesifikk avrenning og vannbidrag innenfor Vegårvassdraget er beregnet. Vannbidrag fra Steaelva er antatt å være proporsjonal til Storelva.

	Strekning (km)	Akkumulert avstand innenfor elv (km)	Areal (km²)	Arealbidrag %	Vannføringsbidrag %
Anadrom stopp - Ubergsvatn	3,8	3,8			
Ubergsvatn - Vassenden	2,6	6,4			
Vassenden - Hammerdammen	2,6	9,0			
Hammerdammen - Fosstveit	4,6	13,6	350	86	87
Kraftverket - Angelstad	0,7	14,3			
Angelstad - Lundevatn	4,3	18,6			
Lundevatn - Lundevatn utløp	1,3	19,9			
Lundevatn utløp til Strømmen	0,12	20,0	58	14	13
Sum areal Storelva			408	100	100
Steavassdraget			97		+24 %
Sum vassdragsfelt til Songevatn			506		124 %

3. Fiskematerialet; merke- og deteksjonsmetoder

3.1 PIT-merking av smolt i 2009 og 2010

Det er i perioden 2003 til 2010 gjennomført et omfattende overvåkingsprogram i elva samt i den utenforliggende fjorden. Data relevant for smoltårgangene 2009 og 2010 presenteres i en forenklet form i denne rapporten. Det henvises til årsrapportene for ytterligere detaljer og data fra tidligere år. En liste over årsrapporter er gitt i vedlegg D. Sentrale lokaliteter er angitt i **Figur 2**.

Fangstlokalitetene og –metodene er beskrevet i årsrapporter for 2009 og 2010 (Kroglund mfl. 2011d,g). I 2009 var den viktigste fangstlokaliteten ved elvemunningen. I 2010 var denne 6 km høyere opp i elva. Begge år ble det merka smolt som var fanga inn med bruk av smolthjul.

Fisken ble i 2009 og i 2010 merket med bruk av passive integrerte transpondere (PIT-merker). Formålet med PIT-merkingen var å fastslå om AI i brakkvann reduserte sjøoverlevelse. For å få gode tall for tilbakevandring måtte merkemethoden kunne påvise individspesifikk tilbakevandring. For å sikre at vi kunne påvise tilbakevandring hele oppvandrings sesongen måtte metoden være uavhengig av sportsfiskerinnsetts. Med PIT-merker kan gjenfangst gjøres uten at fisken må innfanges og håndteres på nytt. Gjenfangst er således uavhengig av fangstinnsetts og fiskesesong. Hvis antennene (metoden for å påvise gjenfangst) har 100 % deteksjon, vil PIT-metoden samlet fungere som en heldekkende felle. I praksis vil noe fisk kunne unnsnippe deteksjon. Deteksjonseffektivitet må derfor karakteriseres.

Estimat av SAR (smolt til adult retur rate som prosent; sjøoverlevelse) forutsetter kunnskap om antall smolt som utvandret og at antall laks som tilbakevandret, feilvandret eller som ble fangst i kystfisket kan fastsettes med rimelig sikkerhet. Det er i rapporten lagt vekt på å etablere mest mulig sikre estimat for antall utvandrende smolt og for innvandrende voksen. Kunnskap om deteksjonseffektivitet angir sannsynlighet for å påvises ut av eller inn i vassdraget. Det ble iverksatt tiltak for å undersøke laks fangst i andre elver enn Storelva for å få et mål for feilvandring. Funn av PIT-merket laks i fisk fanget utenfor Storelva vil likevel være tilfeldig og underrapportert. Antall gjenfangster i 2010, 2011 og 2012 er beregnet ut fra fisk påvist inn i Storelva (korrigert med deteksjonseffektivitet til de ulike PIT-antennene utplassert i elva), og ut fra opplysninger om fisk fanget utenfor elva. Samlet gir dette gjenfangstantallet som benyttes i SAR-estimatet. Fordi deteksjonseffektivitet til PIT-antennene er vesentlig for kvalitet på grunnlagstallene, er effektivitet for alle antenner gitt i vedlegg A.

Mens antall PIT-merka smolt satt ut i brakk/saltvann er kjent er antall smolt som utvandret elva estimert. Estimaten på antall smolt som utvandra fra elva, er basert på estimater for overlevelse (med bruk av programvaren MARK), fra deteksjon i PIT-antennen i elvemunningen samt fra fangst i smolthjul. Selve metodene og beregningene er gitt i årsrapport fra 2010 (Kroglund m.fl. 2011f).

3.2 Passive integrerte transpondere (PIT)

I prosjektet benyttes Radio frequency identification (RFid) til å påvise oppvandring av voksen laks merket som smolt. Når et PIT-merke passerer en antenne vil merket aktiveres og sende fra seg en unik tallkode. Denne kan fanges opp av en PIT-antenn og lagres i en datalogger sammen med klokkeslett og antennennummer. Utstyr til antennene er levert fra Oregon RfiD, Portland, Oregon, USA.

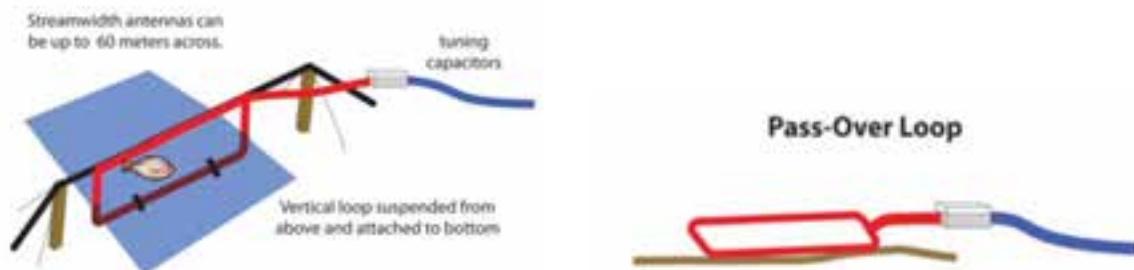
Vi har benyttet ISO 11784/11785 kompatible HDX PIT-merker med 64 bits unik ID kode. Merkene er 23 mm lang, har en diameter på 3,85 mm og veier 0,6 g i luft. Disse merkene vil kunne påvises over større avstander enn mindre merker. Merkene plasseres i fiskens bukhule og har en levetid som er betydelig lengre enn fiskens levetid. Fisken ble bedøvd før merking og holdt til restituering i fra 12 til 24 timer før utsetting. Vi har tidligere erfart at eventuell merkedød inntreffer først flere (>6) timer etter

merking. Fisk som døde før utsetting inngår ikke i utsetningsgruppene. Merkedød er normalt meget lavt.

3.3 PIT-antenner

En antenne for lavfrekvent RFID må ha form av en sløyfe for å generere et magnetfelt. Dette magnetfeltet aktiverer PIT-merket slik at merket sender ut sin id: kode. Magnetfeltet vil aktivere et PIT-merke uavhengig av hvilken side av antenna det er på. Deteksjonsområdet er dermed 2x deteksjonsavstanden. Antenner kan plasseres som en sløyfe langs elvebunnen (flatbed; liggende antenne) eller som en stående sløyfe (swim trough loop; stående antenne) (**Figur 3**). En liggende antenne vil ha kort rekkevidde (det går lite fisk under antenna), men er mer robust i forhold til mekanisk slitasje enn en stående antenne. I Storelva ble en stående antenner benyttet i elvemunningen. I 2012 ble det etablert to liggende antenner lenger opp i elva. Disse hadde som formål å detektere nedvandrende ål, men påviste også annen merka fisk som passerte. Vi benytter her data fra disse til å validere deteksjonseffektivitet til stasjon PIT-1870 og til å beregne vandringshastigheter innen elva.

Antennekabel type og -kvalitet er kritisk for antennefunksjonen. Generelt kan man bruke tynne kabler til små antenner mens man må ha tykkere kabler for større antenner. Antennesløyfa må generere et magnetfelt som faller innenfor det som er innstillingsområdet som er spesifisert av lese-lagringsenheten. Dette måles som induksjon. Induksjonen må være innenfor 8 og 80 μH ($\mu\text{Henries}$). Induksjon endres ved å endre antennelengde, form og kabeltykkelse. Kablene benyttet i 2012 har vært på 6 eller 50 mm^2 .



Figur 3. Illustrasjon av en stående antenne (venstre) og liggende antenne (høyre). Illustrasjoner fra Oregon RfId.

Antenne- samt leserenheten må ha støyfri strøm. Dette oppnås enklest med batteri. Ettersom strøm forbrukes må batteri lades. Ladning kan foregå med solcellepanel eller med batterilader såfremt disse gir støyfrie signal. For å slippe usikkerheter knyttet til strømkilden har vi benyttet 2stk. 110 At batterier, hvor det ene lades mens det andre gir spenning til systemet. Erfaringsmessig bør batteri byttes minst ukentlig. Det måtte byttes batteri på de store antennene minst hver 3. dag.

Deteksjon eller påvisning av et merke kan hemmes av flere uavhengige årsaker.

1. Hvis antennen er dårlig stemt vil det være ett eller flere "hull" i magnetfeltet til antenna. Dette er områder en fisk (med PIT-merke) kan passere antenna uten å påvises. Bruk av 2 antenner reduserer sannsynlighet for denne type tap av deteksjon. Bruk av flere antenner innen samme elv gjør det mulig å estimere deteksjonseffektivitet.
2. Hvis to eller flere fisk ankommer antenna samtidig vil det kunne oppstå en kodekollisjon, hvor signaler fra ett merke kan blokkere for alle andre samtidig passeringer. Det kan også genereres falske koder. I forsøk ble det aldri påvist kodekollisjon såfremt det var > 20 cm mellom to merker (målt vinkelrett på antenna). Denne problemstillingen ble veldig viktig i 2012 når en

ørret plasserte seg mellom antennene i elveutløpet og forble der fra juni og ut året. Problemet med kollisjon synes mindre enn det som ofte rapporteres.

3. Antenna bruker strøm. Hvis strømkilden (her batteri) ikke skiftes hyppig nok blir spenningen for lav til å drifte antenna. Denne type driftssvikt informasjon lagres i loggerenheten. Enklere enn å avlese driftsloggen er å benytte signalgiversignalgiver. Denne avgir et signal hvert 30 minutt (egenvalgt hyppighet). Dette signalet skal loggføres i gjenfangstloggen hvis antenna fungerer.
4. Merket må forbli innenfor antennene deteksjonsområde lenge nok til å bli påvist. Antall ganger et merke kan detekteres innenfor en antenne beregnes som: Lavfrekvent elektrisk støy (fra dårlige antennekabler, strømkabler, elektrisk belysning, metaller i nærheten, datamaskinskjermer). Dette unngås med erfaring. Lader til PC er en sterk støykilde.
5. Ulike typer funksjonsfeil eller vanskelige driftsforhold som under flom. Antenna ble ved tre anledninger tatt av flom i 2012. Selv om dette ikke er ønskelig, gir slike feil verdifull erfaring i forhold til fremtidige antenner.

3.3.1 Stasjon: PIT- 1870

PIT-antennene ble satt i drift 12. april og tatt ned 16. oktober 2012. Stasjonen er utstyrt med to adskilte antenner. Antenne 2 var nærmest fjorden (**Figur 5**). Deteksjon sier i utgangspunktet ingenting om hvilken vei merket går. Tidsdifferanse mellom deteksjon på antenne 1 og 2 kan angi fiskens svømmeretning. I praksis har det vist seg vanskelig å tolke retning når fisken oppholder seg innenfor antenneområdet over timer til dager. Større avstand mellom antennene kunne gitt noe sikrere data her.

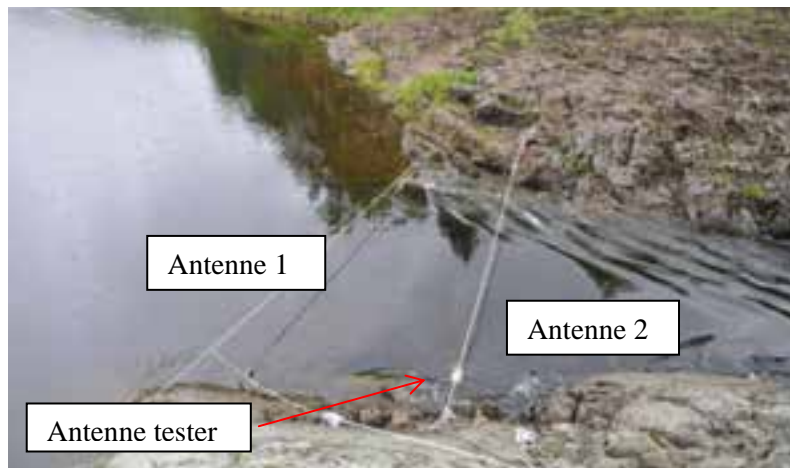
Antenne 1 var 9,0 m. lang (fra bredd til bredd) og antenne 2 var 8,3 m. Når elva går med 7,3 m³/s og vannhøyden angitt på NVE stasjon 18.4.0 er på 0,8m vil overflatestrekket til antenna ligge i vannskorpa. PIT-antenna vil detektere merker ca 20 cm over antenna eller opp til en vannføring på ca 10 m³/sek. Under flom kan oppvandrende fisk gå høyere enn dette og dermed passere over antenna uten å detekteres. Vannføring > 10 m³/sek kan forekomme før smoltutvandringen, men er sjeldent under utvandringsperioden. En liggende antenne vil ha vært mer følsom for endringer i vannstand enn det en stående antenne var.

Det kan forekomme opptil flere flommer med vannføring 10 m³/sek i løpet av sommeren og høsten. Ettersom antenna står i et stryk er det rimelig å anta at oppvandrende fisk vil vandre nærmere bunnen, hvor vannhastigheten er lavere. Det er gitt ytterligere informasjon om antennene og deres utforming i årsrapport fra 2011 (Kroglund mfl. 2012). Samme stasjon og antenneutforming er benyttet i 2009, 2010, 2011 og 2012.

Elvemunningen har en orientering mot nord-øst (**Figur 4**). Plassering av sol i forhold til elvemunning kan innvirke på klokkeslett fisk innvandrer. Lysforholdene er loggført og kan benyttes til å forklare variasjoner i oppvandringsatferd.



Figur 4. Kart over lokalisert av PIT-1870. I bildene er PIT antenna innenfor den gule sirkelen. Retning på elvemunningen er angitt. Grunnlagskart fra Norge i Bilder.



Figur 5. PIT stasjon 1870. Øverste del av antennesløyfa er synlig over vannflata. Antenne 2 er nederst målt i forhold til elvemunningen. Antenne testeren (signalgiver) er montert på antenna og sender et signal hvert 30 minutt. Dette signalet viser om antenna fungerer teknisk eller ikke. Foto: F.Kroglund.

3.3.2 Stasjon: PIT-Angelstad

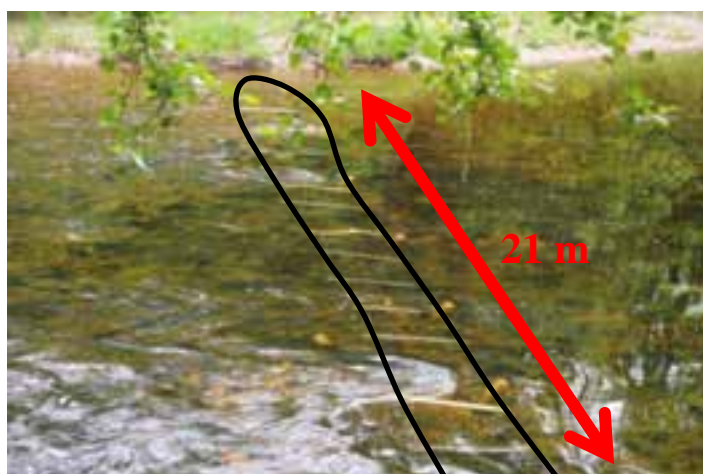
PIT-stasjon Angelstad ble etablert 15.mai 2012. Denne ble etablert for å dokumentere nedvandrende ål (NVE-støttet prosjekt). Ved å sette antenna ut tidlig kunne den også benyttes til å dokumentere oppvandrende fisk. PIT-Angelstad benyttes her primært til å teste deteksjonseffektivitet til PIT-1870. Samtidig kan vandrings tid fra passering av PIT-1870 til Angelstad estimeres.

Antenna er her laget som en liggende antenne med dimensjon 0,6 x 21 m. Antenna ble bygd i et rør. Den øverste delen av antenna (oppstrøms strekk) var forankret i elvebunnen, mens det nedre strekket lå 10-15 cm over elvebunnen. På denne måten kunne fisk passere både over og under antenna. Vi hadde full deteksjon ca 40-45 cm over og under antenna. Ved normal sommer vannføring er elva omtrent 22 meter bred og er ca 0,4meter dyp på det dypeste. Vannhøydeøkningen under flom er ikke målt. Det bør etableres en empirisk sammenheng mellom vannhøyde og vannføring for å kunne påvise dager hvor vi ikke vil kunne detektere fisk som svømte høyt i vannsøyla.

Det har ikke vært vesentlige driftsproblemer på stasjonen, men den bruker svært mye strøm. Dette førte til hyppig driftsstans frem til vi fikk løst strømforsyningen. Dette var ikke kritisk for prosjektet ettersom fisk kun skulle påvises inn i vassdraget (på stasjon PIT-1870).



Figur 6. Plassering av PIT-Angelstad. Fossveit kraftverk er til venstre i bildet. Grunnlagskart fra Norge i Bilder.



Figur 7. PIT-Angelstad. Denne antenna er 21 m lang og 0,6 m bred. Den er lagt tvers over elva. Foto: F.Kroglund.

3.3.3 Stasjon: PIT-Trappa

PIT-stasjon TRAPP ble etablert 18.juni 2012. Antennen ble etablert for å få erfaring med enkle antenner utplassert i et miljø med mye høyspent støy samt interferens fra kamjern i trappekonstruksjonen kunne påvirke deteksjon. PIT-Trappa benyttes her primært til å teste effektivitet til PIT-1870 og PIT-Angelstad. Samtidig kan vandrings tid fra passering av PIT-1870 til Angelstad til Trappa estimeres.

Antennen var plassert i det øverste trinnet i den gamle laksetrappa. Antennekonstruksjon var av type liggende antenne Når antenna var godt «tunet» kunne den detektere omtrent 40 cm over antennetråden. Fisk som vandrer under normal vannføring vil måtte passere antenna, men antagelig ikke oppholde seg på den over lengre tid. Den dypeste delen av trapperommet var utenfor antennens deteksjonsområde. Antenna var 0,6m bred og 3m lang.

Det var ofte driftsstans på stasjonen på grunn av strømbrudd. Hyppig driftsstans er ikke kritisk for prosjektet ettersom fisk skal påvises inn i vassdraget på stasjon PIT-1870.



Figur 8. PIT-antenne stasjon Trappa. Antenna var plassert i øverste trappetrinn. Her pågår det også videoovervåking av oppvandrende fisk i regi av grunneierlaget. Grunnlagskart fra Norge i Bilder.



Figur 9. PIT-antennesløyfa i Trappa er lagt på bunnen i trinnet og illustreres her med gul rektangel. Foto: F.Kroglund.

3.4 Smoltgrupper - behandlinger

Det er gitt detaljer vedrørende fangst, bedømmelse, merking og restituering i årsrapportene fra 2009 og 2010. Se vedlegg E for liste over årsrapporter. En forenklet presentasjon av smoltgruppene og hvorfor de ble etablert er gitt nedenfor for å dokumentere behandlingsgruppene.

3.4.1 Behandlingsgrupper

Problemstilling vi skulle belyse var om brakkvannsmiljøet påvirket sjøoverlevelse. Dokumentasjon av utvandringssatferd i 2007 og 2008 påviste hemming av utvandring, hvor hemmingen kunne knyttes til Al i brakkvann (Diserud mfl., 2012). Forsinket utvandring kan resultere i at postsmolten ankommer kyststrømmen for seint og at denne dermed har redusert sannsynlighet for overlevelse, men kan også forårsake økt dødelighet innen fjordsystemet. For å sikre at vi hadde smolt som kunne utvandre fjorden ble grupper av smolt satt ut innerst i Songevatn. Det ble også satt smolt ut i elva. Smolt som nedvandret elva uten hjelp måtte også utvandre fjorden uten hjelp. Disse behandlingsgruppene benevnes **fjordvandrende** smolt (må utvandre fjorden uten hjelp) og **elvevandrende** smolt (må nedvandre elva samt fjorden uten hjelp).

Utfordringen i slike forsøk er å etablere gode kontrollgrupper. Hvis kontrollgruppen ble etablert som fisk som utvandret fra et annet vassdrag vil forskjeller i fiskematerialet samt forhold i denne elva og utenforliggende fjord kunne påvirke resultatet. Dette ble forkastet som metode. Det var ønskelig å benytte fisk med likt opphav, hvor kontrollgruppene ble beskyttet i forhold til (her) fjordmiljøet. Kontrollgruppene ble etablert ved å transportere fisk forbi de antatte problemområdene. Mens smolt ble transportert med bil i 2009 og 2010, ble i slep inkludert som metode i 2010. Smolt kjørt med bil benevnes **biltransportert** smolt, mens smolt som ble slept ut benevnes **slept** smolt. Begge gruppene ble sluppet fri på samme lokalitet etter ca 1 døgn restituering.

Smolt som ble transportert vil foruten å føres forbi områder som kunne være påvirket av Al også være beskyttet i forhold til predasjon i fjorden. Smolt som måtte vandre fjorden uten hjelp vil kunne eksponeres for både predatorer og fjordkjemi. Det ble gjennomført et predatorfiske i fjorden i 2007 og i 2009 uten at vi her klarte å påvise smolt i magen til potensielle fiskepredatorer (Kroglund mfl., 2011b; 2011d). Sjøørret var den viktigste predatoren. Basert på data fra garnfisket i 2007 og 2009 samt opplysninger fra lokale fiskere er tetthet til predatorfisk normalt lavt i fjorden. Vi vurderer derfor ikke predasjon som en viktig årsak til redusert smoltoverlevelse. Man kan samtidig spørre: hvorfor er det lite predatorfisk i området?

De fleste undersøkelsene som rapporterer sjøoverlevelse og feilvandring er basert på bruk av anleggsprodusert smolt som er Carlin-merket (Carlin, 1969). Vi har benyttet villsmolt. Denne ble innfanget under nedvandring i elva med bruk av et smolthjul. Smolten i Storelva utvandrer normalt etter 2 år og er da 13 til 14 cm (range 11-20 cm). Vi har kun merket smolt > 12 cm. En fisk er her definert til å være en smolt hvis den var nedvandrende, hadde utseende til en smolt og var stor nok. Utvandrende smolt i Storelva er saltvannstolerant. Det har ikke vært dødelighet i saltvannsgrupper og fisken har hatt normal ionereguleringskapasitet i saltvann.

