

Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann. Tilbakevandring av gytelaks til Storelva i 2010-2013



Hovedkontor

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

NIVA Region Sør

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

NIVA Region Innlandet

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

NIVA Region Vest

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

NIVA Region Midt-Norge

Høgskoleringen 9
7034 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

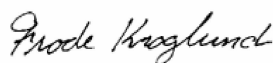
Tittel Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann. Tilbakevandring av gytelaks til Storelva i 2010-2013	Løpenr. (for bestilling) 6663-2014	Dato Februar 2014
	Prosjektnr. Undernr. 13176	Sider Pris 56
Forfatter(e) Kroglund, F. Haraldstad, T. Güttrup, J.	Fagområde Fiskeøkologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Aust-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for Naturforvaltning (Miljødirektoratet)	Oppdragsreferanse 17101
--	-----------------------------------

Sammendrag

Aluminium (Al) i brakkvann er dødelig for oppdrettslaks når belastningen er høy. For å avklare om også utvandrende vill laksesmolt påvirkes, ble det i 2005 igangsatt et forsøksprogram i Storelva i Holt, Tvedestrand. Basert på utvandringsatferd til akustisk merket smolt i 2007 og 2008 ble det konkludert med at Al ikke var dødelig, men at smoltutvandringen ble hemmet. Dette medførte at smolten ankom kyststrømmen forsinket. For å avklare om forsinket ankomst til kyststrømmen hadde en bestandseffekt, ble merket smolt (PIT) utsatt for ulik Al-belastning i 2009, 2010 og 2012. Det var forskjeller i smolt til voksen overlevelse (SAR) mellom belastningsgruppene. Under ugunstige forhold kunne SAR bli redusert med 50 % i forhold til kontrollfisk. Al i brakkvann kan dermed ha en betydelig bestandseffekt. Al i brakkvann sammen med andre påvirkningsfaktorer i vassdraget (gjedde og nye vandringshindre) gjør at ulike tiltak kan være påkrevd for å opprettholde en livskraftig høstbar bestand.

Fire norske emneord	Fire engelske emneord
1. Aluminium	1. Aluminum
2. Brakkvann	2. Estuary
3. Laks	3. Salmon
4. Påvirkningsfaktorer	4. Pressures



Frode Kroglund
Prosjektleder



Øyvind Kaste
Forskningsleder

Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann

Tilbakevandring av gytselaks til Storelva i 2010-2013

Forord

Betydningen av aluminium i brakkvann for overlevelsen til 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. Tilbakevandring av smolt merket i 2009 og 2010 ble dokumentert årene 2010 til 2012.

I 2012 ble nye grupper med smolt merket. I denne rapporten er fokus på oppvandring av gytelaks i 2013 og på forskjeller i sjøoverlevelse mellom årene. I 2013 innvandret det gytelaks merket som smolt i 2010 og 2012.

Miljødirektoratet (tidligere DN) ved Roar A. Lund har bidratt med støtte til vår forskningsaktivitet på aluminium i brakkvanns betydning for utvandrende anadrom fisk.

Grimstad, februar 2014

Frode Kroglund

Innhold

	1
Sammendrag	6
1. Innledning	8
2. Områdebeskrivelse	11
3. Metoder	14
3.1 PIT-merking av smolt i 2009, 2010 og 2012	14
3.1.1 Stasjon: PIT- 1870	15
3.1.2 Stasjon: PIT-Angelstad	15
3.1.3 Stasjon: PIT-Trappa	16
3.1.4 Stasjon: Engkjerrfoss	16
3.2 Gjeddefestival	17
3.3 Smoltgrupper – behandlinger	17
3.4 Smoltutvandringsperiode og relasjoner til Al i brakkvann	18
3.5 Fysiokjemiske data	19
3.6 Gjenfangst og deteksjon av oppvandring 2013	19
4. Resultater smoltutvandring 2009-2012	20
4.1 Karakterisering av smoltutvandringsperioden; 2009 til 2012	20
4.1.1 Totalfangst, smolt årene 2009 til 2012	20
4.1.2 Smoltutvandringsperiode, 2005 til 2012	20
4.1.3 Fangstforløp fordelt på stasjon i 2012	22
4.1.4 Smoltlengder og -vekt	22
5. Vannføring og temperatur i smoltutvandringsperioden	24
5.1 Vannføring og temperatur i elva under smoltutvandringen, 2012	24
5.2 Vannføring og temperatur i elva, 2003-2012	25
5.3 Gjelle-Al	26
5.4 Salinitet og temperatur i brakkvannsområdene, 2012	27
5.5 Salinitet i brakkvann, 2009-2012	30
6. Antall smolt som inngår i utsettingsgruppene	32
6