Biltransportert smolt

Både i 2009 og 2010 ble smolt kjørt med bil til Trollbergvika (ytterst i Sandnesfjorden) før de ble sluppet fri. Etter biltransport ble fisken holdt i en oppbevaringskasse i ett døgn på utsettingslokaliteten. Dette ble gjort for å redusere effekter av transportstress som anbefalt (Finstad et al., 2003). Det er tidligere publisert at biltransport av smolt gir økt feilvandring som følge av svekket preging på utvandringssatferd og hjemmevassdrag (Gunnerød et al., 1988; Heggberget et al., 1991). Vi kunne få en feilaktig lav SAR i forsøket som følge av dette. Denne effekten kan overskygge negative effekter av Al i brakkvann. Samtidig måtte vi vite at smolten ikke var påvirket av Al i brakkvann. Valget sto da

mellom bil og slep. Biltransport er betydelig raskere (20 min), enklere å gjennomføre og billigere enn et slep. Biltransport ble derfor benyttet som eneste kontroll i 2009-utsettingene.

Slept smolt

På grunn av usikkerheter knyttet til økt feilvandring av biltransportert smolt ble det gjennomført flere slep av smolt i 2010. Etter slep ble fisken holdt i en oppbevaringskasse i ett døgn på utsettingslokaliteten før de ble sluppet fri. Dette ble gjort for å redusere betydningen av transportstress (Finstad et al., 2003). Fisk som slepes ut Songevatn og Nævestadfjorden til Trollbergvika (ca 3 timer transport, 13,8 km slepelengde) skånes fra predasjon. Slep betraktes som en "riktigere" måte å transportere fisk ut en fjord på enn bruk av bil ettersom det antas at slept fisk preges på utvandringsruten (Gunnerød et al., 1988; Heggberget et al., 1991).

Slept fisk vil eksponeres for de belastende vannområdene under slepet. Vi kunne ikke utelukke at Al som kunne ble avsatt på fisken luktorgan under slepet ikke ville påvirke preging. Hvis luktorganet er viktig for preging, vil slep gjennom områder påvirket av Al også kunne gi høy feilvandring. Erfaringer fra slep vs biltransport fra utsettingsforsøk i Midt-Norge kan derfor være uriktig i fjordsystemer påvirket av Al.

Hvis Al påvirker preging, kan eliminering av aluminium i "saltere" vann medføre at preging gjenopptas og at fisken dermed preges på fjorden. Når det ikke er større naboelver i umiddelbar nærhet vil laksen kunne finne rett fjord til tross for at den var dårligere preget under utvandring enn ønskelig. Hvis imidlertid aluminium skader vev og vevsfunksjon kan preging være påvirket betydelig lengre enn eksponeringsvarighet. Slep trengte derfor ikke være en sikker kontrollgruppe når påvirkningsfaktoren er Al i brakkvann.

Fjordvandrende smolt

Fjordvandrende fisk representerer i forsøket den ene av gruppene som kunne bli påvirket av Al i brakkvann. Påvirkningen kunne innvirke på tidspunkt for utvandring samt overlevelse. Både i 2009 og 2010 ble smolt satt ut innerst i Songevatn og gitt en restitusjonsperiode i bur før de ble sluppet fri. Fjordvandrende smolt vil erfare fjordmiljøet i motsetning til smolt som hjelpes forbi (bil eller slep). Både aluminium i brakkvann og predasjon kan være forklaringsmodeller på eventuelle forskjeller i sjøoverlevelse. Ovenfor ble det gitt en begrunnelse for hvorfor vi antar predasjon er lite vesentlig innenfor dette vassdraget. Fjordmiljøet (her: Al i brakkvann) er heller ikke en statisk enhet. Smolt satt ut de ulike dagene vil derfor belastes ulikt. Hver utsettingsgruppe vil være for liten til å gi robuste estimat på overlevelse. Utsettingene er derfor periodisert i forhold til salinitet i fjorden. Periodene er angitt nedenfor.

Elvevandrende smolt

Smolt satt ut i elva må både vandre ned elva og utvandre fjorden uten hjelp. Elvevandrende fisk representerer i forsøket den andre av gruppene som kan være påvirket av Al i brakkvann. I 2009 ble det satt ut en liten gruppe PIT-merket smolt i elva nedstrøms Fosstveit. Disse ble satt ut for å estimere vandringshastigheter innenfor elva. Når vi har gjenfangster fra disse i 2011 og 2012 inkluderes de som utsettingsgruppe her. Antall fisk er så lavt at data herifra må tolkes med forsiktighet.

I 2010 ble et større antall smolt satt ut i elva (flere fangst/merke lokaliteter). Antall smolt som nådde elvemunningen var kun på 40 % av antall satt ut. På grunn av dette høye tapet er det lagt vekt på å få rimelig sikre estimat på antall smolt som utvandret forbi elvemunningen. Tap av smolt innenfor Storelva skjer som følge av gjeddepredasjon og redusert overlevelse nedstrøms kraftverket til turbinpassert smolt (Kristensen m.fl., 2010; Kroglund m.fl., 2011d,e,f).

3.4.2 Antall smolt satt ut i 2009 og 2010

2009 smolt

Behandlingsgruppene i 2009 er beskrevet i **Tabell 2**. De viktigste gruppene var smolt satt ut i elvemunningen (**fjordvandrende**) eller transportert med bil til Sandnesfjorden (**biltransportert**). Disse gruppene hadde lik håndtering og behandling fra fangst til og med merking og restituering. Deretter fikk gruppen som ble transportert med bil mer håndtering enn de som ble satt ut direkte i Songevatn. Et lite antall smolt ble satt ut i elva (**elvevandrende**). Overlevelse fra kraftverket til elvemunningen var på ca 70 %. Antall smolt som utvandret fra fjorden er satt lik antallet som ble merket korrigert for merkedød.

Tabell 2. Utsettingsgrupper i benyttet i 2009 (KV=kraftverk). Gruppen elvevandrende hadde som formål å studere vandringshastighet, ikke sjøoverlevelse. De er inkludert her fordi vi har gjenfangster etter sjøopphold fra disse.

Utsettingsgruppe	Fangst/merkested	Utsettingssted	Antall merket	Estimert utvandret	Merknader
Elvevandrende	Nedstrøms KV	Nedstrøms KV	224	176	70 % overlevelse til elvemunning
Fjordvandrende	Strømmen	Songevatn	603	603	
Biltransport	Strømmen	Trollbergvika	676	676	
Sum				1455	

2010 smolt

Smolt under nedvandring ble fanget på flere lokaliteter i 2010. Smolt fra alle fangstlokaliteter var med i alle utsettingsgruppene. Fisk ble innfanget for merking oppstrøms kraftverket (**O**), nedstrøms turbinløpet fra kraftverket (**T**) og ved Butjønna (**B**). Etter merking ble fisken enten satt ut nedstrøms merkelokaliteten, transportert til Songevatn (**So**), slept ut til Trollbergvika (**SI**) eller kjørt med bil til Trollbergvika (**Bi**) (

Tabell 3). Utsettingene er gjort så tilfeldig som mulig, hvor det var et ønske om at fisk fra alle fangststasjoner skulle settes ut på alle utsettingslokaliteter i fjorden hvor det samtidig ble tatt hensyn til fangstdato.

Antall smolt som ble satt ut i brakkvann/saltvann er kjent. Antall som utvandret fra elva er imidlertid mer usikkert og vil være avhengig av overlevelse innenfor elva. Det er derfor benyttet ulike datasett til å estimere dette tallet. Antall utvandrende smolt kan estimeres ut fra overlevelsesestimater. Overlevelse ble estimert med bruk av programvaren MARK (White 1999). Den totale overlevelsessannsynligheten fra kraftverket og helt ut Strømmen var på ca 0,55 for smolt som utvandret utenom kraftverksturbinen mens den var ca 0,38 for smolt som hadde passert via kraftverksturbinen. Smolt fanget og merka ved Butjønna hadde en overlevelse på 0,52. Basert på disse tallene utvandret 745 smolt. Ut fra dette overlevelsesestimater kan antall som utvandret fra de ulike gruppene estimeres.

Når man har data på både PIT-antennene samt smolthjul kan antall utvandrende smolt estimeres fra gjenfangster. Av 1883 PIT-merka smolt satt ut i elva ble 511 påvist på PIT-1870. Samlet ble det fanget 132 smolt i smolthjulet. Av disse var 97 både påvist på PIT-antenna og i smolthjulet. Det ble fanga 35 smolt i smolthjulet som ikke var påvist på PIT-antenna først. Smolthjulet fanga 19 % av smolten som var påvist forbi PIT-1870. Hvis hele gjenfangsten på 132 smolt utgjør 19 % av utvandringen, vil samla utvandring ha vært på 695 smolt.

Til sammen unnslopp 35 smolt deteksjon i PIT-antenna. Vi må kunne anta at disse også representerer 19 % av antall som passerte uten deteksjon. Samlet antall passeringer vi ikke påviste blir da på 184 smolt. En deteksjon av 511 smolt i forhold til estimert utvandring på 695 (511+184) smolt antyder en deteksjon på 73,5 % ved PIT-stasjonen. Ut fra denne deteksjonseffektiviteten kan antall som utvandret fra de ulike gruppene estimeres.

Det var to PIT-antennene på stasjonen. Mens antenne A1 påviste 80 % av alle passeringer i mai 2010, påviste A2 85 % av passeringene. Noe fisk kan ha passert begge antennene uten påvisning i forbindelse med strømbrudd samt tapping av data. Beregnes utvandring ut fra 80 og 85 % deteksjon utvandret det i størrelsesorden 600 til 640 smolt. Dette antallet er for lavt. Smolt vil ha utvandret også de periodene antenne ikke detekterte på grunn av strømstans.

Det må arbeides mer med metodeforståelse. Vi har ved å sammenligne PIT og smolthjul observert at smolthjulet ikke fanger likt gjennom hele perioden. Forskjellen kan ikke knyttes til vannføring, og synes styrt av temperatur og tidspunkt på døgnet smolten vandrer. Det må gjennomføres dedikerte metodeforsøk for å avklare dette ettersom dette har betydning for ulike estimater. Vi benytter 745 smolt som mål for antall PIT-merka smolt som utvandret fra elva ettersom dette estimatet er basert på flest observasjoner. Dersom vi hadde benyttet 695 smolt vil SAR ha blitt ca 7 % høyere.

Tabell 3. Utsettingsgrupper i 2010 (KV=kraftverk). Fangststasjonene i elva (O, T og B) ble merket og satt ut enten i elva eller transportert til Songevatn (So), til Songevatn og slept (SI) ut til Trollbergvika eller kjørt med bil (Bi) til Trollbergvika.

Utsettingsgruppe	Fangst/merkested	Utsettingssted	Antall satt ut	Overlev. %	Estimat utvandret fra overlev.	Påvist PIT 1870	Estimat utvandret PIT 1870	Påvist SH	Estimert utvandret SH
K-1	Oppst. KV	Oppst. KV	241	0,55	133	85	116	14	74
K-2	Oppst. KV	Nedst. KV	350	0,55	193	111	151	23	121
K-1 mvf	Oppst. KV	Nedst. KV	50	0,55	28	19	26	4	21
T-1	Oppst. KV	Oppst. KV	682*	0,18	123	102	139	44	232
T-2	Nedst. KV	Nedst. KV	168	0,38	64	48	65	14	84
Bu	Butjønnna	Butjønnna	392	0,52	204	146	199	33	174
S-elv	Strømmen	Strømmen	58	1,00	58	-	-	-	-
Sum elvevandret			1883		745	511	695	132	693
B-So	Butjønnna	Songevatn	94						
O-So	Oppst. KV	Songevatn	745						
T-So	Nedst. KV	Songevatn	412						
Sum Fjordvandret			1251						
B-SI	Butjønnna	Songvt/Trollbvk.	158						
O-SI	Oppst. KV	Songvt/Trollbvk	653						
T-SI	Nedst. KV	Songvt/Trollbvk	636						
Sum slep			1447						
B-Bi	Butjønnna	Trollbergvika	181						
O-Bi	Oppst. KV	Trollbergvika	1094						
T-Bi	Nedst. KV	Trollbergvika	630						
Sum bil			1905						
SUM antall			6496		5358		5309		5309

* Overlevelse er basert på antallet som først hadde passert turbinen levende. Turbindød er trukket fra antall satt ut i elva.

4. Karakterisering av smoltutvandringsperioden; 2009 og 2010

4.1 Tidspunkt for smoltutvandring

Når smolten forlater elva ankommer den fjorden. Når fjordmiljøet varierer mellom år og innenfor sesong og døgn og når tidspunktet for smoltutvandring varierer mellom år vil miljøet smolten ankommer variere både innen og mellom år. Smolt fanges på utløpet av Storelva når elvetemperaturen passerer ca 7°C. I 2009 skjedde dette 27. april. Smoltutvandringen i 2010 var 4 til 5 dager senere enn i 2009 (Tabell 4).

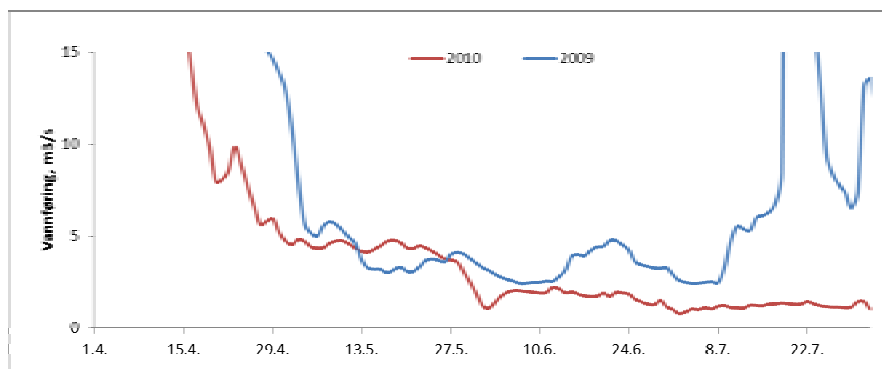
Tabell 4. Aggregert data for når elvetemperaturgrensene 7, 8 og 10°C ble passert i Storelva i 2009 og 2010, dato smolthjulet ble utplassert i Strømmen, dato for 1. smoltfangst og dato for når fangsten passerte 25, 50, 75 og 90 % av samlet påvist utvandring over Strømmen.

	2009	2010
Temp>7 °C	27. apr	27. apr
Temp>8 °C	29. apr	30. apr
Temp>10 °C	4. mai	9. mai
Fella satt ut dato	26. apr	1. mai
1. Smolt fanga	28. apr	1. mai
25 % fangst	10. mai	11. mai
50 % fangst	13. mai	17. mai
75 % fangst	16. mai	21. mai
90 % fangst	22. mai	26. mai

4.2 Vannføring og temperatur i utvandringsperioden 2009 og 2010

Vannføringen i Storelva er normalt avtagende under smoltutvandringen. Vannføringen var høyere i 2009 enn i 2010 frem til ca 13. mai. Deretter var forskjellene små fram til ca 27. mai. Fra da av avtok vannføringen ytterligere i 2010, men ble opprettholdt på 4 til 5 m³/s i 2009 (Figur 10). Disse forskjellene i vannføring vil påvirke salinitetsnivåene i Songevatn og i Nævestadfjorden.

Det var noe varmere vann i elva tidlig og seint i 2010 enn i 2009 (Tabell 5).



Figur 10. Daglige vannføringsmålinger (m³/s) i Lundevatn perioden fra 1. april til 1. august i 2009 og 2010. Vannføringen våren til sommeren 2009 var høyere enn i 2010.

Tabell 5. Midlere vanntemperatur i periodene 15. – 30. april, 1.- 14. mai og 15. – 31. mai årene fra 2003 til 2010. Perioder med vanntemperatur (<9 °C er markert med blå farge, 9 til 14 °C med grønt og > 14 °C med gult).

Periode	2009	2010	2011	2012
15. april - 30. apr	5,6	6,9	8,8	7,9
1. mai - 14. mai	11,8	10,9	11,8	11,6
15. mai - 31. mai	14,4	15,8	12,7	16,8

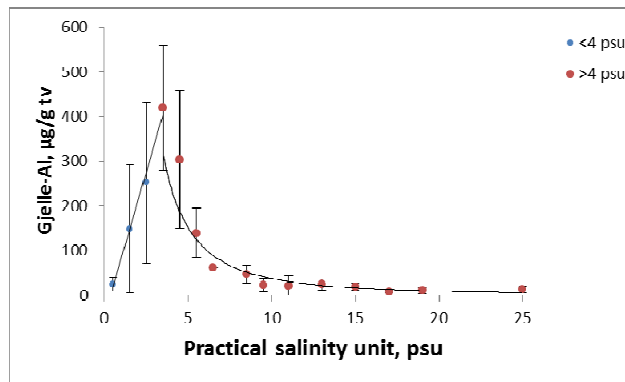
4.3 Salinitet i brakkvannsområdene, 2009 og 2010

4.3.1 Songevatn til Sandnesfjorden

Hovedutvandringen av smolt er over i løpet av et par uker om våren. I denne perioden vil salinitetsnivået i hele fjordsystemet variere både innenfor døgnet og mellom døgn når vannføringen og marin påvirkning endres. Det generelle trekket er at salinitetsnivået i de indre fjordområdene øker utover våren etter hvert som vannføringen i elva avtar. Økningen i salinitet observeres først ved Doknes (ytterste i Nævestadfjorden), deretter i Songevatn med noen få dagers tidsforsinkelse. Normalt er forskjellene i salinitet innenfor disse to fjordbassengene små (Kroglund mfl. 2011b; Tjomsland og Kroglund, 2010).

Det er i prosjektet etablert en empirisk sammenheng mellom salinitet og gjelle-Al. Akkumulering av Al øker først når salinitet har passert 0,9 psu. I salinitetsintervallet 1 til 3 psu forventedes økende påvirkning, hvor denne er høy i intervallet 3 til 5 psu for å avta når salinitet passerer 5 psu og blir lav når salinitet har passert 7 psu. Det påvises normalt ikke akkumulering av Al når salinitet har passert 10 psu. Ut fra slike sammenhenger har vi etablert seks ulike salinitetskategorier. Kategoriene skiller godt vann fra dårlig vann. Disse grensene benyttes her når effekter av Al i brakkvann evalueres i forhold til SAR (**Tabell 6**). Sannsynligvis vil målt konsentrasjon av Al på fiskegjeller også variere med mengde Al fjorden tilføres. Kategoriene nedenfor gjelder derfor kun når tilførslene av Al er på i området 100-150 µg total-Al.

Akkumulering av Al på gjellene er en rask prosess. De nivåer som måles etter 24 timer i renneforsøk (hvor belastningsnivået kan holdes konstant) er kun moderat høyere enn det som måles etter 6 timer. Overføres fisken fra belastende vann til vann med høy salinitet elimineres 50 til 60 % av konsentrasjonen i løpet av 6 timer. Når salinitet kan variere betydelig innen et døgn vil også gjelle-Al variere betydelig. Samtidig vil det være en tidsforsinkelse mellom dose-respons, slik at man kan forvente store standardavvik i det salinitetsintervallet akkumuleringen er størst.



Figur 11. Sammenheng mellom salinitet (psu) og gjelle-Al nivåer ($\mu\text{g Al/g gjelle tv}$) målt på laksesmolt eksponert i bur. I intervallet 1 til 4-5 psu øker akkumuleringen (<4 psu; $\text{gjelle-Al} = 129x - 47$; $r^2=0,99$) for å avta fra 4-5 til 7-8 psu (>4 psu; $\text{gjelle-Al} = 2952.6x^{-1.918}$; $r^2=0,86$). Variasjonslinjene utgjør ett standardavvik.

Tabell 6. Salinitetsnivåer som assosieres med ulike nivåer av Al akkumulering. Den biologiske responsen vil variere med saltnivået smolten invandret til og hvordan dette nivået endres over tid.

Salinitet psu	God	God til dårlig	Dårlig	Dårlig til moderat	Moderat til god	God >10
	<0,9	0,9-3	3-5	5-7	7-10	>10
Forventet effekt på gjelle-Al	Ingen akkum.	Økende akkum.	Høy akkum.	Avtagende akkum.	Lav akkum.	Ingen akkum.

Fisk satt ut i Trollbergvika ble satt ut i vann som hadde > 20 psu. Fisk satt ut her vil ikke bli påvirket av Al. Fisk satt ut i Songevatn kan, men trenger ikke bli påvirket av Al. Når Songevatn er dominert av ferskvann (<1 psu), alternativt brakkevann med > 10 psu vil ikke Al være akkumulerbart i de indre fjordbassengene. Graden av Al påvirkning av smolt satt ut i Songevatn er således nært knyttet til salinitet og til hvordan salinitetsnivået utvikler seg gjennom sesongen. På grunn av den store variasjonen innen døgn og over tid er ikke det uten videre lett å angi et salinitetsnivå for en periode. Inntil vi har dynamiske modeller som gir bedre sammenheng mellom dose og respons må nivåene defineres etter noen enkle kriterier. Her benyttes middelerverdi målt over en tidsperiode.

Salinitetsnivå og utvikling i salinitet over tid i Songevatn og Nævestadfjorden var forskjellig i 2009 og 2010 **Tabell 7**. Saltvannsnivåene var lavere i 2009 enn i 2010. I 2009 ble 1 psu nivået målt i sundet mellom Songevatn og Nævestadfjorden passert først i perioden 15. til 20. mai. I 2010 var dette nivået passert før mai. Denne forskjellen mellom årene skyldes at vannføringen i Storelva var lav fra midten av april 2010, mens tilsvarende lav vannføring først inntraff tidlig i mai 2009. Mens salinitetsnivået økte til nivåer > 7 psu mot slutten av mai og utover i juni i 2010 som følge av meget lav vannføring i elva, forble salinitet omkring 3 psu utover juni i 2009 (Kroglund mfl., 2011d; 2011g).

I **Tabell 7** er salinitetsintervallene tilordnet datoperioder. Disse er satt fra den dato vi antar salinitetsnivået passerte en kritisk grense. Ettersom vi ikke hadde kontinuerlig logging av salinitet på alle stasjoner kan vi ha satt datoen minst 1 dag feil. Ettersom vi ikke har data på variasjonen i salinitet innenfor døgnet kan vi her "miste" perioder med hemming, alternativt utvandringvinduer. Et utvandringsvindu vil kunne oppstå de timene salinitet er høy eller lav som følge av variasjoner knyttet til flo og fjære. Denne usikkerheten kan vi ikke håndtere før vi har salinitetslogging på enkeltfisk.

Denne teknologien var ikke tilgjengelig når telemetriforsøkene ble gjennomført i 2007 og 2008. Dette er tilgjengelig i dag.

Tabell 7. Datoer salinitet passerte kritiske grenser i Songevatn, Nævestadfjorden og Sandnesfjorden i 2009 og 2010. Grensene er satt ut fra empiriske sammenhenger mellom salinitet og akkumulering av Al på fiskens gjeller. Klassene er angitt nedenfor. Felt markert med sort forekom ikke i de enkelte fjordavsnittene.

Salinitet (psu)		God	God til dårlig	Dårlig	Dårlig til moderat	Moderat til god	God
		<0,9	0,9-3	3-5	5-7	7-10	>10
2009	Songevatn - Nævestadfj.	1. mai-15. mai	16. mai – 8. juni	26. mai – ut juli	-	-	-
	Doknes	1. mai – 14. mai	15.– 25. mai	26. mai – ut juli	-	-	-
	Innerst i Sandnesfjorden	-	-	-	-	1. mai – 7. mai	> 8. mai -
2010	Songevatn - Nævestadfj.	<1.mai	1. mai - 22.mai	23. mai – 1. juni	1. juni – 4. juni	4. juni-15. juni	>15. juni
	Doknes	<1.mai	1. mai - 22.mai	23. mai – 1. juni	1. juni-3. juni	4. juni-15. juni	>15. juni
	Innerst i Sandnesfjorden	-	-	-	-	-	>6. mai

4.3.2 Dato elvevandrende fisk ankom Songevatn (brakkvann)

Mens vi vet dato smolten ble satt ut i fjorden, er det mer usikkerhet når fisk som nedvandret elva ankom fjorden. For smolt som ble påvist i PIT-1870 settes ankomstdag til dato fisken passerte antenna. For smolt vi ikke har utvandringdato benyttes utsetningsdato påplussert median vandringshastighet i elva. Vandringshastighet i elva kan beregnes fra tidspunktet fisken ble satt ut til når den ble påvist på PIT-1870. Ut fra vandringsstudier i 2009 var median vandringstid på 6 dager fra Fosstveit til elvemunningen. For smolt satt ut i 2010 ble median vandringstid beregnet for hver av utsettingsgruppene. Denne varierer fra 2 dager (Butjønna) til 11 dager (fisk satt ut ovenfor kraftverket og som utvandret sideløpet (**Tabell 8**).

Tabell 8. Antall dager (median) og 25 og 75 prosentilene fisken brukte fra utsetting til den ble påvist på PIT-1870.

Smoltårgang	Gruppe	25 prosentil	50 prosentil	75 prosentil
2009 smolt	09/T2	3	6	9
2010 smolt	10/Bu1	2	4	6
	10/Opp-Ned kv/K2	5	6	9
	10/Opp-S-løp/K1	8	11	14
	10/Opp-S-løp/K1b	7	9	11
	10/Opp-Turb/T1	7	9	12
	10/T2	5	6	8
	Middel	6	8	11

4.3.1 Perioder av brakkvannsmiljø i forhold til smoltutvandring

Når effekter av aluminium i brakkvann skal analyseres i forhold til SAR må fiskeutsettingene aggregeres innenfor perioder for å få store nok utsettingsgrupper. Smoltutvandring kan periodiseres ut fra mengde smolt som har utvandret, ut fra datoer kritiske grenser for salinitet ble passert (**Tabell 7**) eller etter mange andre kriterier. Vi har her valgt å periodisere ut fra salinitet i de indre

brakkvannsområdene, hvor det samtidig ble tatt hensyn til antall smolt som var satt ut i Songevatn (**Tabell 9**). Ettersom det er Al i brakkvann som er påvirkningsfaktorer, periodiseres alle utsettingene likt.

Tabell 9. Utvandningsperioder benyttet til analyser av smoltutvandringen i 2009 og 2010 i forhold til brakkvannsmiljø.

Årstall	Periode 1	Periode 2	Periode 3
2009	1. til 7. mai	8. til 14. mai	15. til 26. mai
Salinitet (psu)	<0,9	<0,9	0,9-3
2010	29. april til 12. mai	13.-22. mai	23. til 31. mai
Salinitet (psu)	0,9 til 3	0,9 til 3	3-5

4.3.2 Gjelle-Al, 2009 og 2010

Når saltnivået overstiger ca. 1 psu forventes det økt mobilisering av Al på fiskens gjeller. Det var i 2009 og 2010 en klar sammenheng mellom endringer i saltnivå og gjelle-Al. Absoluttverdiene var imidlertid høyere i 2010 enn i 2009. Mens det i 2009 i hovedsak ble målt verdier < 300 µg Al/g gjelle tv, var verdier > 500 µg Al/g vanlig i første halvdel av mai i 2010 (Kroglund mfl., 2011d; 2011g). Basert på dette kunne man anta at smolt i 2010 ble mer belasta enn smolt i 2009.

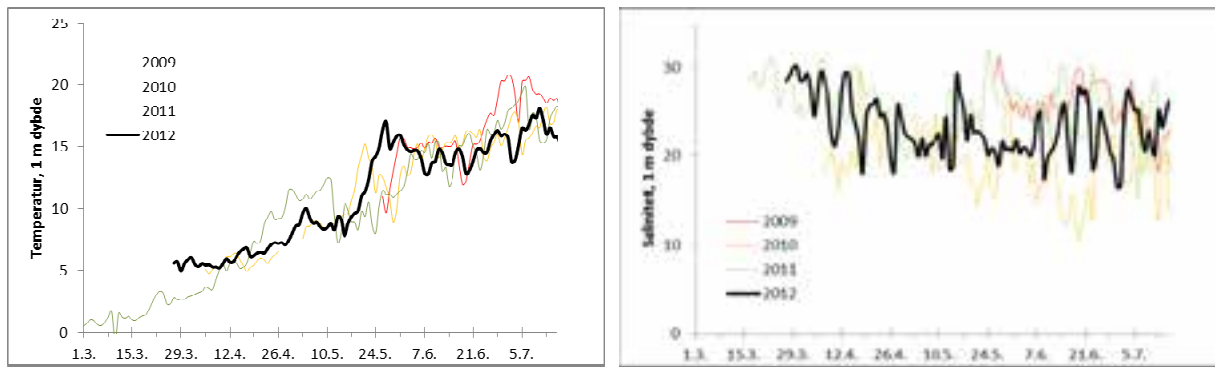
Gjelle-Al var i området 200 µg Al/g tv på alle stasjoner i Songevatn og Nævestadfjorden 24. mai 2009. På utsiden av Lagstrømmen ble det målt 60 µg Al/g tv, mens det på alle stasjoner i Sandnesfjorden ble målt < 5 µg Al/g tv. Det ble ikke tatt nye gjelleprøver etter denne datoen. Ut fra at det ikke var endringer i salinitet utover i juni vil sannsynligvis gjelle-Al nivået ha blitt opprettholdt utover i juni.

Gjell-Al nivåene var høye fram til ca 20. mai i 2010 for å avta kraftig fram til 6. juni. Denne dagen ble det målt < 10 µg Al/g gjelle tv på alle stasjoner fra sundet mellom Songevatn og Nævestadfjorden og ut Sandnesfjorden. Denne endringen kan knyttes til høy salinitet og lav vannføring. Ettersom vannføringen forble lav hele sommeren 2010 var det sannsynligvis ikke hemmende forhold i Songevatn og Nævestadfjorden fra slutten av mai.

Avtaket i gjelle-Al og forskjellene mellom årene kan knyttes til forskjeller i vannføring. Vannføringen var høyere i juni til juli 2009 (3 til 4 m³/s) enn i 2010 (1-2 m³/s). Denne forskjellen vil ha innvirket på inntrenging av saltvann og dermed på akkumulerbarhet til aluminium. Mens salinitet i 2009 forble på et nivå som assosieres med akkumulering av Al på fiskens gjeller utover sommeren, økte salinitet forbi disse nivåene i overgangen mellom mai/juni i 2010. Basert på dette forventes det ulik effekt på SAR de to årene. Smolt som utvandret i 2009 vil oppleve en vedvarende belastning mens smolt som utvandret i 2010 vil ha opplevd en forbigående belastning.

4.3.3 Vanntemperatur og salinitet i kystvannet 2009-2012

Vanntemperaturen i kyststrømmen passerte 8 °C i slutten av april og nådde 10 °C tidlig i mai. Det er en rimelig lik temperaturutvikling i fjordområdene utenfor Storelva og i kyststrømmen. Det kan være store år til år forskjeller i salinitet i kyststrømmen. Salinitetsnivået var <20 psu våren 2010. Dette er et nivå hvor smoltens saltreguleringsevne i liten grad utfordres. Vi mangler verdier for april og fram til midten av mai 2009. Fra 20. mai var salinitet > 20 psu. Forskjellene mellom år kan påvirke SAR, uten at vi til nå har data som støtter dette.

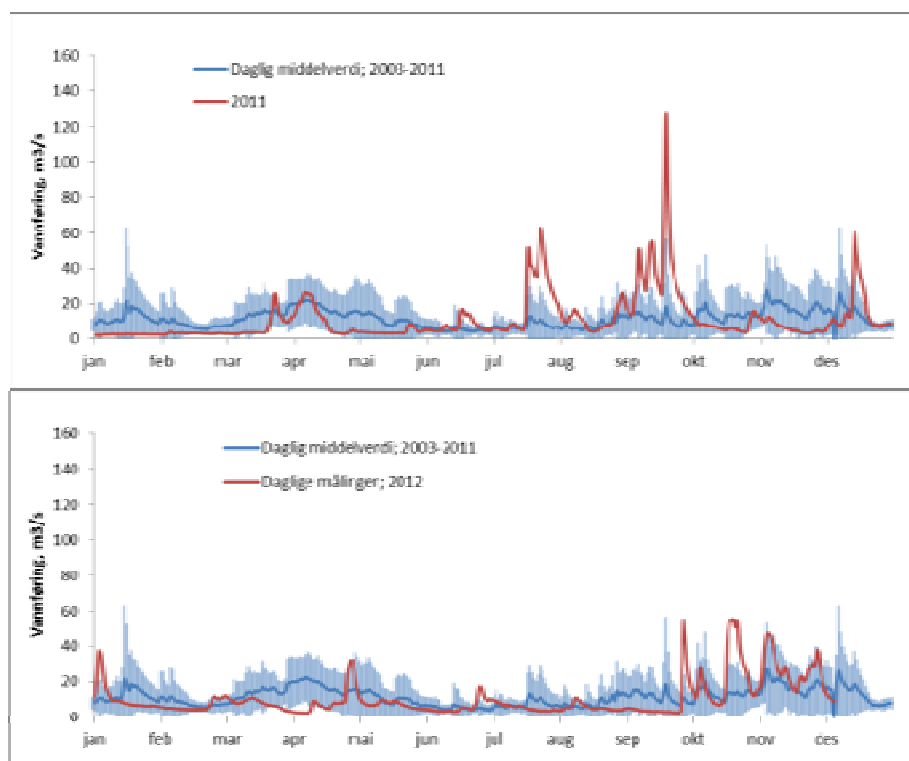


Figur 12. Daglig middeltemperatur målt på 1 m dyp ved Flødevigen årene 2009 til 2012.

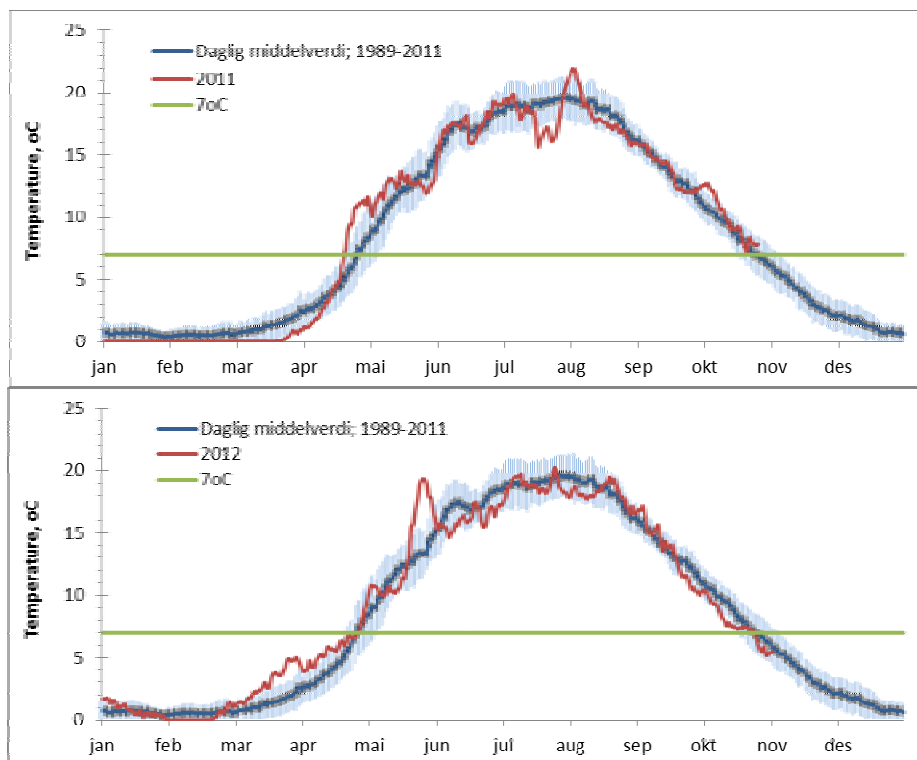
5. Vannføring og temperatur under innvandringsperioden for laks i 2011 og 2012

Oppvandring av fisk er knyttet til vannføring og temperatur. Variasjon i vannføring og temperatur kan påvirke mengde fisk som oppvandret og når på året de oppvandret.

Vannføring fra våren til midt i juli var lav og relativt lik i 2011 og 2012. Fra midten av juli var vannføringen i 2011 preget av hyppige flommer. I 2012 kom første flommen 25. september. Selv om temperaturen var litt lavere i 2012 enn i 2011, var forskjellen mellom årene små. Vi har ikke her analysert oppvandringen i lys av variasjonen i vannføring og temperatur ettersom fokus er på sjøoverlevelse. Dataene kan senere analyseres i forhold til slike miljøfaktorer.



Figur 13. Daglig vannføringsmåling ved NVE-stasjon 18.4.0 i Lundevatn i 2011(øverst) og 2012 (nederst). Middelerdi \pm 1 SD for perioden 2003 til 2011 er gitt som blå bakgrunn. Data er hentet fra NVE HYDRA basen.



Figur 14. Daglig vannføringsmåling ved NVE-stasjon Fosstveit i 2011(øverst) og 2012 (nederst). Middelværdi \pm 1 SD for perioden 1989 til 2011 er gitt som blå bakgrunn. Data er hentet fra NVE HYDRA basen.

6. Gjenfangster av laks i 2011 og 2012

6.1 Deteksjon- oppvandring

For å beregne sjøoverlevelse må man ha gode data på antall smolt som utvandret og på tilbakevandring. Vi vet hvor mange smolt som ble satt ut i brakke/saltvann. Vi vet hvor mange som ble satt ut i elva. Antall som utvandret var lavere blant annet på grunn av predasjon (Kroglund mfl 2010). Antall som utvandret fra elva er estimert ut fra kunnskap om overlevelse, ut fra smolthjuleffektivitet og PIT-deteksjonseffektivitet.

Deteksjonseffektivitet i forhold til innvandring av laks er for årene 2010 og 2011 vurdert ut fra antall deteksjoner som ble gjort på begge antennene i forhold til antall som kun ble gjort på en av antennene. Hver antenne påviste normalt i størrelsesorden 85 til 95 % av passeringene. Vi vet imidlertid ikke ut fra dette antall som passerte begge antennene uten deteksjon. Vi har samtidig et uavhengig mål for deteksjon inn i vassdraget fra 2011. Våren 2012 utvandret vinterstøing som innvandret som gytefisk i 2011. En andel av disse var PIT-merka i 2009 eller 2010. 85 % av de PIT-merka støingene vi påviste i 2012 var påvist inn i elva i 2011. Basert på antenedeteksjon og på bakgrunn av vinterstøing antar vi at vi påviste ca 85 % av all innvandring i 2010 og 2011.

I 2012 hadde vi tilgang på data fra to andre uavhengige antenner plassert ved Angelstad og i laksetrappa. Av 107 laks påvist ved Angelstad var 99 også påvist inn i elva. Vi påviste således 93 % av innvandringen på PIT-1870. Av 27 laks påvist på PIT-Trappa i 2012 var samtlige påvist inn i elva. Ved å benytte data to uavhengige stasjoner (PIT-1870 og PIT-Angelstad) antar vi at vi har påvist nær samtlige laks som innvandret i 2012. Data på deteksjon i 2012 er gitt i vedlegg A.

Basert på deteksjon ved PIT-1870 i 2012 kan det hende vi har underestimert deteksjonen i 2010 og 2012 og at denne skulle være nærmere 93 enn 85 %. Denne usikkerheten har størst betydning når SAR sammenlignes mellom år, mindre betydning når forskjeller mellom behandlingsgrupper har fokus. Det er liten grunn til å anta at deteksjonssannsynlighet til oppvandrende laks er koblet til behandlingsgruppe.

6.2 Gjenfangst av voksen laks fra smoltårgangene 2009 og 2010

En gjenfangst kan gjøres i utsettingsvassdraget, men også utenfor vassdraget. All laks påvist på PIT-antenna i Storelva, fanget under sportsfiske i andre elver eller i et kilenotfiske betraktes her som en gjenfangst. Denne fisken hadde på fangsttidspunktet levd minst ett år i sjøen.

Av smolt satt ut i 2009 er det hittil registrert 54 gjenfangster. Av disse er 80 % 2-SV laks (påvist i 2011) og 7 % 3-SV laks (påvist i 2012). Av smolt satt ut i 2010 er det hittil registrert 225 gjenfangster (**Tabell 10**). Av disse er 66 % 2-SV. Vi vil i 2013 få 3-SV laks fra denne gruppa. Gjenfangsten slik den her presenteres angir ikke overlevelse for 2010-smoltutsettingene. Før vi har tilbakevandring av 3-SV laks fra 2010 utsettingene tyder fangstene på at 1-SV laks bidrar med ca 1/3 og 2-SV laks med ca 2/3 av oppvandringen.

Det ble våren 2012 påvist 29 vinterstøing av laks som var PIT-merket som smolt i enten 2009 eller i 2010 (**Tabell 10**). Disse ble i hovedsak fanget ut av sideløpet som var etablert for nedvandrende fisk ved Fosstveit kraftverk. Majoriteten (85 %) av støinger påvist ut av vassdraget i 2012 ble påvist inn i vassdraget i 2011.

Tabell 10. Antall laks gjenfanget som 0, 1, 2 og 3-SV (sjøvinter) laks fra smoltårgangene 2009 til 2012. 0-SV fisken hadde utvandret elva men innvandret igjen samme år som den ble merket. Grupper som ikke kan ha tilbakevandret i 2012 er markert med grå bakgrunn.

Smoltårgang	Antall merka	Antall voksne				Sum	2012 1-SV inn Utvandret som støing	2012 2-SV inn Utvandret som støing
		0-SV	1-SV	2-SV	3-SV			
2009	1455		6	44	4	54		6
2010	5399	3	73	149		225	23	
2011	noen		5			5		
2012		2				2		
Sum		5	84	193	4	286		
%-fordeling		1,7	29,4	67,5	1,4	100		

6.3 Gjenfangstlokaliteter

Av 54 laks påvist fra 2009 smoltårgangen ble 48 påvist i Storelva, 7 ble fanget i sportsfiske og en i kilenot. Mens to av de 7 sportsfiskerfanga laksene ble tatt i Storelva, ble 5 tatt i Nidelva. Begge tatt i Storelva var påvist på PIT-1870 først. Fangsten i Nidelva utgjorde 8 % av antallet PIT-merka laks påvist i Storelva på PIT-antenna (**Tabell 11**).

Av 225 laks påvist fra 2010 smoltårgangen ble 201 påvist i Storelva, 9 ble fanget i sportsfiske i andre elver og 16 i kilenøter fra Rogaland til Østfold. Foruten sportsfiskefangst i Storelva (n=5), ble 9 tatt i enten Nidelva (n=5), Numedalslågen (n=2) eller Örekilselven (n=2) i Sverige (**Tabell 11**). Fangst i andre elver utgjorde 4,4 % av antallet PIT-merka laks påvist tilbake til Storelva. Ettersom nær all laks fanget i Nidelva ble scannet for PIT-merker kan vi anta at de fleste som innvandrer dit ble påvist. En tilsvarende undersøkelse av sportsfiskerfanget fisk ble etablert i Otra. Herifra er det ikke rapportert om PIT-fangster i 2012. De fire som ble tatt i andre elver utgjør en svært lav andel av samlet fangst (2 %).

Fra 2009-smoltårgangen ble én laks tatt i kilenot. Fra 2010-smoltårgangen ble 16 laks eller 7 % av all gjenfangst gjort i en kilenot. Kilenota utenfor Sandnesfjorden (kun operert i 2012) tok 75 % av all laks tatt i kilenot. Dette var sannsynligvis laks vi ville ha fått i Storelva hvis de ikke hadde blitt fanget. Det fire som ble tatt i andre kilenøter utgjør en liten andel av samlet fangst.

Vi vet ikke sannsynlighet for at et tilfeldig PIT-merke påvises i en fisk fanget under sportsfiske, men sannsynligheten er antagelig svært lav. Vi kan derfor ikke anslå feilvandringsprosenten. Dette gjelder også for kilenotfangsten. Holdes Nidelva samt kilenota ved Risør utenfor fangsten, har vi fått tilbake tilsammen 8 PIT-merker fra diverse lokaliteter. Disse funnene er tilfeldig og representerer mest sannsynlig kun en liten del av de som faktisk feilvandrer og som blir fanget i enten sports- eller i kilenotfisket.

Hvis feilvandring baseres på all fisk tatt i en annen elv enn Storelva har vi data fra 5 laks fra 2009-smoltårgangen og 9 laks fra 2010 smoltårgangen. Hvis antall feilvandrere normaliseres til det antall som ble satt ut i fjorden i 2009 (n settes til 611) blir dette 8 feilvandrere fra elveutsettingene og 2 fra fjordutsettingene og ingen fra biltransporten i 2009 (**Tabell 12**).

For 2010 smoltårgangen er det påvist feilvandrede laks fra alle grupper. Hvis antall feilvandrere normaliseres til det antall som ble transportert med bil (n settes til 1906) blir dette fem feilvandrere fra biltransporten, tre fra elvevandrerne, to fra fjordutsettingene og en fra slepet (**Tabell 12**). Vi skal ikke utelukke at forskjellen mellom biltransportert og slepet fisk er reell og økologisk relevant.

Tabell 11. Antall PIT-merka smolt fra utsettingene i 2009 og 2010 detektert i Storelva eller som feilvandret (fanget annen elv enn Storelva) eller i kilenot.

År	Smoltutvandring 2009	Smoltutvandring 2010
Storelva PIT-antenn	48	200
Sportsfisket Storelva	2*	4*
Sportsfisket Lundevt (sluppet)		1*
Sum Storelva	48	200
Sportsfisket Nidelva	5	5
Sportsfisket Numedalslågen		2
Sportsfisket Sverige-Örekilsälven		2
Sum feil elv	5	9
Kilenot Flekkefjord (Vest Agder)		1
Kilenot Hesnes (Aust Agder)	1	
Kilenot Risør (Trollbervika) (Aust Agder)		12
Kilenot Store Sletter Larkollen (Østfold)		1
Kilenot Rogaland (Rogaland)		2
Sum kilenot	1	16
Sum gjenfangst	54	225
Andel Storelva PIT i forhold til tot gjenfangst	89 %	89 %

* er tatt både på PIT-stasjon og i stangfiske.

Tabell 12. Antall feilvandrere tatt i en annen elv enn Storelva fordelt på behandlingsgruppe. Påvist er faktisk antall. Estimert er antallet normalisert til 611 smolt satt ut (for 2009) og 1906 (smolt satt ut i 2010). Det er ikke foretatt noen estimat for PIT-merker som har blitt knust under postgang.

	Elv	Fjord	Sl	Bi	Ødelagt merke	Elv	Fjord	Slep	Bil	Sum
2009 påvist	161	611		622	1	2	2		1	6
2009 estimert						8	2		1	11
2010 påvist	744	1248	1448	1906	1	1	1	1	5	9
2010 estimert						3	2	1	5	11

6.4 Datoer for oppvandring

Innvandring til Storelva og dermed sjøoverlevelsesestimaterne kan påvirkes at perioden laks innvandret i forhold til når antenne var operativ. I vurderingene av oppvandring inngår kun fisk påvist på PIT-antenn. Fisk tatt av sportsfiskere vet vi ikke når oppvandret.

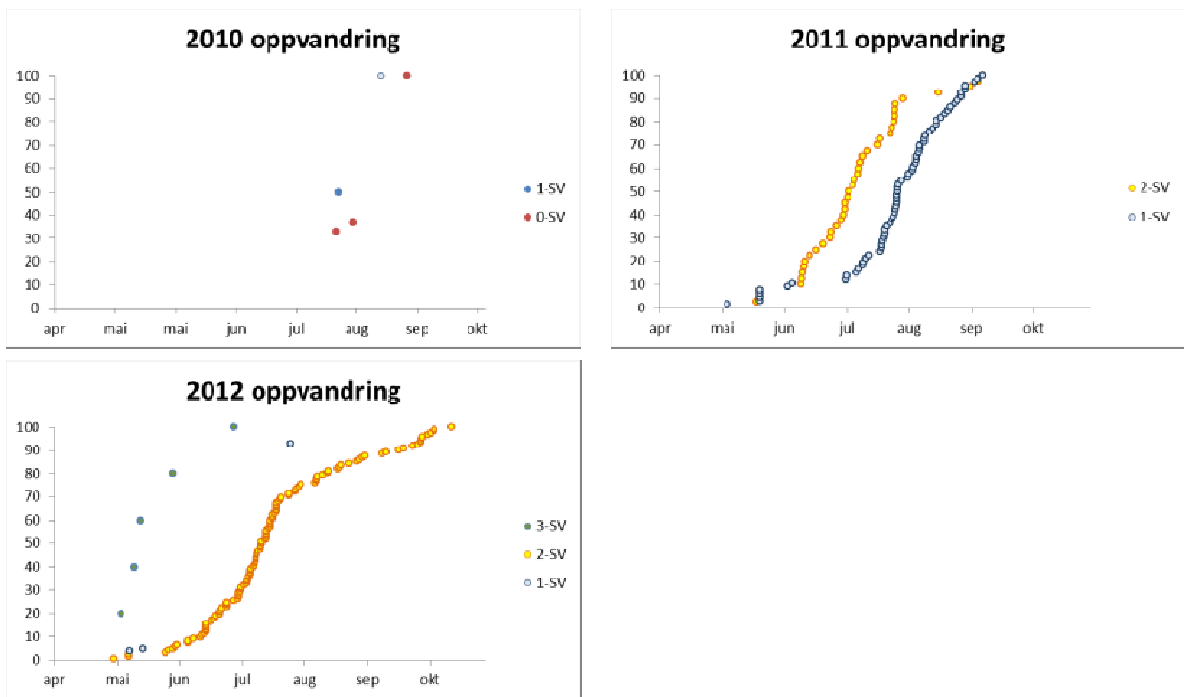
Det var få tilbakevandrende 1-SV laks fra smoltårgangen 2009. De to som ble påvist tilbake ble påvist i august og september. Basert på 2-SV laks (n=40) var oppvandringsperioden primært mellom 10. juni og 31. juli. Noen få ble registrert i mai (n=3) og noen i august (n=1) og september (n=3). Det ble påvist fem 3-SV laks i 2012. Alle kom i mai og juni (**Tabell 13, Figur 15**).

Fra 2010 smoltårgangen ble det registrert 66 1-SV laks og 122 2-SV laks. 1-SV laksen ble primært påvist fra 20. mai til 8. september. De første 2-SV laksene kom tidlig i mai (n=3). Hovedoppvandringen startet først 25. mai og vedvarte til 14. oktober (**Tabell 13, Figur 15**).

PIT-antenne var operative hele innvandringsperioden. Det er mindre sannsynlig at det innvandret laks i perioder vi ikke hadde deteksjon.

Tabell 13. Datoer første, prosentilene 25, 50 og 75 og siste fisk ble observert på PIT-1870. Det er delt på smoltårgang samt alder på tilbakevandrende fisk. For 1 og 3 SV laks fra 2009-smoltårgangen er antall fisk tilbake for lavt til at datoene gir mening.

	2009 smolt			2010 smolt	
	2010 1-SV	2011 2-SV	2012 3-SV	2011 1-SV	2012 2-SV
START	19. aug	18. mai	3. mai	4. mai	29. april
25-%		17. juni		20. mai	28. juni
50-%		3. juli	13. mai	28. juli	12. juli
75-%		24. juli		12. aug	1. aug
SLUTT	9. sep	8. sep	28. juni	8. sep	14. okt



Figur 15. Akkumulert oppvandring av ulike aldersklasser laks i 2010, 2011 og 2012 forbi PIT-1870.

7. Smolt til voksen overlevelse fra 2009 og 2010 smoltårgangen

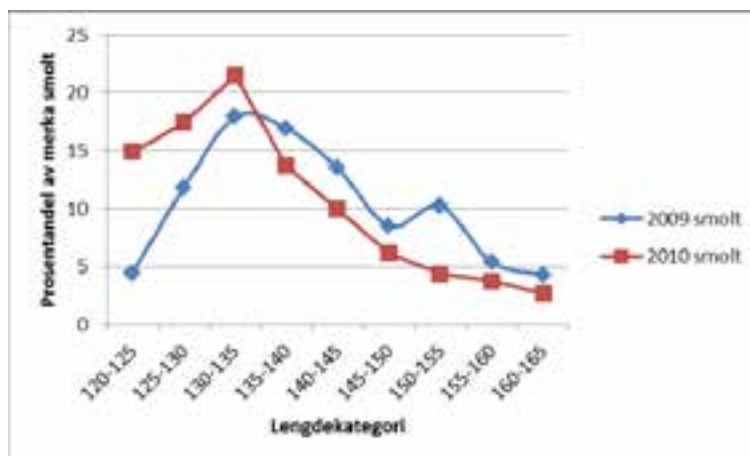
Sjøoverlevelse påvirkes av en rekke faktorer. Smoltårgang, smoltlengde og behandlingsgruppe er alle viktige faktorer som kan påvirke SAR. Sannsynlighet for å overleve i sjøoverlevelse påvirkes også av smoltens lengde. Det er følgelig ønskelig at det heller ikke er lengdevariasjon mellom gruppene.

7.1 Lengdebestemt overlevelse

7.1.1 Utsettingsgruppene i 2009 og 2010

Smoltlengde kan innvirke på sjøoverlevelse, hvor det forventes at stor smolt har bedre sjøoverlevelse enn små smolt. Det var forskjeller i smoltlengdefordeling mellom smolt merket i 2009 og 2010 (**Figur 16**). Smolt < 130 mm var mer vanlig i merkematerialet 2010 enn i 2009. Hvis lengde alene er årsak til variasjon i SAR kan man forvente høyere SAR i 2009 enn i 2010. Denne forskjellen har liten betydning når analysene går på forskjeller i overlevelse mellom grupper satt ut samme år. Med noen få unntak var fordelingen rimelig lik mellom behandlingsgruppene gruppene satt ut i enten 2009 eller i 2010 (**Tabell 14**,

Tabell 15). Det var en underrepresentasjon av elvevandrende smolt i lengdekategori 130-135 mm i 2009. Denne ble oppveid av fisk i lengdekategori 135 til 140 mm. I 2010 var forskjellene mellom gruppene enda mer ubetydelig. Det inngikk noe mer smolt >160 mm i biltransportgruppa enn i de andre gruppene.



Figur 16. Størrelsesfordeling (mm) til smolt merket i 2009 og 2010.

Tabell 14. Prosentfordeling innenfor lengdekategorier til de ulike utsettingsgruppene i 2009. Grupper med avvik på $\pm 4\%$ i forhold til middelerdi mellom gruppene innenfor en lengdegruppe er antydnet med grå bakgrunn.

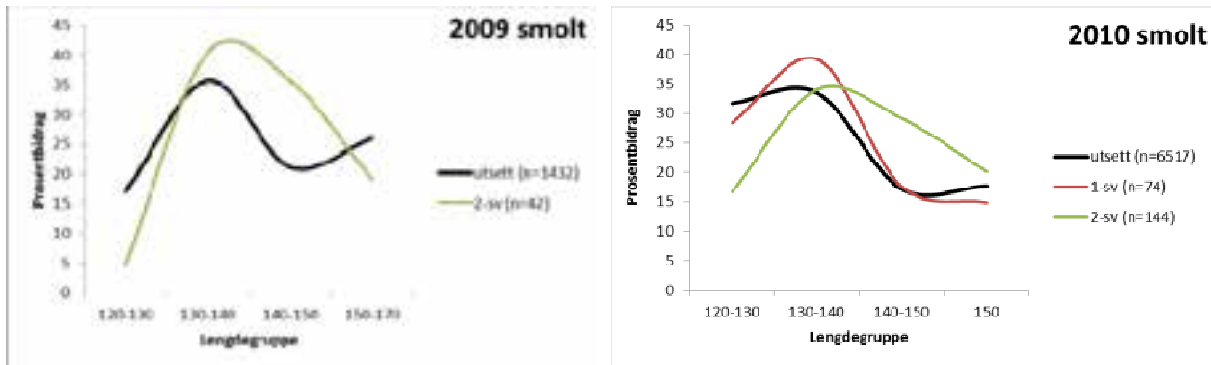
Lengdeklasse	Elvevandrer	Fjordvandrer	Biltransport	Samlet alle	SD
115-120	1	0	0	0.4	0.3
120-125	4	4	6	4.5	0.9
125-130	12	12	12	11.8	0.3
130-135	13	21	20	17.9	4.5
135-140	20	15	16	16.9	2.4
140-145	16	13	12	13.5	2.1
145-150	10	8	7	8.5	1.5
150-155	13	10	8	10.2	2.4
155-160	5	5	6	5.4	0.1
160-165	2	5	6	4.3	1.8
>165	5	7	8	6.6	1.2
N=1507	266	608	633	100 %	

Tabell 15. Prosentfordeling innenfor lengdekategorier til de ulike utsettingsgruppene i 2010. Grupper med avvik på $\pm 4\%$ andeler i forhold til middelerdi mellom gruppene innenfor en lengdegruppe er antydnet med grå bakgrunn.

Lengde klasse	Elvevandrer	Fjordvandrer	Slep	Biltransport	Samlet alle	SD
120-125	15	13	15	14	14,1	3.3
125-130	18	18	15	19	17,5	1.6
130-135	20	20	16	20	19,4	5.8
135-140	15	15	13	14	14,3	2.4
140-145	10	12	10	12	10,9	2.9
145-150	6	6	6	7	6,2	1.3
150-155	4	5	7	4	4,9	1.5
155-160	3	3	5	4	3,7	1.8
160-165	2	3	4	3	2,8	1.2
>165 mm	7	5	10	4	6,3	3.3
N=6460	1859	1248	1448	1906	100 %	

7.1.2 Smoltlengde til laks gjenfanget etter sjøopp hold

Smoltlengden til laks gjenfanget som voksen hadde ikke samme lengdefordeling som den utvandrende smoltpopulasjonen. Lengdeklasse 120 til 130 mm var underrepresentert i gjenfangstene, mens andelen voksne som hadde smoltlengder > 130 mm var overrepresentert. Samlet tyder resultatet på at stor smolt hadde økt sannsynlighet for overlevelse begge årene. Ettersom det var relativt små forskjeller i lengde mellom utsettingsgruppene innenfor de ulike årene vil ikke lengde alene forklare forskjeller i SAR. Forskjellen i smoltlengde var også såpass moderat mellom 2009 og 2010 at dette neppe vil forklare variasjon i SAR heller. Dette er ikke testet her da det ikke er relevant for vurdering av Al i brakkvann.



Figur 17. Prosentfordeling av lengdefordeling (mm) til den utvandrende smoltpopulasjonen i 2009 (venstre) og 2010 (høyre). Fordeling på merketidspunktet er vist med svart strek. Fordeling basert på gjenfangster av voksen laks er vist med rød strek (1-SV laks) eller grønn strek (2-SV laks).

7.2 Overlevelse fra smolt til voksen (SAR)

7.2.1 SAR; smoltårgang 2009

Det ble definert tre perioder ut fra salinitet. Datoene 1. til 14. mai ble delt inn i to perioder ut fra utvikling i salinitet. Av 1394 smolt satt ut i brakk/saltvann var det en gjenfangst på 54 voksen laks. Korrigert for deteksjonseffektivitet på PIT-1870 har vi en gjenfangst på ca 64 laks. Uten å ta hensyn til forskjeller mellom gruppene eller periodene var SAR på 4,6 %. SAR avtok fra periode 1 (1. til 7. mai) til 3 (15. til 26. mai). Samlet for alle utsetningsgruppene avtok SAR fra 6,2 % (periode 1) til 2,6 % (periode 3).

SAR varierte mellom behandlingsgruppene. Samlet for hele perioden var SAR på 5,3 % for smolt kjørt med bil og 3,4 % for smolt som Fjordvandret. Sjøoverlevelse til fisk som nedvandret elva var på 5,6 %, men antall fisk i gruppa (n=161) var her så lav at dette tallet må betraktes som meget usikkert. SAR til fjordvandrende smolt avtok fra periode 1 til periode 3. Denne endringen var ikke like tydelig for biltransportert smolt. Mens ratioen Fjordvandret/biltransportert var på 1,08 for periode 1 avtok denne til 0,56 i periode 2 og til 0,47 i periode 3. Mens det ikke var forskjell i SAR for smolt som innvandret til fjorden i periode 1, var forskjellen signifikant i periode 3. Forskjellen i sjøoverlevelse mellom Biltransportert og Fjordvandret smolt var på et nivå som tyder på økologisk relevant påvirkning.

Tabell 16. Antall smolt som ble satt ut nedstrøms Fosstveit (Elvevandrer), i Songevatn (Fjordvandrer) eller kjørt med bil til Trollbergvika (Biltransport) fordelt på tre utsettingsperioder. Periodene ble bestemt av salinitet i Songevatn. Antall laks påvist opp i Storelva er korrigert ut fra at deteksjon i 2011 var på 85 %. Samla gjenfangst er sum av korrigert påvist inn i Storelva og antall PIT merker funnet andre steder.

Prosentil av smolten utvandret	Gruppe	Periodisert smoltutvandring			Sum
		0-20	20-68	68-100	
Salinitet		<0,9	<0,9	0,9-3	
Datoperiode		1. til 7. mai	8. til 14. mai	15. til 26. mai	
Antall smolt	Biltransport	111	306	205	622
	Fjordvandrer	102	294	215	611
	Elvevandrer	63	75	24	161
	SUM	275	675	444	1394
Prosentandel av smolten		20	48	32	
Voksen gjenfangst 2011	Biltransport	6	19	7	32
Korr for 85 % deteksjon	Fjordvandrer	6	9	4	19
	Elvevandrer	2	4	1	7
	Sum	14	32	12	58
Voksne gjenfangst	Biltransport	1			1
Andre lok	Fjordvandrer	1	1		2
	Elvevandrer	1	1		2
	Ødelagt merke				1
	Sum	3	2	0	6
Samla gjenfangst	Biltransport	7	19	7	33
	Fjordvandrer	7	10	4	21
	Elvevandrer	3	5	1	9
	Ødelagt merke				1
	Sum	17	34	12	64
SAR	Biltransport	6,2	6,2	3,4	5,3
	Fjordvandrer	6,7	3,5	1,6	3,4
	Elvevandrer	5,3	6,0	4,9	5,6
Samla alle grupper		6,2	5,0	2,6	4,6
Ratio Fjordvandring/Bil	Ratio So/Bi	1,08	0,56	0,47	0,64

7.2.2 SAR; smoltårgang 2010

Det ble definert tre perioder ut fra salinitet. Datoene 29. april til 22. mai ble delt inn i to perioder ut fra utvikling i salinitet. Det ankom kun smolt som Elvevandret i periode 3. Hovedutvandringen av smolt var over før 23. mai. Det ble derfor ikke transportert og satt fisk ut i fjorden i periode 3.

Av 5346 smolt satt ut i brakk/saltvann er det hittil en gjenfangst av 225 voksen laks. Korrigert for deteksjonseffektivitet på PIT-1870 har vi en gjenfangst fra 240 laks. Uten å ta hensyn til forskjeller mellom gruppene eller periodene var SAR på 4,4 %. SAR avtok fra periode 1 (29. april til 12. mai) til 2 (13.-22. mai). Samlet for alle utsettingsgruppene avtok SAR fra 4,8 % (periode 1) til 3,8 % (periode 2).

Med unntak av Biltransportert smolt var SAR relativt lik mellom gruppene. Samlet for hele perioden var SAR på 3,4 % for smolt kjørt med bil, 5,0 % for smolt som ble slept, 5,0 % for smolt som Fjordvandret og 5,3 % for smolt som nedvandret elva.

SAR var høyest i periode 1 for alle gruppene. Forskjellen mellom periode 1 og 2 var størst for slept og elveutvandret smolt. Forskjellen var ubetydelig for smolt satt ut i fjorden. Det er ingen signifikant

forskjell mellom gruppene. Det var likevel forskjeller som kan være biologisk viktig mellom gruppene.

Ratio mellom fjord vandret og bilkjørt smolt tyder på lavere overlevelse/gjenfangst av Biltransportert smolt. Det var en stor ratioforskjell mellom Fjordvandret og slept smolt i periode 2. SAR var her høyest for smolt som egenutvandret fjorden.

Det var svært få smolt som ankom fjorden etter 22. mai. De som ankom hadde en SAR på nivå med smolt som ankom fjorden dagene før.

Tabell 17. Periodisering er gjennomført ut fra salinitet. Periode 1 var fra 29. april til 12. mai, periode 2 fra 13. mai til 22. mai og periode 3 fra 24. mai til 6. juni. Antall som utvandret elva er korrigert i forhold til overlevelsesestimat. Periodene er basert på dato smolt ble påvist inn i fjorden (satt ut eller på PIT-1870) eller estimert inn i fjorden (utsetningsdato + median tid mellom utsetting og fjord) hvor estimatet er basert på målt tidsforbruk mellom utsetningssted og PIT-1870.

Salinitet Datoperiode	Prosentil av samlet smoltutvandring ut Strømmen			Sum	
	Sal 0,9 til 3	Sal 0,9 til 3	Sal 3-5		
	29. april til 12. mai	13.-22. mai	23. til 31. mai		
Antall smolt satt ut	10/Bil	1640	265	0	1905
	10/Slep	931	516	0	1447
	10/Fjord	861	391	0	1251
	10/Elv	149	471	126	745
	SUM	3419	1854	126	5399
Voksen gjenfangst 2010+2011 Korr for 85 % deteksjon	10/Bil	20	2		22
	10/Slep	16	8		25
	10/Fjord	18	4		21
	10/Elv	7	8	1	16
	Sum	61	25	1	87
Voksen gjenfangst 2012	10/Bil	28	1		29
	10/Slep	35	6		41
	10/Fjord	27	13		40
	10/Elv	5	10	2	17
	Sum	95	30	2	127
Sum andre lokaliteter 2011	10/Bil	4	0		4
	10/Slep	1	0		1
	10/Fjord	0	0		0
	10/Elv	0	0	0	0
	Ødelagt merke	0	1	0	1
	Sum	5	1	0	6
Sum andre lokaliteter 2012	10/Bil	6	3		9
	10/Slep	3	1		4
	10/Fjord	2	2		4
	10/Elv	1	0	0	1
	Ødelagt merke	0	0	0	2
	Sum	12	6	0	18
Sum voksne gjenfangst	10/Bil	58	6		64
	10/Slep	55	16		72
	10/Fjord	47	19		65
	10/Elv	13	18	3	39
	Merke ødelagt	0	0	0	2
	Sum	173	62	3	240
SAR (voksne/smolt)	10/Bil	3,5	2,4		3,4
	10/Slep	6,0	3,2		5,0
	10/Fjord	5,1	4,7		5,0
	10/Elv	8,8	3,9	2,5	5,3
	Samla SAR alle grupper	4,8	3,8	2,5	4,4
Ratio Fjordvandring/Bil	1,4	2,0		1,5	
Ratio Fjordvandring/Slep	0,9	1,5		1,0	
Ratio Slep/Bil	0,6	0,8		0,7	
Ratio Elv/Fjord	1,7	0,8		1,1	

Om man setter sammen informasjonen i tabell 16 og 17 i en total test (generalisert lineær modell med logit-link) for hvilke faktorer som påvirker SAR får man at utvandringsperiode har den sterkeste effekten samt at det er en svakt signifikant interaksjonseffekt mellom år og behandling (dvs at behandlingseffektene tenderer til å være årsavhengig) (**Tabell 18 og 19**). Det er med andre ord statistisk støtte for at behandlingseffektene påvirkes av utvandringsperiodene. Dette tyder på at endringer i salinitet (og dermed endring i akkumulerbarhet til Al) har en bestandseffekt.

Tabell 18. Teststatistikk fra tilbakeselektert (dvs tar ut ikke-signifikante effekter med utgangspunkt i en fullfaktoriell modell) generalisert lineær modell (GLM) som tester ulike faktorerens effekt på SAR. Modellen som ble selektert: $\text{logit}(\text{gjenfanget/satt ut}) = \text{År} + \text{Behandling} + \text{Utvandringsperiode} + \text{År} * \text{Behandling}$.

Effekt	df	η^2	p
År	1	0.0011	0.973
Behandling	3	2.9222	0.404
Utvandringsperiode	2	11.0374	0.004
År*Behandling	2	6.8256	0.033

Tabell 19. Parameterestimer med tilhørende standardfeil (SE) fra GLM-modellen som er presentert i Tabell 18. Intercept utgjør $\text{År}[2009]\text{Behandling}[\text{Bil}]\text{Utv.periode}[\text{Midt}]$. Parameterestimatene er på logit-skala og omgjøring til sannsynlighetsskala kan gjøres ved å bruke formelen $\text{Pr} = \exp(\text{EST}) / (1 + \exp(\text{EST}))$. F eks vil Intercept bli: $\exp(-2,929) / (1 + \exp(-2,929)) = 0,051$. Med andre ord er predikert SAR for laksesmolt som ble transportert med bil og satt ut i midtperioden i 2009 lik 0.051.

Effekt	Estimat	SE	p
Intercept	-2.929	0.197	<0.0001
År[2010]	-0.743	0.238	0.0018
Behandling[Elv]	-0.096	0.390	0.8058
Behandling[Fjord]	-0.425	0.285	0.1364
Behandling[Slep]	0.382	0.175	0.0286
Utv.periode[Seint]	-0.337	0.282	0.2326
Utv.periode[Tidlig]	0.398	0.140	0.0043
År[2010]*Behandling[Elv]	0.650	0.451	0.1500
År[2010]*Behandling[Fjord]	0.846	0.336	0.0119
År[2010]*Behandling[Slep]	-	-	-

7.3 Estimert oppvandring av gytelaks i Storelva i 2012 ut fra andel smolt som ble merket og gjenfangst av laks

Smolt ble merket første gang i 2009. De få gjenfangstene vi hadde av disse tillater ikke estimat av samlet oppvandring av laks i Storelva i 2010. I 2011 oppvandret det 1 og 2-SV laks fra henholdsvis smoltårgangene 2010 og 2009. Her vil 3-SV laks være fraværende. I 2012 oppvandret det det 26 (3-SV) laks fra 2009 smoltårgangen. Antallet var ikke nødvendigvis vesentlig ulik de andre årene. Tall for 2012 er derfor benyttet som proxy når total oppvandring som kilo estimeres. Tilsvarende er det antatt at sjøoverlevelse til smolt fra 2011 smoltårgangen vil være omkring 5 % (på nivå med tidligere år) og at 20 % av disse vil være 1-SV (oppvandret i 2012). I 2011 og 2012 innvandret det henholdsvis 445 og 260 (påvist innvandret) eller 471 og 355 (estimert hvor det er tatt hensyn til innvandring av smoltårganger som ikke var PIT-merket) (**Tabell 20**).

Basert på elvefangster oppgitt i Scanatura for 2011 var 1-SV laks i snitt $1,6 \pm 0,5$ og 2-SV laks på $4,8 \pm 0,5$ kg. Det ble ikke fanget laks i Storelva i 2012 så verdier fra 2011 er benyttet. Det kan i 2011 og 2012 ha oppvandret i størrelsesorden 1,7 og 1,5 tonn laks. Gytebestandsmålet (GBM) er satt til 565 kg hunnlaks. Dersom man antar 50:50 kjønnsfordeling må det oppvandre 1130 kg laks for å oppfylle GBM. GBM er oppnådd i Storelva som følge av at høstingen er lav.

Det er flere usikkerheter knyttet til disse beregningene. Vi antar at antall laks tilbake til Storelva kan beregnes ut fra %-andel av den enkelte smoltårgangen som ble merket. Sjøoverlevelse må da være uavhengig av selve merkingen. Det er mest rimelig å anta at sjøoverlevelse til merket smolt vil være lavere enn til umerket smolt på grunn av håndteringen.

Tabell 20. Antall laks gjenfanget etter 1, 2 og 3-SV (sjøvinter) fra smoltårgangene 2009 og 2010 i 2011 og 2012 i Storelva. Antall smolt som utvandret er for 2009 satt lik antall som passerte elvemunningen (Strømmen). For årsklassen 2010 er antall satt lik antall som passerte Strømmen (umerket; $n=3331$) pluss PIT-merket fisk (sum smolt fra fire utsettingsgrupper; $n=5399$). All laks fanget i annen elv eller i kilenot er utelatt fra estimatet over oppvandring av gytefisk med unntak av laks tatt i kilenota ved Risør i 2012. Disse er inkludert på grunn av nærhet til Storelva. Antall laks påvist inn i Storelva er korrigert i forhold til deteksjonseffektivitet på antennene. Vi har ikke verdier for 1-SV fisken i 2012 eller 3-SV fisk i 2011. Her er det satt inn antatte nivåer basert på målte verdier for andre årskull. Disse verdiene er gitt grå bakgrunn for å vise usikkerheten.

Innvandringsår 2011	Antall utvandra	Antall PIT-merka	Merka %	Retur 2011	Estimert antall	Vekt	Kilo
2008				(3-SV)	26	7	182
2009	9500	1455	15,3	48 (2-SV)	315	4,8	1511
2010	8700	5399	60,8	79 (1-SV)	130	1,6	207
Sum gytefisk					471		1719

Innvandringsår 2012	Antall utvandra	Antall PIT-merka	Merka %	Retur 2012	Estimert antall	Vekt	Kilo
2009	9500	1455	15,3	4 (3-SV)	26	7	182
2010	8700	5399	60,8	142 (2-SV)	234	4,8	1120
2011	Ca 9500			(1-SV)	95	1,6	152
Sum gytefisk					355		1456

7.4 Estimert oppvandring av gytelaks i Storelva ut fra SAR, behandling og smoltårsklasse

Antall smolt som har utvandret Storelva har variert omkring 9500 individ de senere år. Det er mulig å anslå effekten Al i brakkevann har på bestandsnivå ved å benytte SAR verdiene fra de ulike undersøkelsesårene og periodene. SAR fra elveutsettingene i 2009 er usikker og bør ikke benyttes. Det ble gjennomført slep kun i 2010. Mulige bestandseffekter knyttes derfor opp til forskjellene i SAR mellom fjordvandret og biltransportert smolt. Det ble deretter beregnet hvor mange laks som kunne overleve & tilbakevandre fra en smoltutvandring på 9500 individ, hvor smoltutvandringen ble fordelt på periode 1 til 3 i forhold til faktisk smoltutvandring de respektive årene.

For 2009-smoltårgangen kan Al i brakkevann ha bidratt til å redusere tilbakevandring av laks med 50 % (**Tabell 21**). For 2010-smoltårgangen beregnes det høyere tilbakevandring fra fjordvandret enn for biltransportert smolt. Det forventes derfor ingen bestandseffekt for 2010-smoltårgangen. Basert på disse to årene kan effekten av Al i brakkevann spenne fra å halvere overlevelse til å ikke ha noen effekt. Her vil både lav overlevelse enkelte år, men også stor variasjon i overlevelse mellom år begge være uheldig i forhold til å opprettholde en stabil høstbar bestand.

Tabell 21. Antall laks som kunne ha tilbakevandret gitt en smoltutvandring på 9500 individ, SAR i henhold til det som er beregnet for 2009 og 2010 smoltårgangen for smoltgruppene fjordvandrer og biltransportert. Differanse angir antall laks fra Biltransport minus Fjordvandret. Hva differansen betyr som % er beregnet.

	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Sum	Differanse i antall tilbake	%-forskjell fjord vs bil
Antall smolt utvandret 2009	1874	4600	3026	9500		
Laks fra SAR – Fjordvandrer	126	161	48	335		
Laks fra SAR – Biltransport	116	285	103	671	336	50
Antall smolt utvandret 2010	6307	3016	178	9500		
Laks fra SAR – Fjordvandrer	334	154	0	488		
Laks fra SAR - Biltransport	319	96	0	415	-73	118

8. Diskusjon

8.1 Problemstilling

Fangst av laks i Storelva økte ikke som forventet etter kalking. Ulike hypoteser ble vurdert i 2003 (Kroglund mfl., 2007). Av disse fremsto Al i brakkvann som den eneste vi ikke kunne forkaste. Al i brakkvann er dødelig for laks som holdes i en mærd når belastningen er høy (Bjerknes et al., 2003; Rosseland, 1998). Når Al akkumuleres på fiskegjeller i brakkvann utenfor Storelva kunne det ikke utelukkes at utvandrende smolt også ble påvirket. Etter innledende forsøk hvor fokus var på tilførsel av Al og sammenheng mellom Al transformasjoner og salinitet og akkumulering av Al på fiskens gjeller, ble det igangsatt forsøk hvor utvandringsatferd sto i fokus. I 2007 og 2008 ble smolt påført akustiske merker. Utvandring ble detektert på hydrofoner plassert fra Songevatn til utløpet av Sandnesfjorden. Ut fra de forsøkene ble det konkludert med at utvandring ble hemmet når salinitet var innenfor de intervaller som assosieres med akkumulering av Al på fiskegjeller (Kroglund mfl 2007, 2008; Diserud et al., 2012). Det ble ut fra atferdsstudiene konkludert med at Al i brakkvann kunne redusere utvandring med 50 % når forholdene var ugunstige. Dette ville i så fall bety en halvering av smolt til voksen retur rate i prosent (SAR). Selv om det ble påvist hemmet utvandring, var det fortsatt usikkert om Al faktisk påvirket SAR, eller om adferden som ble observert var naturlig eller knyttet til andre forhold i fjorden. Slik forsøket ble gjennomført var det ingen referansegruppe avvikende atferd kunne evalueres i forhold til. Resultatene fra atferdsstudiene var dermed ikke konklusive. Det var ønskelig å utvide prosjektet for å fremskaffe data på overlevelse fra smolt til voksen laks, hvor overlevelse også skulle inkludere referansegrupper. For å få data på dette ble det igangsatt et merkeprogram. Ulike merker kan benyttes til analyse av SAR. Tradisjonelt benyttes Carlin-merker til å studere sjøoverlevelse (Carlin, 1969). Dette er utvendige merker, hvor overlevelse estimeres ut fra merker funnet og innsendt av sportsfiskere og sjøfiskere. Sjøoverlevelsesestimater vil da være avhengig av fangstinnssats såfremt man ikke har fangst knyttet til heldekkende oppvandringsfeller. Fangst av laks i Storelva har alltid vært lav. Det var derfor ønskelig å benytte metoder som ikke i samme grad var knyttet til fangstinnssats eller fangstsesong. Valget falt på PIT-merker. Dette er merker som kan detekteres uten at fisken må fysisk gjenfanges. Merkene detekteres på antenner og gjenfangst vil dermed være uavhengig av sportsfiskerinnssats og fiskesesong. PIT-teknologi har vært vanlig brukt i USA siden 1987 og vurderes som mer skånsom enn utvendige merker (for eksempel Carlin). Ulempen med dette systemet i forhold til f.eks. Carlin-merker er at PIT-merkene ikke er synlig utenpå fisken. Fordelen er at gjenfangst kan gjøres uten at fisken må innfanges og at fisk kan påvises 24 t i døgnet, så lenge deteksjonssystemene er utplassert. For å måle sjøoverlevelse ble smolt PIT-merket i 2009 og 2010. Smolt som egenvandret elva eller som ble satt ut i brakkvann representerer behandlingsgruppene. Smolt transportert til (slep eller bil) Trollbergvika, ytterst i Sandnesfjorden representerer kontrollgruppene. Forskjeller i sjøoverlevelse mellom gruppene knyttes her til forhold innenfor fjordbassenget.

I 2009 ble det satt ut 1455 smolt mens 5399 ble satt ut i 2010. I 2009 ble smolt satt ut i elvemunningen (Fjordvandrer, n=603) eller kjørt med bil til Trollbergvika (Kontroll; n=676). I 2010 besto de samme gruppene av henholdsvis 1302 og 1905 smolt. I tillegg ble en tilsvarende stor gruppe (n=1447) slept ut vassdraget. Slep ble gjennomført fordi andre forsøk har påvist redusert tilbakevandring, men også økt feilvandring av smolt, som ble kjørt med bil til utsettingslokaliteten (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød et al., 1988). Det antas at økt feilvandring skyldes mangelfull preging. Benyttes slep tilsier erfaringene at fisken preges til vassdraget og til utvandringsruten. Etersom Al ikke bare avsettes på fiskens gjeller, men også på luktorganet kan dette innvirke på preging av smolt under slepet når dette foregår i vann med akkumulerbart Al. Når slept smolt ankommer saltere vann vil Al elimineres. Smolten kan da preges til utsettingslokaliteten som biltransportert smolt, eller tid vann lengre inn i fjorden. De to kontrollgruppene i 2010 hadde således lik håndtering fra fangst til merking men ulik håndtering under transporten.

Foruten fisk satt ut i brakk/saltvann ble smolt også satt ut i elva. Andelen av de som ble satt ut som ankom elvemunningen var lav (n=161) i 2009. I 2010 var denne gruppen større (n=745). Det kan være flere årsaker til lav overlevelse innenfor elva. Gjeddå er identifisert som en vesentlig predator (Kristensen & Rustadbakken, 2010).

Smolt som måtte utvandre fjorden kunne foruten å bli eksponert for Al i brakkvann, også utsettes for predasjon i fjorden. Predasjon er tidligere utelukket som årsak til redusert overlevelse i disse fjordbassengene ettersom forekomst av predatorfisk er lav (Kroglund mfl., 2011b; 2011d).

8.2 Sjøoverlevelse

PIT-antenna på stasjon 1870 påviste minst 85 % av all innvandrende fisk i 2011. Ut fra denne deteksjonseffektiviteten er antall laks som oppvandret som 1-SV og 2-SV i 2011 korrigert. I 2012 hadde vi nær 100 % deteksjon. Antall laks som oppvandret i 2012 er derfor ikke korrigert.

Fra smoltårgangen 2009 er det til sammen registrert 54 gjenfangster. Korrigert for deteksjon i PIT-antenna estimeres det en gjenfangst på 64 laks. Fra smoltårgangen 2010 er det registrert 225 gjenfangster. Korrigert for deteksjon i PIT-antenna estimeres det en gjenfangst på 242 laks. Fra 2009 smoltårgangen tilbakevandret 13 % som 1-SV laks, 80 % som 2-SV laks og 7 % som 3-SV laks. Av smolt satt ut i 2010 tilbakevandret 34 % som 1-SV og 66 % som 2-SV laks. Ut fra dette dominerte 2-SV laks materialet. Forskjeller i aldersfordeling diskuteres ikke her, men denne forskjellen vil være viktig å analysere hvis fokus settes på populasjonsvariasjoner.

Den viktigste gjenfangstlokaliteten var i Storelva. Hele 89 % av alle gjenfangster var på en PIT-antenne. Smolt til voksen retur prosent (SAR) beregnes som antall returnerende voksne (alle årganger samla) dividert på antall smolt som utvandret fra en bestemt smoltårgang. Ettersom vi har fokus på sjøoverlevelse og ikke på tilbakevandring benytter vi samlet gjenfangst i estimatene. Når kun 11 % av de rapporterte gjenfangstene var utenfor Storelva hadde disse liten effekt på forskjeller mellom behandlingsgruppene. Effekter på SAR knyttet til feilvandring diskuteres senere.

SAR var omkring 4,5 % for både 2009 og 2010-smoltårgangene. Sjøoverlevelsen til laks kan variere mellom år, men man antar at den er relativt lik mellom laksebestandene innenfor Sør-Norge såfremt det ikke er elvespesifikke faktorer som påvirker den enkelte smoltbestanden. SAR-nivåene målt i Storelva var for 2009 og 2010-smoltårgangene på nivå med det som rapporteres fra Imsa. Mens overlevelsen for 1-SV laks fra Imsa har variert mellom 1,7 og 17,3 % for smoltårgangene fra 1981-2005, var den mellom 0,8 og 1,1 % for smoltårgangene 2006-2008 og på 2,5 og 1,8 smoltårgangene 2009 og 2010. Fra og med 2006-smoltårgangen har det tilbakevandret mer 2-SV laks enn 1-SV laks. Fra figur 3.1 i Anon (2011) kan tilbakevandring av 2-SV laks ha vært på ca 3,3 % i 2009 og ned mot 1,1 % i 2007. Samlet tilbakevandring for 2009-smoltårgangen blir da ca 5,8 %. Dette nivået er svært nært de vi beregnet for Storelva. Mens bruk av Carlin-merker og oppvandringsfella i Imsa skal gi god innrapportering av både feilvandrere og rettvandrere, vil bruk av PIT underestimere feilvandende og kystfiskefanget laks. Når data for 3-SV overlevelse foreligger fra 2010 smoltårgangen kan det være relevant å sammenligne aldersfordeling mellom Imsa og Storelva.

Basert på SAR-nivåene for hele materialet konkluderes det med at overlevelse fra smolt til voksen laks ikke var vesentlig forskjellig mellom Storelva og Imsa. Det må samtidig tas hensyn til forskjeller i utsettingsmetoder. I Storelva har vi både biltransportert og slept fisk til utsettingslokaliteten. Nøyere dataanalyser kan sikkert påvise ytterligere forskjeller - forskjeller vi ikke kan lese ut fra Anon (2011). Fravær av entydige forskjeller tas her som en indikasjon på at PIT-merkemetoden ikke gir dårligere sjøoverlevelse enn det som oppnås fra Imsa. Når man samtidig tar hensyn til merkemiljøet og til at vi i

Storelva marker villfisk synes resultatet akseptabelt. Gruppeforskjeller som ble påvist (se senere) kan heller ikke tilskrives merketmetoden.

8.3 SAR estimat for hver behandlingsgruppe

SAR; 2009- smoltårgangen.

SAR var på 5,3 og 5,6 % til henholdsvis biltransportert og elvevandrende fisk. Antall smolt i Elevandringsgruppa var lav, så verdien her vil være usikker. SAR til fjordvandrende smolt var på 3,4 %, eller på 64 % av Biltransportert fisken. Dette antyder gruppeforskjeller, hvor SAR til Fjordvandret smolt er lav.

Det var ingen forskjell mellom behandlingsgruppene i periode 1 (1. til 7. mai), mens SAR var redusert med ca 50 % for fjordvandrende smolt i forhold til biltransportert smolt i periode 2 og 3. Denne forskjellen vil være biologiske signifikant. Predasjon er tidligere forkastet som vesentlig påvirkningsfaktor i fjorden utenfor Storelva. Hvis predasjon likevel var en vesentlig årsak må predasjonstrykket ha økt mellom periode 1 og 2. Variasjonen i SAR kan heller ikke knyttes til forskjeller i håndtering ettersom alle behandlingsgruppene ble fanget, merket og satt ut til samme tid. Forskjellene i SAR kan knyttes til salinitet. Salinitetsnivået i 2009 økte fra periode 1 til 3. I løpet av periode 1 økte salinitet fra 0,0 til 0,8, mens periode 2 hadde et mer stabilt salinitetsnivå (0,8 til 1,0). Saltvann trengte i periode 2 inn i Lagstrømmen, men innstrømming og omrøring av saltvann var ikke tilstrekkelig stor til å heve salinitet helt inn mot Songevatn. I løpet av periode 3 økte salinitet innenfor intervallet 0,9 til 3,0 i både Nævestadfjorden og Songevatn. Etter periode 3 forble salinitet i intervallet 3 til 5 psu innenfor Lagstrømmen.

Vi vet fra atferdsstudiene utført i 2007 og 2008 at smolt brukte lang tid på å utvandre gjennom Songevatn og Nævestadfjorden. Langsom vandring var sannsynligvis også forårsaket av svakt og dårlig utviklet strømmønster i Songevatn og Nævestadfjorden. Lav vandringshastighet gjør at smolten ankommer Nævestadfjorden først dager til uker etter at den ankom. Smolt som ankom i periode 1 kunne sannsynligvis utvandre i et miljø hvor Al ikke var akkumulere, selv om smolten brukte lang tid. Smolt som ankom først i periode 2, ankom fjorden på et tidspunkt saliniteten var økende i de ytre delene av Nævestadfjorden. Saltkilen, som da var under utvikling vil ha økt i omfang og utbredelse og kan ha hemmet hele eller deler av smoltutgangen i periode 2. I periode 3 var salinitetsnivået i både Songevatn og Nævestadfjorden på et nivå hvor hemmet utvandring forventes. Data fra 2009 smoltårgang styrker hypotesen om at Al i brakkvann hemmer utvandring. Forskjeller i SAR mellom gruppene knyttes til Al i brakkvann.

SAR; 2010- smoltårgangen.

SAR var høyest hos Fjordvandret og slept smolt (5,0 %) og lavest hos biltransportert smolt (3,5 %). SAR var på 5,3 % til smolt satt ut i elva. I motsetning til i 2009 var det ingen entydig og klar utviklingstrend mellom gruppene i 2010. All fisk satt ut i brakkvann/saltvann ble satt ut i periode 1 og 2. Kun elvevandrende smolt ankom i periode 3. Periode 1 og 2 hadde salinitet innenfor intervallet 0,9 til 3,0. I periode 3 var salinitet i området 3 til 5 psu. Denne økte til 7 til 10 psu tidlig i juni. Smolt eksponert i bur i brakkvann akkumulerte til dels høye Al konsentrasjoner på gjellene i mai. Denne avtok til konsentrasjoner < 10 µg Al/g gjelle tv tidlig i juni. Endringene her kan knyttes til salinitet. I motsetning til i 2009, hvor salinitet forble på et område Al vil ha vært akkumulerebart, økte salinitet i 2010 forbi områdene hvor Al akkumuleres. Al på gjellene ble da eliminert og vandring kan ha blitt gjenopptatt.

Ettersom vi ikke kan følge enkeltfiskens vandring gjennom fjorden vet vi ikke om smolten faktisk ble hemmet under utvandring i 2010 eller ikke. Vi vet at det ikke var tydelige effekter målt som forskjeller i SAR. Basert på salinitet og på analyser av gjelle-Al vil vi forvente at utvandringen ble kraftig

hemmet i periode 1 og 2 i 2010, men at Al belastningen forsvant når salinitetsnivået passerte ca 5-7 psu tidlig i juni. Hvis Al hemmer utvandring, vil hemmingen ha opphørt i overgangen mai/juni. En tilsvarende høy økning i salinitet inntraff ikke i 2009. Ut fra vår nåværende kunnskap motsier ikke resultatene fra 2010 hypotesen om at Al i brakkvann hemmer smoltutvandring. Vi var imidlertid ikke forberedt på at vannkvalitet utover juni kunne være vesentlig for tolkningen. Dersom tolkningen er riktig, vil effektene på SAR også avhenge av hvordan salinitet endres også etter at smoltutvandringen er over. Hvis dette utvandringsvinduet åpnes tidnok til at smolten når havet på et tidspunkt sjøoverlevelse ikke påvirkes, vil ikke ugunstige forhold i brakkvann under selve smoltutvandringen trenge å bety redusert SAR. I fremtidige smoltutsettinger bør salinitet måles betydelig lengre enn det vi hittil har gjort. Det vil over tid også være heldig å kombinere PIT-telemetri med akustisk telemetri. På den måten får man data både på atferd innenfor fjorden og sjøoverlevelse.

Selv om det over konkluderes med at det ikke var signifikante forskjeller mellom gruppene i 2010, var det likevel forskjeller som var viktig. Forskjellene i SAR mellom slept og biltransportert fisk kan hverken knyttes til håndtering eller til vannkvalitet. Forskjellene støtter derimot andres konklusjon om at biltransport gir redusert tilbakevandring (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød et al., 1988; Hansen & Jonsson, 1991). Mens de eldre undersøkelsene er basert på kultivert smolt, er materialet fra Storelva basert på villfisk. Redusert tilbakevandring innebærer ikke redusert sjøoverlevelse. Hvis biltransport påvirker preging negativt kan man forvente at laks fanget i andre elver enn Storelva primært var fra biltransportert smolt.

Det er anerkjent at smoltdødeligheten er stor i den tidlige sjøfasen (Dieperink et al., 2002; Feltham, 1995; Hansen & Jonsson, 1989; Hvidsten & Hansen, 1988; Kaalaas et al., 1993; Montevecch & Cairns, 2002). Fisk som slepes ut fjorden er beskyttet mot slik predasjon, mens smolt som ble satt ut i fjorden vil være eksponert. Det ble gjennomført et omfattende fiske etter predatorfisk våren 2009 uten at man her påviste predatorene av betydning (Kroglund mfl. 2011d). Hvis predasjon var en vesentlig påvirkningsfaktor i Songevatn og Nævestadfjorden burde ikke SAR til fjordvandrende smolt vært høyere enn til slept fisk.

8.4 Fangst i andre elver og fisk fanget i kilenot

Mens 89 % av gjenfangstene var i Storelva, ble de resterende fiskene tatt i en annen elv eller i kilenot. Størst antall gjenfangster fra elv var fra Nidelva. Antall gjenfangster fra Nidelva kan være høyt som følge av nærhet til Storelva, men også som følge av at nær all laks fanget blir undersøkt for PIT-merker. Til dette benyttes det en håndscanner. Tilsvarende undersøkelser ble gjennomført i Otra i 2012 uten at man her fant noen PIT-merka laks. Laks fanget i Nidelva i 2012 var fra Biltransport (n=3), fra slep (n=1) og fra elveutsettingene (n=1). Laks fanget i Nidelva i 2010 og 2011 (n=5) var enten fra elvevandrende (n=2) eller fra fjordvandrende smolt (n=3).

Foruten Nidelva, er alle gjenfangster fra elv enten fra Numedalslågen (n=2) eller fra Örekilselven i Sverige (n=2). Begge laksene tatt i Sverige var hunnkjønn og ble satt ut i Trollbergvika i 2010 etter biltransport. Den ene som ble tatt i 2011 var 60 cm lang og veide 2 kg. Laksen tatt i 2012 var 64 cm lang og veide 2,5 kg. Laksen tatt i Numedalslågen i 2011 var 66 cm og veide 2,4 kg. Denne ble slept til Trollbergvika i 2010. Kjønn er ikke oppgitt. Laksen tatt i 2012 veide 4,9 kg. Her var merket knust under postgang så vi vet ikke hvilken utsettingsgruppe den tilhørte. Ut fra vekt var merket sannsynligvis fra smolt satt ut i 2010. Mens 0,36 % av smolten satt ut i 2009 ble gjenfanget i feil elv, var gjenfangsten i feil elv fra smolt satt ut i 2010 på 0,17 %.

Det ble tatt flere laks i kilenot fra 2010 smoltårgang enn fra 2009 smoltårgang. Dette skyldes primært at det i 2012 var en kilenot ytterst i Sandnesfjorden, Risør. Utelukkes data fra kilenota ved Risør, var kilenotfangst på 0,07 % av antall smolt satt ut begge årene. Fangstlokaliteten varierte fra Rogaland til Østfold.

Det ble i 2012 fanget 12 laks i kilenota ved Risør. Dette var laks som sannsynligvis var på vei mot Storelva. Laksen tatt her var fra Biltransport (n=7), fra Slep (n=3) og fra Fjordvandrere (n=2). Laks tatt i andre kilenøter var fra Slep (n=1) og fra Fjordutsettingene (n=1). Ett merke var knust under postgang. Vi vet ikke hvordan denne fisken ble satt ut.

Det antas at biltransport skal resultere i større feilvandring enn slep. Basert på alle innleverte PIT-merker fra laks fanget utenfor Storelva fra 2010-smoltårgangen (n=28) var gjenfangsten i forhold til antall smolt satt ut i de ulike gruppene på 0,73 % for Biltransportert, 0,55 % for Slept, 0,40 % for Fjordutsatt og 0,13 % for smolt satt ut i elva. Forskjellen mellom gruppene var således små, dog med tydelig høyest verdi for biltransportert smolt. Ettersom denne beregningen også inkluderer laks tatt i kilenot er ikke fangstprosenten synonym med feilvandring. Baseres estimatene kun på laks fangst i feil elv blir verdiene 0,26 % for Biltransportert, 0,07 % for Slept, 0,16 % for Fjordutsatt og 0,13 % for smolt satt ut i elva. Biltransporten gav 4,5 ganger høyere feilvandring. Samtidig var antall rapporterte feilvandring lavt.

Det er ingen faglig eller metodisk grunn til at biltransportert smolt skulle ha dårligere sjøoverlevelse enn slept smolt. Redusert gjenfangst kan da skyldes dårligere preging og økt feilvandring. Hvis man antar at SAR til biltransportert smolt skulle være lik SAR til slept smolt kan et mulig nivå for feilvandring beregnes. For å oppnå samme SAR fra biltransporten som vi målte fra slepegruppene i 2010 mangler vi 25 laks. Når vi har påvist 5 og mangler 25 laks kan dette summeres til 30 feilvandrende laks. Når vi påviste 5 kan dette antyde en gjenfangst på 17 % av de reelt feilvandrende fiskene (5 av 30) fiskene. Feilvandringen var på 33 % (30 av 92 laks; 67 påvist + 25 estimert). Hvis sannsynlighet for funn av PIT-merket laks utenfor Storelva var på 17 % også for de andre gruppene antyder dette en feilvandringen var på ca 6 laks fra hver av de andre gruppene. Dersom denne regneøvelsen ikke falsifiseres med nye data kan dette antyde en feilvandring på ca 20 % for laks fra Storelva. Det er ikke mulig ut fra disse tallene å konkludere om feilvandringen var alarmerende høy eller ikke. Det er tidligere konkludert med at feilvandring er alarmerende høy for laks som utvandret fra en kalka elver (Hansen mfl. 1997).

Inntil vi har mer data på gjenfangst av PIT-merker fra andre elver kan estimatet over antyde at vi får inn ca 17 % av PIT-merkene fra laks som fanges utenfor Storelva. Vi er ikke i stand til å vurdere om dette er et høyt eller lavt tall. Det at vi får innrapportert PIT-merker fra andre elver samt kilenøter betyr at det er mulig å benytte PIT også til å kvantifisere feilvandring. Deteksjons- og innrapporteringsrutiner må forbedres.

8.5 Alternative hypoteser

SAR påvirkes av en rekke faktorer i ferskvann og i havet. Vi skal ikke her gjøre en fullstendig evaluering av alle påvirkningsfaktorene. Noen faktorer er av så vesentlig karakter at de likevel bør kommenteres og evalueres som mulige alternative forklaringsmodeller til konklusjonen over.

Det er velkjent at elvemiljøet har betydning for sjøoverlevelse til laksesmolt (McCormick et al., 2009; Rosseland & Kroglund, 2010). All fisk som inngikk i våre utsettinger hadde levd under like betingelser fram til merking. Elvemiljøet kan derfor ikke være årsak til forskjeller i SAR.

Smoltifisering er en prosess hvor fisk satt for tidlig eller seint i ferskvann forventes å ha redusert sjøoverlevelse (Hansen & Jonsson, 1991; Staurnes et al., 1993; Virtanen et al., 1991). Ettersom vi fanget, merket og satte ut villsmolt under utvandring er det ingen grunn til å anta at utsettingene ble gjort til feil tid være årsak til forskjeller i SAR.

Lakselus er klassifisert som en ikke-stabilisert eksistensiell trussel (Anon 2012). Både lakselus og AI i brakkvann vil påvirke smolten først etter at den har forlatt elva. Under fjordvandringen vil laksesmolt

som først opplevde Al i brakkvann (i områdene som har 1 til 7 psu i salinitet) deretter kunne oppleve lakselus (i områdene med > 16 psu i salinitet). Fra ferskvannsstudier vet vi at Al-eksponert laksesmolt er mer følsom for lakselus enn kontrollfisk (Finstad et al., 2012; Finstad et al., 2007; Hvidsten et al., 2007; Skilbrei et al.). Det kan ikke utelukkes at smolt som påvirkes av Al i brakkvann er mer følsom for lakselus enn smolt som ikke ble eksponert for Al. Det er imidlertid lite lakselus utenfor Sandnesfjorden om våren (Bjørn mfl., 2009). Hvis lakselus hadde en vesentlig innvirkning på SAR her, burde alle gruppene blitt påvirket. Forsøkene utført utenfor Storelva danner en modell som bør benyttes til analyse av tilsvarende forsøk utført på laksesmolt fra Vosso.

Transport av smolt til og utsetninger i kystvannet forventes å gi redusert gjenfangst i «hjemmeelv» i forhold til fisk som settes ut i elva eller i elvemunning (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød et al., 1988; Hansen & Jonsson, 1991). Dette skyldes at smolt satt ut i kystvann vil være dårligere preget til hjemmeelv. Resultatene fra 2010-smoltårgangen kan tyde på at vi hadde økt feilvandring fra biltransportert smolt. Samme økte feilvandring bør da også ha vært tilstede i 2009 –utsettingene. Det ble antydnet en feilvandring på 33 % for Biltransportert smolt i 2010. Hvis feilvandringprosenten var like stor i 2009 mangler vi 10 laks fra utsettingene i 2009. Korrigeres sjøoverlevelse i forhold til dette økte SAR for Biltransportert smolt i 2009 fra 5,3 til 6,9 %. Forskjellen mellom Biltransportert og Fjordvandret smolt blir da større enn det vi har beregnet ovenfor. Vi kan ikke vurdere om dette estimatet er riktig eller ikke. Inntil vi har mer data velger vi å konkludere med at eventuelle negative effekter knyttet til biltransport må evalueres med nye utsetninger. Nye utsetninger ble foretatt i 2012.

Alle grupper satt ut i fjorden ble holdt i restitueringskasse i ett døgn før de ble sluppet fri. Smolt som ble transportert til Trollbergvika med bil ble satt ut i det salteste vannet. Det er mulig at fisken ikke var saltvannstolerant, hvor den gradvise tilvenningen de andre gruppene erfarte bidro til økt overlevelse. Denne hypotesen ansees ikke som relevant ettersom fisk satt ut i bur i 30 psu vann hadde normal ioneregulering.

Stor smolt har høyere sjøoverlevelse enn små smolt (McCormick et al., 1998). Dette er basert på flere undersøkelser (Carlin, 1969; Hansen & Lea, 1982; Peterson, 1973; Ritter, 1972). Små smolt vil være lettere predatert samtidig som de har et mindre kroppsvolum som gjør dem dårligere til å ioneregulere de første timene i saltvann (Conte & Wagner, 1965; Houston, 1961). Små smolt er underrepresentert i gjenfangstene. Dette kan tyde på redusert sjøoverlevelse til disse. Det var ingen imidlertid ingen størrelsesforskjell mellom utsettingsgruppene. Størrelse kan derfor ikke benyttes til å forklare forskjellene i SAR.

Forholdene i havet påvirker sjøoverlevelsen (Friedland et al., 1996; Friedland et al., 1998; Peyronnet et al., 2007). Vi har data fram til selve smoltutsettingene og deretter først når laksen er gjenfanget. Vi vet ingenting om hvor fisken vandret og hva den opplevde på havet. Vi må likevel kunne anta at havpåvirkningene var «lik» for alle utsettingsgruppene, men at forhold i havet kan påvirke fordeling av 1- og 2-SV fisk. Hvis Al i brakkvann eller andre påvirkningsfaktorer påvirker sjøalderfordeling kan påvirkningen dra resultatet i begge retninger, avhengig av om det var gode eller dårlige forhold i havet. Dette må analyseres når datavolumet øker med gjenfangster av smolt satt ut i 2012.

Det er velkjent at smolt blir økende følsom for håndtering med økende smoltifisering. SAR-verdiene avtok fra periode 2 til 3 for biltransportert smolt i 2009. SAR avtok fra periode 1 til 2 for alle smoltgrupper i 2010. Vi kan ikke fastslå om dette skyldes økt følsomhet med økende dato eller andre faktorer vi ikke har kontroll over. I 2010 ble nær all smolt merket 6 km ovenfor elvemunningen, eller ca 1 uke før de vil ha ankommet havet. I 2012 ble en andel av smolten merket i elvemunningen som i 2009. Dette kan evalueres ytterligere når data fra 2012 foreligger.

9. Konklusjon

Al i brakkvann påvirker mange ulike organismegrupper. Oppdrettslaks dør når akkumulering av Al på gjellene overstiger kritiske nivå. Målet med prosjektet har vært å fastslå om Al i brakkvann kunne ha en bestandseffekt på villaks.

Smolt ble merket under utvandring i 2009 og 2010. Mens det ble påvist variasjon i smolt til voksen ratio i prosent (SAR) mellom grupper smolt satt ut i 2009, var det kan marginal forskjell for smolt satt ut i 2010. SAR påvirkes av mange påvirkningsfaktorer. Få av disse kan forklare de observerte forskjellene i SAR mellom behandlingsgruppene. Behandlingsgruppene ble fanget, merket og håndtert likt. Forskjellene ble etablert ved at merket smolt ble satt ut på ulike steder fra elva til ytre fjord. Vi forkaster at variasjon i SAR kan forklares ut fra vannkjemi i elva, tidspunkt for når smolten ble satt ut, predasjon i tidlig sjøfase og lakselus. All fisk hadde samme opphav og lik håndtering frem til utsetting. Utsettingsmetode kan ha påvirket gruppeforskjeller i SAR, men metode kan ikke forklare forskjellene vi observerte knyttet til endring i salinitet i løpet av våren. I forhold til de kjente påvirkningsfaktorene gjenstår da Al i brakkvann (og salinitet) som den enkleste forklaringsvariabel. Selv om vi her knytter responsene til salinitet, vil påvirkningsfaktoren være Al i brakkvann. Mengde og giftighet til Al i brakkvann er nært knyttet til tilførsel (fra ferskvann) og salinitet.

Effekten av Al i brakkvann i forhold til SAR var større i 2009 enn i 2010 til tross for at mer Al ble akkumulert på fiskegjellene i mai 2010. Dette tilsynelatende paradokset kan forklares med hvordan salinitetsnivået i de indre fjordområdene utviklet seg utover i sesongen. Mens salinitet forble på et nivå hvor Al vil ha vært biotilgjengelig utover forsommeren 2009, økte salinitet til nivåer hvor Al vil bli eliminert fra gjellene overgangen mellom mai og juni i 2010. Selv om smoltutvandringen i 2010 kan ha blitt hemmet i sin utvandring initialt, kunne denne smolten gjenoppta sin utvandring når Al-belastningen avtok mot slutten av mai/tidlig juni. Smolten vil da ankomme kystvannet forsinket (1 til 2 uker), men ikke nødvendigvis for seint i forhold til å overleve normalt fra smolt til laks. For å få sikrer data på hemming og gjenopptagelse av utvandring må smolt merkes med akustiske sendere. Inntil slik data foreligger, hvor atferd innen fjord knyttes til SAR forblir tolkningen over en hypotese.

Ut fra erfaringene hittil vil Al i brakkvann ha varierende bestandseffekt. Variasjonen knyttes til sesongsvingninger i salinitet, hvor de kritiske salinitetsnivåene er lokalisert og hvordan salinitet endres i løpet av sesongen. Dette vil være forhold som også vil variere mellom år. Vi må kunne anta at tilsvarende variasjoner vil være tilstede også i andre fjorder påvirket av Al i brakkvann. Tilsvarende brakkvannsområder er påvist utenfor en rekke elver i Rogaland og Hordaland. Dersom smolten ankommer kyststrømmen noen uker forsinket, vil den ankomme en kyststrøm bestående av varmere vann. På Vestlandet vil da Al ha en direkte effekt ved å påvirke når smolten ankommer kyststrømmen og en indirekte effekt ved at smolten først ankommer kyststrøm når tettheten av lakselus vil være økende. Al i brakkvann kan således bidra til å forsterke effektene av lakselus.

Resultatene slik de fremstår til nå antyder at Al i brakkvann kan redusere tilbakevandring av laks med 50 % (for 2009 smolt-årgangen), eller ha ingen betydning (for 2010-smoltårgangen). Det forventes mer laks tilbake fra 2010-smoltårgangen i 2013. I 2013 forventes det også retur av en-sjøvinterlaks merket og satt ut i 2012. Konklusjonene over må valideres mot utsettingene i 2012 og mot nye utsettinger. Merkeprogrammet bør videreføres også i 2013 for å få mer bredde i dataene.

10. Referanser

- Anon. 2012. Lakselus og effekter på vill laksefisk – fra individuell respons til bestandseffekter. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3, 56 s.
- Bjerknes, V., Fyllingen, I., Holtet, L., Teien, H.C., Rosseland, B.O. and Kroglund, F., 2003. Aluminium in acidic river water causes mortality of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norwegian fjords. *Marine Chemistry*, 83(3-4): 169-174.
- Bjerknes, V., Kroglund, F., Åtland, Å., Barlaup, B.T. and Stefansson, S., 2008. Aluminium som trusselfaktor i brakkvann. I: Barlaup, Bjørn T. (redaktør). Nå eller aldri for Vossolaksen – anbefalte tiltak med bakgrunn i bestandsutvikling og trusselfaktorer . DN-utredning 2008-9.
- Bjerknes, V., Åtland, Å., Kristensen, T., Kroglund, F., 2005. Eksponering av torsk i estuarine blandsoner. Effekter av lav salinitet og aluminium. NIVA. Rapport 1. nr OR-5032. 17 s.
- Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø., Boxaspen, K.K. and Øverland, T., 2009. Nasjonal lakselusovervåkning 2008 på ville bestander av laks, sjørørret og sjørøye langs Norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. NINA Rapport 447: 52 pp.
- Carlin, B., 1969. Salmon tagging experiments. . Swedish Salmon -Res. Inst. Rep., 3: 8-13.
- Diserud, O.H., Kroglund, F., Teien, H.C. and Tjomsland, T., 2012. Modelling av gjellealuminium.
- Finstad, B., F. Kroglund b, P.A.B.c., R. Nilsen c, K. Pettersen a, B.O. Rosseland d, H.-C. Teien d, T.O. Nilsen e, and S.O. Stefansson e, B.S.d., P. Fiske a, L.O.E. Ebbesson e,f, 2012. Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon postsmolts experiencing episodic acidification and recovery in freshwater. *Aquaculture* 362–363 (2012) 193–199.
- Finstad, B., Iversen, M. and Sandodden, R., 2003. Stress-reducing methods for releases of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in Norway. *Aquaculture*, 222(1-4): 203-214.
- Finstad, B. and Jonsson, N., 2001. Factors influencing the yield of smolt released in Norway. *Nordic J. Freshw. Res.*, 75: 37-55.
- Finstad, B., Kroglund, F., Strand, R., Stefansson, S.O., Bjorn, P.A., Rosseland, B.O., Nilsen, T.O. and Salbu, B., 2007. Salmon lice or suboptimal water quality - Reasons for reduced postsmolt survival? *Aquaculture*, 273(2-3): 374-383.
- Gunnerød, T., Hvidsten, N. and Heggberget, T., 1988. Open sea releases of Atlantic salmon smolts, *Salmo salar*, in central Norway, 1973-83. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 45(8): 1340-1345.
- Haraldstad, Ø. and Matzow, D., Hesthagen, T.H., Haugland, S., Barlaup, B.T., Hindar, A., Hindar, K., Johnsen, B.O., Kroglund, F., Langåker, R.M., Larsen, B.M., Sandøy, S. & Balstad, T. , 2005. Strategies for re-establishing Atlantic salmon (*Salmo salar*) in two limed rivers in southern Norway Poster. 7th International Conference on Acid Rain, Prague, Czech Republic June 12-17, 2005
- Heggberget, T.G., Hvidsten, N.A., Gunnerød, T.B. and Mokkalgerd, P.I., 1991. Distribution Of Adult Recaptures From Hatchery-Reared Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*) Smolts Released In And Offshore Of The River Surna, Western Norway. *Aquaculture*, 98(1-3): 89-96.
- Hesthagen, T. and Hansen, L.P., 1991. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Norway due to acidification. *Aquacult.Fish.Manage.*, 22: 85-91.
- Hesthagen, T., Larsen, B.M. and Fiske, P., 2011. Liming restores Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations in acidified Norwegian rivers. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 68(2): 224-231.
- Hvidsten, N.A., Finstad, B., Kroglund, F., Johnsen, B.O., Strand, R., Arnekleiv, J.V. and Bjorn, P.A., 2007. Does increased abundance of sea lice influence survival of wild Atlantic salmon post-smolt? *Journal of Fish Biology*, 71(6): 1639-1648.
- Hyne, R.V. and Wilson, S.P., 1997. Toxicity of acid-sulphate soil leachate and aluminium to the embryos and larvae of Australian bass (*Macquaria novemaculeata*) in estuarine water. *Environ. Pollution*, 97: 221-227.

- Kristensen, T. and Rustadbakken, A., Kroglund, F., Guttrup, Jim., Johansen, Åsmund., Hawley, K., Rosten, C., Kjøsnes, Arne Jørgen., 2010. Gjeddass betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder.. NIVA. Rapport I. nr OR-6085. 31 s.
- Kroglund, F. and Finstad, B., 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 222(1-4): 119-133.
- Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Nilsen, T.O., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H.C. and Salbu, B., 2007a. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture*, 273(2-3): 360-373.
- Kroglund, F., Guttrup, J., Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B. and Teien, H.C., 2007b. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA rapport 5366-2007: 47.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugem, T., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J. and Johansen, Å., 2012. Påvirkes laksemolt av aluminium i brakkvann? Gjenfangst av oppvandrende laks merket og satt ut som smolt i Storelva i Holt, Aust-Agder i 2009 og 2010. . NIVA rapport 6291. 45 s.
- Kroglund, F., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Salbu, B., Kristensen, T. and Finstad, B., 2008. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminum simulating episodes. *Hydrology And Earth System Sciences*, 12(2): 491-507.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O. and Salbu, B., 2001. Time and pH-Dependent detoxification of aluminum in mixing zones between acid and non-acid rivers. *Water Air And Soil Pollution*, 130: 905-910.
- Kroglund, F., Wright, R.F. and Burchart, C., 2002. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. NIVA-rapport nr. 4501: 61pp.
- Kroglund, F., Åtland, Å., Bjerknes, V. and Barlaup, B.T., 2004. Aluminium som trusselfaktor i brakkvann. Vossolaksen, bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak. DN Utredning 2004-7.
- McCormick, S.D., Lerner, D.T., Monette, M.Y., Nieves-Puigdoller, K., J.T., K. and Björnson, T.B., 2009. Taking It with You When You Go: How Perturbations to the Freshwater Environment, Including Temperature, Dams, and Contaminants, Affect Marine Survival of Salmon. *American Fisheries Society Symposium* 69:195-214, 2009, 69: 195-214.
- Moore, A., A.P. Scott, N. Lower, I. Katsiadaki, and L. Greenwood, 2003. The Effects of 4-Nonylphenol and Atrazine on Atlantic Salmon (*Salmo salar* L) Smolts. *Aquaculture* 222:253-263.
- Moore, A., Lower, N., Mayer, I. and Greenwood, L., 2007. The impact of a pesticide on migratory activity and olfactory function in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture* 273 (2007), 273: 350–359.
- Otero, J., Jensen, A.J., L'Abée-Lund, J.H., Stenseth, N.C., Storvik, G.O. and Vøllestad, L.A., 2011. Quantifying the Ocean, Freshwater and Human Effects on Year-to-Year Variability of One-Sea-Winter Atlantic Salmon Angled in Multiple Norwegian Rivers. *PLoS One*, 6(8): e24005.
- Rosseland, B.O., Bjerknes, V., Guldborg, B., Håvardson, B., Kroglund, F., Kvellestad, A., Litlabø, A., Rosten, T., Teien, H.C., Toften, H., Tørud, B. and Åtland, Å., 2007. Episoder med dårlig vannkvalitet som har ført til produksjonsslidelser eller tap av fisk. I: *Vannkvalitet og smoltproduksjon* (Bjerknes, V., red), Jul forlag, pp 9-55.
- Rosseland, B.O. and Kroglund, F., 2010. Ecological consequences of pollution: lessons from acidification and pesticides. I: *Salmon Ecology* (Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skuldal, J. red). . Wiley, Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-4051-9769-4. 496 s.
- Rosseland, B.O., Salbu, B., Kroglund, F., Hansen, T., Teien, H.-C., Håvardstun, J., Åtland, Å., Østby, G., Kroglund, M., Kvellestad, A., Pettersen, O., Bjerknes, V., Wendelaar Bonga, S., van Ham, E.H., Lucassen, E., Berntssen, M.H.G. and Lohne, S., 1998. Changes in metal speciation in the interface between freshwater and seawater (estuaries), and the effects on Atlantic salmon and marine organisms. - Final Report to The Norwegian Research Council, Contract no. 108102/122.
- Sandøy, S. and Langåker, R.M., 2001. Atlantic salmon and acidification in Southern Norway: A disaster in the 20th century, but a hope for the future? *Water Air And Soil Pollution*, 130(1-4): 1343-1348.

- Santos, I., de Weys, J. and Eyre, B., 2011. Groundwater or floodwater? Assessing the pathways of metal exports from a coastal acid sulphate soil catchment. *Environmental Science & Technology*.
- Skilbrei, O., Finstad, B., Urdal, K., Bakke, G., Kroglund, F. and Strand, R., Impact of early salmon louse (*Lepeophtheirus salmonis*) infestation, and differences in survival and marine growth of sea-ranched Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts 1997 – 2009 (sealice 2012). *Journal of Fish Diseases*.
- Staurnes, M., Hansen, L.P., Fugelli, K. and Haraldstad, O., 1996. Short-term exposure to acid water impairs osmoregulation, seawater tolerance, and subsequent marine survival of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can.J.Fish.Aquat.Sci.*, 53, no. 08: 1695-1704.
- Staurnes, M., Kroglund, F. and Rosseland, B.O., 1995. Water quality requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in water undergoing acidification or liming in Norway. *Water Air And Soil Pollution*, 85: 347-352.
- Teien, H.C., Andrén, C., Kroglund, F. and Salbu, B., 2005. Changes in gill reactivity of aluminium species following liming of an acid and aluminium-rich humic water. . . *Verh int Verein Limnol* 29: 837-840.
- Teien, H.C., Kroglund, F., Salbu, B. and Rosseland, B., 2006. Gill reactivity of aluminium-species following liming. *Science of the Total Environment*, 358: 206-220.
- Thake, B., Herfort, L., Randone, M. and Hill, G., 2003. Susceptibility of the Invasive Seaweed *Caulerpa taxifolia* to Ionic Aluminium. *Botanica Marina*, 48: 17-23.
- Tjomsland, T. and Kroglund, F., 2010. Modellering av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør. NIVA. Rapport 1. nr OR-6049. 31 s.
- White GC, Burnham KP. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120-139.
- Wilson, S.P. and Hyne, R.V., 1997. Toxicity of acid-sulfate soil leachate and aluminum to embryos of the Sydney Rock oyster. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 37(1): 30-36.

Vedlegg A. Deteksjonssannsynlighet på PIT-antennene

Når SAR skal estimeres bør både antall smolt som utvandret og gjenfangst være rimelig god. I estimatet for SAR inngår fisk fanget i andre elver, i kilenøter (+ annet sjøfiske) og i heimelva. Vi antar at tall for feilvandrere og sjøfisket vil gi et underestimert fordi ikke alle merker påvises eller innrapporteres.

Oppvandring av PIT-merka laks er det gjenfangstenheten vi kan sikre best data fra. Det er derfor nedlagt betydelig innsats på å holde antenner operative og fungerende. For å vurdere antennenes funksjon er det benyttet en signalgiver (signalgiver avgir en kode hver halve time; justerbart fra 10 sekunder til hver ½ time). Denne vil påvise alvorlige funksjonsfeil ved antenna. Feil kan spenne fra strømstans til at antenna er ut av resonans. Deteksjon på en stasjon kan analyseres på mange måter. Deteksjonseffektivitet er her basert på andel påvist på antenne 1 og 2 (PIT-1870) og ut fra deteksjon i ovenforliggende antenner. For voksenfiskoppvandringen i 2011 har vi også data på utvandring av disse i 2012. Når de ble påvist utvandrende i 2012 burde de ha blitt påvist som innvandrende fisk i 2011. Dette benyttes til å anslå deteksjon i 2011. Følgende tre datasett inngår i vurderingene for 2012:

- Når du påvises ved Trappa, bør du også være påvist forbi Angelstad og PIT-1870.
- Når du påvises ved Angelstad bør du være påvist forbi PIT-1870.
- Når du påvises ved PIT-1870 bør du være påvist på begge antennene.

Deteksjon med signalgiver

PIT-1870; PIT-deteksjon av signalgiver og fisk med id: 170031566

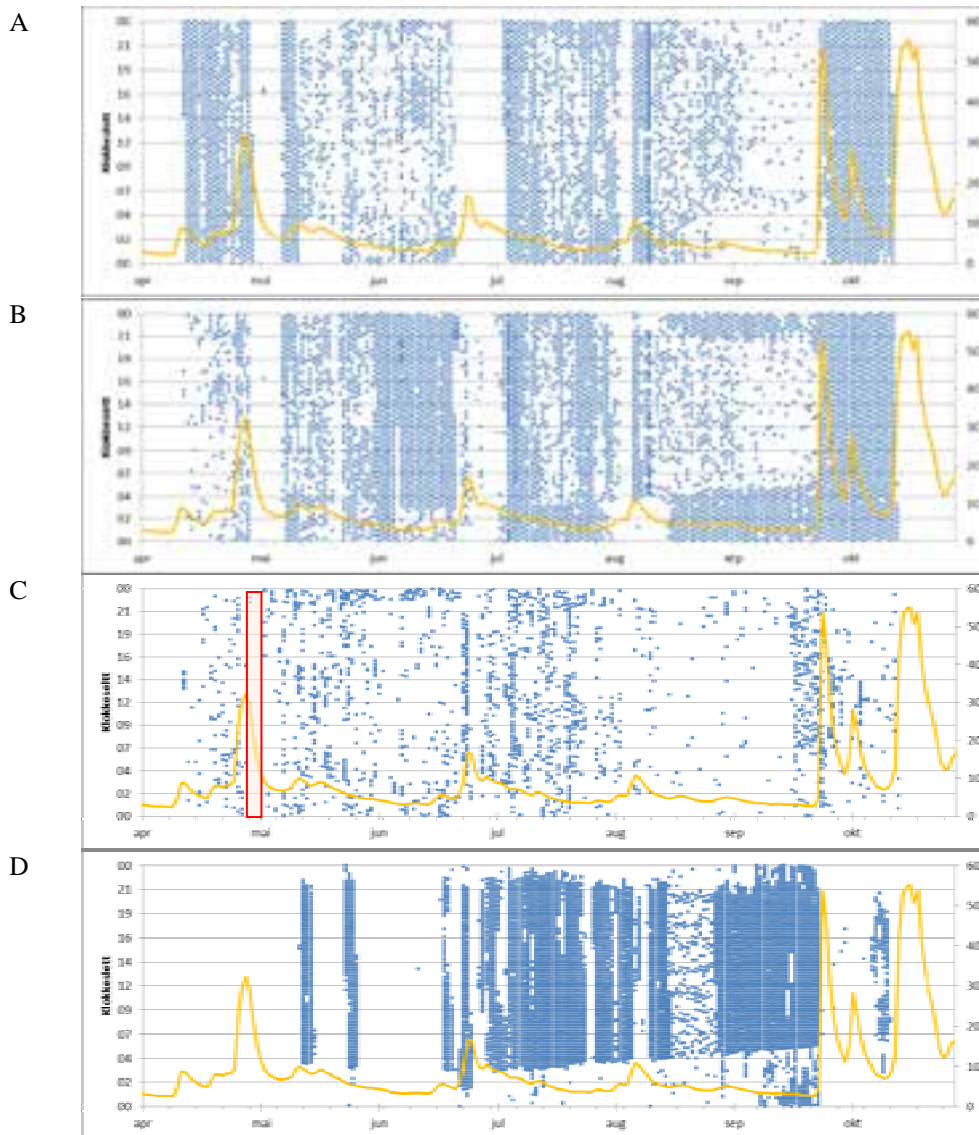
Det var to antenner ved PIT-1870. Det var problemer med antennedrift knyttet til flom tidlig i mai. Flommen knekte antennefestene og antennene ble revet løs. En nødantenne ble etablert. Denne fungerte kun delvis og god deteksjon ble ikke reetablert før flommen hadde avtatt til nivå det gikk an å arbeide i elva. Det var også problemer med stabil strømleveranse i mai. Dette ble løst med hyppigere bytting av batterier. Vi mangler således god deteksjon fra 30. april til 8. mai.

Signalgiverene ble ikke detektert i perioden 22. juni til 5. juli (**Figur 18ab**). Det ble påvist passerende fisk denne perioden så feilen her skyltes signalgiveren, ikke antennene (**Figur 18c**). Signalgiverene ble kun delvis påvist i august og september. Dette hullet i deteksjon var forårsaket av en fisk (id: 170031566; omtales nedenfor). Når denne fisken forsvant under flommen fra 25. september ble signalgiverene igjen påvist som normalt.

Det ble påvist fisk på antennene hele sommeren (**Figur 18c**). Det var få observasjoner i august og fram til 18. september. Vi fryktet at dette kunne skyltes kodekollisjon med fisk med id: 170031566 ettersom perioden med lav deteksjon sammenfalt i tid med den perioden signalgiverene også manglet deteksjon (**Figur 18d**). Hvis fisk med id: 170031566 forårsaket kodekollisjoner kunne vi ha mistet deteksjon av oppvandrende fisk. Dette ville påvirke antall oppvandrende laks vi påviste og dermed estimatet for SAR. Det ble gjort forsøk med å skremme bort fisken, med å fiske den opp (stang) og med el-fiske. Ingen av disse forsøkene virket. Fisken favorittsted var ved en stein plassert mellom de to antennene. Den ble dermed påvist på begge antennene.

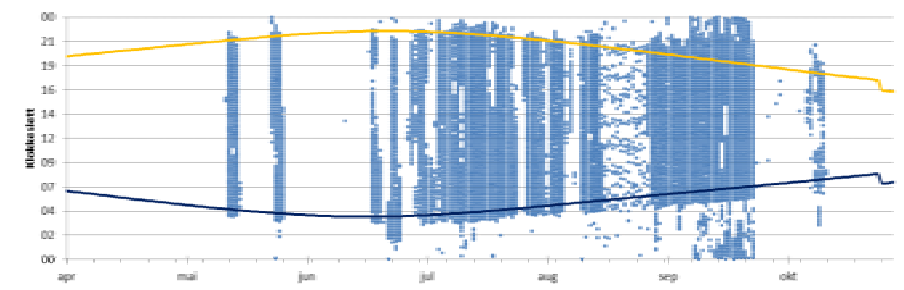
Basert på andre data (se senere) konkluderes det med at fisk med id: 170031566 ikke påvirket deteksjon av innvandrende fisk. Systemet var således mer robust enn det vi følte gjennom sommeren.

Vi fikk imidlertid mye merarbeid med datatapping. Denne ene fisken medfører at en datatapping som normalt tar 15 minutter kunne nå ta 5 til 8 timer. Tilsammen har vi > 10 mill. data på denne ene fisken.



Figur 18. Deteksjon av signalgiver på antenne 1 (øverst), antenne 2 (midten) og av fiskepasseringer (nederst).

Fisk med id: 170031566 var en ørret merket i 2011 (**Figur 18d**). Fisken ankom PIT-1870 12. mai og var der i første omgang til 15. mai. Etter et fravær på 9 dager ankom den på nytt mot 24. mai og var på stasjonen fram til 26. mai. Etter en ny fraværperiode frem til 19. juni var den tilstedeværende på stasjonen resten av sesongen. Fisken forlot stasjonen hver kveld omkring kl. 23 for å returnere neste morgen. I juli returnerte den ca kl. 04, men tidspunktet økte til ca kl. 06 i september. Antall observasjoner mellom sen kveld og tidlig morgen var lav, men ikke fraværende. I perioden mai til september synes ankomst og avgang å være like før og etter henholdsvis solopp- og solnedgang. Dette mønsteret brøt mer sammen i september når fisken i økende grad ble observert på stasjonen hele døgnet.

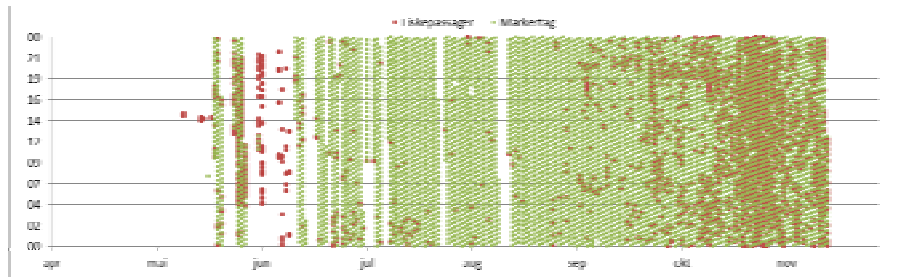


Figur 19. Deteksjon av ørret med id: 170031566 på PIT-1870. De horisontale linjene angir klokkeslett for soloppgang og –nedgang.

Angelstad; PIT- deteksjon av signalgiver

Angelstad: Antenna var operativ fra 19. mai. Det var periodevis svikt i strømforsyningen til denne stasjonen. Bedre rutiner for bytting av batteri ble etablert 12. juni. Fullstendig stabil strømforsyning ble etablert først 14. august. Fra da til 25. november (siste datatapping før vinteren) var det ikke driftsstans ved stasjonen. Stasjonen har fungert rimelig godt siden midten av juni 2012. Før denne datoen vil fisk ha passert uten deteksjon.

PIT-Angelstad var en stor antenne etablert for å påvise nedvandrende ål. Erfaringene med denne antenne viser at vi kan påvise anadrom fisk i elveavsnitt på minst 40 m såfremt vann dybden ikke blir for stor.



Figur 20. Deteksjon av signalgiver (grønne prikker) og av fiskepasseringer (røde prikker) på PIT-Angelstad i 2012.

Laksetrappa; PIT- deteksjon av signalgiver

Det ble ikke benyttet signalgiver ved Trappa. Her var det hyppig strømstanser. Målet med stasjonen var å undersøke om vi behersket en lokalitet med mye støy fra høyspentlinjer samt fra kamjern i damkonstruksjonen. Vi vet ikke hvor mange oppvandrende laks vi ikke har påvist. Et estimat for dette kan gjøres hvis data fra video analyseres. Fisk som har passert benyttes i videre analyser.

Deteksjon av utvandrende laks i 2012 som innvandret i 2011

I 2011 ble det konkludert med at deteksjon på stasjon PIT-1870 i hovedsak var god og >80 %. Minst en av antennene detekterte >90 % av fisken. Det utvandret i 2012 til sammen 29 laks og 9 ørret som innvandret i 2011 for å gyte. Vi påviste 83 % av laksen som innvandrende fisk, men kun 67 % av ørreten (**Tabell 22**). Noe av forskjellen mellom laks og ørret kan skyldes antall fisk, men også at ørret har et vandringsatferd som avviker fra laksens.

Tabell 22. Antall utvandrende laks påvist i 2012 som var påvist som innvandrende i 2011.

	2009 smolt	2010 smolt	Ørret 2010
Opp 2011	5	19	6
Ut 2012	6	23	9
Prosentandel påvist inn	83 %	83 %	67 %

Deteksjon på flere stasjoner og antenner

Påvist på flere PIT-stasjoner

Når fisk passerte PIT-1870 kan de vandre opp men stanse før Angelstad eller passere Angelstad for å stanse før Trappa eller passere Trappa. Hvis alle antenne fungerte 100 % skulle all fisk som passerte Trappa være påvist på begge stasjonene nedstrøms, mens all fisk som passerte Angelstad skulle blitt påvist ved PIT-1870.

All fisk som ble påvist i Trappa var tidligere påvist ved PIT-1870 (n=27). Seks fisk manglet ved Angelstad. Denne fisken må ha passert Angelstad i tidsrommet 3. til 29. juni. Dette var en periode vi hadde problemer med strømforsyningen til Angelstad. Manglende deteksjon knyttet derfor til strømmangel og ikke til antennefunksjon. Samtlige laks påvist i trappa var påvist inn i vassdraget (**Tabell 23**).

Det ble påvist 99 laks ved Angelstad som også var påvist inn i vassdraget (**Tabell 23**). Det ble påvist 7 laks ved Angelstad som ikke var påvist inn i elva. Til sammen må 112 laks ha passert Angelstad (99+6+7). Av disse var 105 (99+6) påvist inn i elva. Dette gir en deteksjon på 93,8 % ved PIT-1870.

Utover de som vandret opp og forbi Angelstad har vi 25 laks inn i elva som ikke er påvist lengre opp (**Tabell 23**). Av disse ankom 18 ført i juli og august. Dette var perioder hvor antennene fungerte tilfredsstillende. Denne fisken kan da ha stanset før Angelstad under oppvandring. Det var ikke angst av laks i Storelva i 2012 (frivillig fredning) så vi antar de ikke er avlivet.

Tabell 23. Antall oppvandrende PIT-merka laks (smoltårgangen 2009 til 2011) påvist på en eller flere av PIT-antenne i Storelva i 2012 (n=131).

Påvist	Trappa	Angelstad	PIT-1870
Trappa og PIT-1870	27	0	27
Trappa og Angelstad og PIT-1870	21	21	21
Trappa og PIT-1870, men ikke på Angelstad	6	0	6
<i>Sum påvist trappa</i>	27		
Angelstad og PIT-1870		99	99
Angelstad, men ikke på PIT-1870		7	0
<i>Sum påvist Angelstad</i>		106	
Kun påvist PIT-1870			25
<i>Sum påvist PIT-1870</i>			124

Påvist på flere antennene; PIT-1870

Antenneeffektivitet ved 1870 er bestemt ut fra samtlige fiskepassering og alle arter. Mens smolt og vinterstøing vil dominere i deteksjon i periode 1, vil oppvandrende fisk dominere i periode 2 og 3 (**Tabell 24**).

Antall fisk som ble påvist på begge antennene ved PIT-1870 var rimelig likt (unntak for sørv periode 1), men det var stor variasjon i hvor godt den enkelte antenna påviste fisken (**Tabell 24**). Periode 1 detekterte dårlig for all fiskearter. Dette var som forventet ettersom flommen tok og ødela antennefestet tidlig i mai. En provisorisk antenne påviste fisk, men deteksjon var ikke robust denne perioden. Av til sammen 83 påviste passeringer ble 52 kun påvist på en antenne. I periode 2 ble kun 2 av 112 laks eller sjørret påvist på bare en antenne. Når 98 % av fisken ble påvist på to antenner må deteksjon denne perioden betegnes som meget god. I periode 3 ble 10 av 54 laks og sjørret påvist på kun en antenne. Dette betyr at ca 81 % av fisken ble påvist på begge antennene.

Samlet vurderes deteksjon i periode 2 og 3 som god. Samlet ble 93 % av fisken påvist på begge antennene.

Tabell 24. Antall smolt, vinterstøing og oppvandrende anadrom fisk og sørv påvist på en eller begge antennene på PIT-1870 i 2012. Antall passert er antall unike passeringer uavhengig av antennennummer. Periode 1 er fra april til mai, periode 2 fra juni til september og periode 3 fra september ut året. A1 og A2 angir antennennummer.

	Antall påvist A1	Antall påvist A2	Antall Passert	% påvist A1	% påvist A2	Antall påvist på en antenne	Antall påvist på to antenner
Laks 12 P1	44	42	83	53.0	50.6	52	17
Laks 12 P2	93	94	94	98.9	100.0	1	93
Laks 12 P3	24	22	25	96.0	88.0	4	21
Ørret 12 P1	76	71	147	64.6	95.2	87	30
Ørret 12 P2	18	17	18	83.3	61.1	1	17
Ørret 12 P3	26	26	29	55.2	27.6	6	23
Sørv 12 P1	41	81	82	50.0	98.8	42	41
Sørv 12 P2	57	63	70	81.4	90.0	20	50
Sørv 12 P3	3	3	3	100.0	100.0	0	3

Vedlegg B. Oppvandring voksen fisk

2009-smoltårgang

	PIT-nr	2010 1-SV	2011 2-SV	2012 3-SV	2012 2-SV inn Vin ut	2012 Kun påvist ut Vin ut	Fangstlok
Antall	54	6	43	4	5	1	
Prosentbidrag sjøalder		11.1	79.6	7.4			
09/S-Bi	168274830	20.5.					
09/S-Bi	168274857		27.6.				
09/S-Bi	168274860		26.7.				
09/S-Bi	168274878			13.5.			
09/S-Bi	168274887			29.5.			
09/S-Bi	168274898		31.7.				
09/S-Bi	168274914		25.7.				
09/S-Bi	168275094		27.7.				
09/S-Bi	168275146		10.7.		26.4.		
09/S-Bi	168275264		27.7.				
09/S-Bi	168275299		21.6.		24.4.		
09/S-Bi	168275438		24.7.		22.4.		
09/S-Bi	168304822		20.5.				
09/S-Bi	168304899		20.5.				
09/S-Bi	168305156		26.7.				
09/S-Bi	168305159		18.7.				
09/S-Bi	168305184		3.7.				
09/S-Bi	168305435		11.7.				
09/S-Bi	168305523		1.7.				
09/S-Bi	168305534		2.9.				
09/S-Bi	168305944		17.6.		26.4.		
09/S-Bi	168306043		3.7.				
09/S-Bi	168306055		10.6.				
09/T2-Bi	168274746		6.7.				
09/T2-Bi	168305283		8.9.				
09/T2-Bi	168305361		17.8.				
09/T2-Bi	168305491		12.6.				
Ødelagt merke	999999002		6.8.				
09/S-So	168273739		13.7.				
09/S-So	168273769	7.8.					
09/S-So	168273873		1.7.				
09/S-So	168274796		6.9.				
09/S-So	168274824		6.7.				
09/S-So	168274868		10.6.				
09/S-So	168274899		19.7.				
09/S-So	168275120		nn			3.5.	
09/S-So	168275182		30.6.				
09/S-So	168275248		8.7.		26.4.		
09/S-So	168275445		1.7.				
09/S-So	168275489			10.5.			
09/S-So	168275505			28.6.			
09/S-So	168305244		8.7.				
09/S-So	168305325	9.9.					
09/S-So	168305382		6.7.				
09/S-So	168305383		12.6.				
09/T2-So	168275064		11.6.				
09/T2	168274730	6.8.					
09/T2	168274731	19.8.					
09/T2	168274952	5.8.					
09/T2	168274987		18.5.				
09/T2	168275055		14.6.				
09/T2	168275057		24.6.				
09/T2	168275222		10.6.				
09/T2	168305348		24.6.				

2010-smoltårgang

	PIT-nr	2010 0-SV	2011 1-SV	2012 2-SV	2012 1-SV inn Vin ut	2012 Kun påvist ut Vin ut	Fangstlok
Antall	222	3	72	147	19	4	
Prosentbidrag sjøalder		1.4	32.4	66.2			
10/B-Bi	169981524		nn			16.4.	
10/B-Bi	170004327			27.8.			
10/B-Bi	170004361			9.7.			
10/B-SI	168306576			21.9.			
10/B-SI	169981436		26.7.				
10/B-SI	170003631			10.7.			
10/B-SI	170003646			8.7.			
10/B-SI	170003670			10.7.			
10/B-SI	170003753			2.7.			
10/B-So	170004351			1.7.			
10/B-So	170004354			9.7.			
10/B-So	170032498			10.7.			
10/Bu1	170003072			6.7.			
10/Bu1	170034975			15.9.			
10/Bu1	170035034		20.5.				
10/Bu1	170035815	23.8.					
10/Bu1	170035838		4.9.	6.8.			
10/Bu1	170036104		3.6.				
10/Bu1	170036348			29.9.			
10/O-Bi	169981147			26.7.			
10/O-Bi	169981165		16.8.				
10/O-Bi	169981174		5.6.		19.4.		
10/O-Bi	170004083			30.8.			
10/O-Bi	170004096			11.7.			
10/O-Bi	170004111			18.6.			
10/O-Bi	170004112			28.6.			
10/O-Bi	170004148		20.7.		20.4.		
10/O-Bi	170004188			8.8.			
10/O-Bi	170004215		4.5.				
10/O-Bi	170004477		25.8.				
10/O-Bi	170032512			14.8.			
10/O-Bi	170032730		25.8.				
10/O-Bi	170032772			14.6.			
10/O-Bi	170033493		28.7.				
10/O-Bi	170033494			19.7.			
10/O-Bi	170034429			21.6.			
10/O-Bi	170034447		20.5.				
10/O-Bi	170034484			29.9.			
10/O-Bi	170035951			1.8.			
10/O-Bi	170036008			28.6.			
10/O-Bi	170036015			20.8.			
10/O-Bi	170036191			20.8.			
10/O-Bi	170036240			9.7.			
10/O-Bi	170036245			28.7.			
10/O-Bi	170036259			14.10.			
10/O-Bi	170036263		nn			26.4.	
10/O-Bi	170036357			22.6.			
10/O-Bi	170036370			19.7.			
10/O-Bi	170036446			9.7.			
10/O-Bi	170036449			5.7.			
10/O-Bi	170036532			19.7.			
10/O-Bi	170036537			9.9.			
10/O-Bi	170036549		16.8.				
10/O-Bi	170036623			6.7.			
10/O-Bi	170036633			9.8.			
10/O-Bi	170036634		6.8.				
10/O-Bi	170036658			28.7.			
10/O-Bi	170036659		6.9.				

	PIT-nr	2010 0-SV	2011 1-SV	2012 2-SV	2012 1-SV inn Vin ut	2012 Kun påvist ut Vin ut	Fangstlok
10/O-Bi	170036665		5.9.				
10/O-Bi	170036732		21.7.				
10/Opp-Ned kv/K2	170032514			8.5.			
10/Opp-Ned kv/K2	170032630		7.7.				
10/Opp-Ned kv/K2	170032737			6.10.			
10/Opp-Ned kv/K2	170035919			25.5.			
10/Opp-S-løp/K1	168305734						
10/Opp-S-løp/K1	169981873			.			
10/Opp-S-løp/K1	169981975						
10/Opp-S-løp/K1	170004154			17.6.			
10/Opp-S-løp/K1	170032457						
10/Opp-S-løp/K1	170033026						
10/Opp-S-løp/K1	170033114						
10/Opp-S-løp/K1	170035195						
10/Opp-S-løp/K1	170035209						
10/Opp-S-løp/K1	170035231						
10/Opp-S-løp/K1	170035893			12.6.			
10/Opp-S-løp/K1	170036010						
10/Opp-Turb/T1	157668944		27.7.		19.4.		
10/Opp-Turb/T1	157669006			6.7.			
10/Opp-Turb/T1	168304998		20.5.		12.4.		
10/Opp-Turb/T1	170002732		14.5.				
10/Opp-Turb/T1	170004196	18.8.					
10/Opp-Turb/T1	170004490			31.5.			
10/Opp-Turb/T1	170032468						
10/Opp-Turb/T1	170032767						
10/Opp-Turb/T1	170032989						
10/Opp-Turb/T1	170033424			21.9.			
10/Opp-Turb/T1	170034906		20.5.				
10/Opp-Turb/T1	170036197			14.6.			
10/O-SI	157668775			25.8.			
10/O-SI	169981312			19.8.			
10/O-SI	169981331		2.8.				
10/O-SI	169981796			4.7.			
10/O-SI	169981814	22.9.					
10/O-SI	170002754			4.10.			
10/O-SI	170002844		10.8.		30.4.		
10/O-SI	170002901		20.7.		26.4.		
10/O-SI	170033371			11.7.			
10/O-SI	170033443			21.6.			
10/O-SI	170033719			8.7.			
10/O-SI	170033721			11.7.			
10/O-SI	170033761			22.6.			
10/O-SI	170033799		25.7.		26.4.		
10/O-SI	170034842			27.5.			
10/O-SI	170034935			30.6.			
10/O-SI	170034940			18.7.			
10/O-SI	170034988			21.10.			
10/O-SI	170035017		21.7.				
10/O-SI	170036809			22.6.			
10/O-SI	170036814		19.8.				
10/O-SI	170036832			8.6.			
10/O-SI	170036834			2.7.			
10/O-So	157668553		8.8.		26.4.		
10/O-So	157668622		14.8.				
10/O-So	157668661			14.6.			
10/O-So	168304808			9.8.			
10/O-So	168305037		28.7.				
10/O-So	169981017			5.9.			
10/O-So	169981046			14.8.			
10/O-So	169981755			19.7.			

	PIT-nr	2010 0-SV	2011 1-SV	2012 2-SV	2012 1-SV inn Vin ut	2012 Kun påvist ut Vin ut	Fangstlok
10/O-So	169981827			5.7.			
10/O-So	170004163		2.7.				
10/O-So	170004193		28.8.				
10/O-So	170004267			21.7.			
10/O-So	170004279			17.7.			
10/O-So	170004312		6.8.				
10/O-So	170004487			14.7.			
10/O-So	170032495			15.6.			
10/O-So	170032545		23.8.				
10/O-So	170032653			14.7.			
10/O-So	170032744			16.7.			
10/O-So	170032933			12.7.			
10/O-So	170032937		nn			26.4.	
10/O-So	170032945			24.6.			
10/O-So	170032967			18.6.			
10/O-So	170033040			16.7.			
10/O-So	170033051		12.7.				
10/O-So	170033087			30.6.			
10/O-So	170033117			30.6.			
10/O-So	170033155			20.7.			
10/O-So	170033167			25.6.			
10/O-So	170033197			29.5.			
10/O-So	170036392			16.7.			
10/O-So	170036401			12.6.			
10/O-So	170036581			14.7.			
10/O-So	170036582			12.8.			
10/O-So	170036597			13.6.			
10/O-So	170036599			5.7.			
10/S-So	170035759						
10/T2	157668897			26.7.			
10/T2	169981605		28.8.				
10/T2	169981659		4.8.				
10/T2	170003228						
10/T2	170003328			31.7.			
10/T2	170004056		6.8.				
10/T2	170032813						
10/T2	170032827			24.10.			
10/T2	170034057		30.8.				
10/T2	170034299			20.6.			
10/T2	170034341			21.9.			
10/T-Bi	168306663		27.7.		20.4.		
10/T-Bi	168306695			4.7.			
10/T-Bi	168306696			6.7.			
10/T-Bi	169981568		27.7.				
10/T-Bi	170003427			6.6.			
10/T-Bi	170003539			30.9.			
10/T-Bi	170003562			12.7.			
10/T-Bi	170033814			17.10.			
10/T-Bi	170033969		2.8.				
10/T-Bi	170033972			19.7.			
10/T-Bi	170033991			13.7.			
10/T-Bi	170034029			6.7.			
10/T-Bi	170034247		19.7.		19.4.		
10/T-Bi	170034361		25.8.				
10/T-Bi	170034368		24.7.		13.4.		
10/T-Bi	170034380		27.8.				
10/T-SI	168304828			6.7.			
10/T-SI	168306689			29.9.			
10/T-SI	168306711		27.7.		30.4.		
10/T-SI	168306732			28.9.			
10/T-SI	168306745			6.6.			

	PIT-nr	2010 0-SV	2011 1-SV	2012 2-SV	2012 1-SV inn Vin ut	2012 Kun påvist ut Vin ut	Fangstlok
10/T-SI	169981622			30.7.			
10/T-SI	169981637			1.9.			
10/T-SI	169981644			18.7.			
10/T-SI	169981651		nn			26.4.	
10/T-SI	169981665			22.6.			
10/T-SI	169981666			14.7.			
10/T-SI	169981679		7.8.		26.4.		
10/T-SI	169981697			25.6.			
10/T-SI	169981698		1.7.				
10/T-SI	169981709			11.9.			
10/T-SI	170002788			30.6.			
10/T-SI	170003275			5.7.			
10/T-SI	170003302			14.7.			
10/T-SI	170003304			6.7.			
10/T-SI	170003338		9.7.				
10/T-SI	170003344			22.7.			
10/T-SI	170003353			6.10.			
10/T-SI	170003362		10.8.				
10/T-SI	170003369			10.7.			
10/T-SI	170003393		30.7.				
10/T-SI	170003449			14.7.			
10/T-SI	170003455		22.8.		19.4.		
10/T-SI	170003461			29.8.			
10/T-SI	170034127			14.7.			
10/T-SI	170034129		1.7.				
10/T-SI	170034140			25.7.			
10/T-SI	170034144		12.8.		26.4.		
10/T-SI	170034180		28.7.				
10/T-SI	170034188			2.10.			
10/T-SI	170035424			20.7.			
10/T-SI	170035507		8.9.	14.7.			
10/T-SI	170035530		11.7.		26.4.		
10/T-SI	170035546		30.4.		26.4.		
10/T-So	157668506		13.7.				
10/T-So	157668510			31.5.			
10/T-So	157668520			31.8.			
10/T-So	169981581		2.8.				
10/T-So	170003139			28.6.			
10/T-So	170003170		7.8.				
10/T-So	170003203			14.6.			
10/T-So	170003209			18.7.			
10/T-So	170003216			3.7.			
10/T-So	170003231			18.9.			
10/T-So	170004048		20.8.				
10/T-So	170004065			20.7.			
10/T-So	170004512		10.8.				
10/T-So	170004602			8.5.			
10/T-So	170004625			25.6.			
10/T-So	170004645			22.7.			
10/T-So	170004670			18.7.			
10/T-So	170004715		20.7.		12.4.		
10/T-So	170032867			27.8.			
10/T-So	170034280		11.7.		26.4.		
10/T-So	170034286			12.7.			
10/T-So	170034334		28.7.				
10/T-So	170034335			20.7.			
Ødelagt merke	999999001		7.8.				
10/Opp-S-løp/K1b	169981414		.	8.8			

FÅNGSTRAPPORT
ÖREKILSÄLVENS LAXFISKE *Gröndalen*



Name: _____

Adress: _____ Ort: _____ Tid: _____

FÅNGST 1: Datum: *110905* Art: *LAX*
 Vikt: *306g* Längd: *60cm*
 Kän: *11028* Flaggfärg: *LAXNÄLLEN*
 Metod: *Fluga* Tid för fångst: _____
 Ävenmat Ja Nej

FÅNGST 2: Datum: _____ Art: _____
 Vikt: _____ Längd: _____
 Kän: _____ Flaggfärg: _____
 Metod: _____ Tid för fångst: _____
 Ävenmat Ja Nej

FÅNGST 3: Datum: _____ Art: _____
 Vikt: _____ Längd: _____
 Kän: _____ Flaggfärg: _____
 Metod: _____ Tid för fångst: _____
 Ävenmat Ja Nej

20x3 (tab)




Fangstskjema fra 2011.

*Jag hittade denna lax-
 märkning i bakdelen
 på en lax som jag
 fick i Örebro 2012.
 • Lax från 19cm L.S. + 2 •*

*Det var mycket intressant att
 få reda på historien om
 denna fish*

NVA Jansel Björks Thimer

[Signature]



Fangstskjema fra 2012.

Vedlegg D. Smoltutvandringsdata, 2005 til 2012

Aggregert data for laksesmolt for dato for når temperaturgrensene 7, 8 og 10°C ble passert i Storelva, dato smolthjulet ble utplassert i Strømmen, dato for 1. dato for høyeste samt datoer fangsten passerte 25, 50, 75 og 90 %. Det er også regnet ut antall dager fra fella ble satt ut til 25 % av fangsten var oppnådd samt antall dager det var mellom 25 og 90 % fangst. Første smolt ble normalt fanget første fangstnatt.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Temp>7oC	26.apr	10. mai	14. apr	25. apr	27. apr	27. apr	22.apr	27.mar
Temp>8oC	28. apr	11. mai	23. apr	28. apr	29. apr	30. apr	23.apr	24.apr
Temp>10 oC	1. mai	12. mai	27. apr	5. mai	4. mai	9. mai	26.apr	1. mai
Fella satt ut dato	3. mai	2. mai	26. apr	15. apr	26. apr	1. mai	26.apr	11.apr
1. Smolt fanga	3. mai	6. mai	26. apr	20. apr	28. apr	1. mai	27. apr	12.apr
Dag maks fangst	11. mai	17+25. apr	27+30. apr	3+6. mai	14. mai	16. mai	8.+9. mai	3. mai
25 % fangst	10. mai	18. mai	27. apr	4. mai	10. mai	11. mai	6. mai	2. mai
50 % fangst	11. mai	24. mai	29. apr	6. mai	13. mai	17. mai	8. mai	6. mai
75 % fangst	12. mai	28. mai	3. mai	9. mai	16. mai	21. mai	10. mai	10. mai
90 % fangst	13. mai	2. juni	15. mai	13. mai	22. mai	26. mai	21. mai	19. mai
Ant dager fra fella ut til 25 % fangst	7	16	1	20	14	10	10	21
Ant dager 25-90 % redusert nedvandring pga fisketransporter	3	15	18	9	12	15 ja	16	16 ja

Tabell 25. Midlere vannføring i periodene 15. – 30. april, 1.- 14. mai og 15. – 31. mai årene fra 2003 til 2010. Perioder med vannføring <5 m³/sek er markert med blå farge, 5 til 10 m³/sek med grønt, 10 til 25 m³/sek med lyse rødt og > 25 m³/sek med rødt.

Periode	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
15. april - 30. apr	19,6	16,9	2,6	37,7	4,9	16,8	27,2	9,1	6,4	12,9
1. mai - 14. mai	20,7	24,6	3,3	47,3	4,3	9,3	6,2	4,5	3,7	8,8
15. mai - 31. mai	25,2	6,7	4,0	26,9	4,9	3,0	3,5	4,0	4,6	6,6

Tabell 26. Midlere vanntemperatur i periodene 15. – 30. april, 1.- 14. mai og 15. – 31. mai årene fra 2003 til 2010. Perioder med vanntemperatur (<9 °C er markert med blå farge, 9 til 14 oC med grønt og > 14 oC med gult).

Periode	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
15. april - 30. apr	6,7	7,4	8,6	2,0	10,1	6,7	5,6	6,9	8,8	7,9
1. mai - 14. mai	8,8	11,9	11,9	6,8	13,8	13,2	11,8	10,9	11,8	11,6
15. mai - 31. mai	11,5	14,5	12,6	11,5	13,2	15,5	14,4	15,8	12,7	16,8

Vedlegg E. Rapporter fra prosjektet

2003 & 2005

Kroglund, F., Gutterup, J., Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B., Teien, H.-C. 2007b. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA. Rapport 1. nr OR-5366. 47 s.

2006-data

Kroglund, F., Teien, H.-C., Salbu, B., Rosseland, B.O., Güttrup, J. Haraldstad, T. 2011a. Aluminium, en potensiell trussel for utvandrende laksesmolt. Datarapport fra Storelva i Holt og Audna, 2006. NIVA-rapport 6244, 35 s +vedlegg.

2007-data

Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., og Guttrup, J. 2011b. Påvirkes smoltvandring av aluminium i brakkvann? Storelva datarapport 2007. NIVA-rapport 6245. 81 s + vedlegg.

2008-data

Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Guttrup, J. og Å. Johansen. 2011c. Påvirkes smoltvandring av aluminium i brakkvann? Storelva datarapport 2008. NIVA-rapport 6246. 69 s + vedlegg.

2009-data

Tjomsland, T., Kroglund, F., 2010. Modellerings av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør. NIVA. Rapport 1. nr OR-6049. 31 s.

Teien, H.-C., Kroglund, F., Kleiven, M., Salbu, B. og Rosseland, B.O. 2009. Bruk av natriumsilikat i forhold til kalk for å avgifte aluminium i ferskvann og brakkvann. UMB-rapport Rapport nr : 2/2009. ISSN 0805 – 7214. 65s.

Teien, H.-C., Kroglund, F., 2009. Komparative studier mellom kalksteinsmel (Miljøkalk VK3, Miljøkalk NK3) og kalkslurry BOKALK 75; løselighet av Ca og økning i pH over tid. UMB-rapport Rapport nr :2/2009. ISSN 0805 – 7214. 27s.

Kroglund, F., Teien, H.-C., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J., Johansen, Å., Høgberget, R., Kristensen, T., Tjomsland, T. og Haugen, T.. 2011d. Betydningen av kraftverk og predasjon fra gjedde for smoltproduksjon og aluminium i brakkvann for postsmoltoverlevelse. Datarapport 2009. NIVA-rapport 6084, 103s.

2010-data

Kroglund, F., Haugen, T., Guttrup, Jim., Hawley, K., Johansen, Åsmund., Rosten, C., Kristensen, T., Tormodsgard, Lars., 2011e. Effekter av å passere en kraftverksturbin på smoltoverlevelse og atferd. Betydningen av tiltak. NIVA. Rapport 1. nr OR-6139. 35 s.

Kristensen, T., Rustadbakken, A., Kroglund, F., Guttrup, Jim (SNO)., Johansen, Åsmund., Hawley, K., Rosten, C., Kjøsnes, Arne Jørgen., 2010. Gjeddens betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder.. NIVA. Rapport 1. nr OR-6085. 31 s.

Kroglund, F., Guttrup, Jim., Haugen, T., Hawley, K., Johansen, Åsmund., Karlsson, Anders., Kristensen, T., Lund, E., Rosten, C., 2011f. Samvirkning mellom ulike trusler på oppnåelse av gytebestandsmål for laks. Storelva i Holt som eksempel. NIVA. Rapport 1. nr OR-6148. 71 s.

Kroglund, F., Haraldstad, T., Teien, H.-C., Guttrup, J. og Å. Johansen. 2011g. Mobilisering av aluminium i brakkvann og akkumulering på fiskegjeller; Storelva datarapport brakkvann 2010. NIVA rapport 6149. 30 s.

2011-data

Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugen, T., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J. og Å. Johansen. 2012. Påvirkes laksesmolt av aluminium i brakkvann? Gjenfangst av oppvandrende laks merket og satt ut som smolt i Storelva i Holt, Aust-Agder i 2009 og 2010. NIVA rapport 6291. 45 s.

2012-data vil komme også i minst fire andre rapporter

- 1) Smoltutvandringsrapport
- 2) Kraftverksrapport
- 3) Vinterstøringrapport
- 4) Sjøørret

Andre rapporter fra prosjektet

Diserud, O.H., Kroglund, F., Teien, H.-C., Tjomsland, T. & Økland, F. 2012. Modellerings av gjellealuminium:

Aluminiumspåslag på gjellene til laksesmolt og betydningen dette kan ha for utvandringen. - NINA Rapport 773. 41 s.

Solberg, B. 2012. Salinity tolerance of rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) and risk for range expansion via brackish water. UMB, Department of Ecology and Natural Resource Management Master Thesis 30 STP. 2012.

Nerland, B. 2012. Effects of an alternative migration route past a hydro plant on smolts of the Atlantic salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta trutta*) in Storelva, Holt, Aust-Agder. UMB, Department of Ecology and Natural Resource Management Master Thesis 30 STP. 2012. 65 pp.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no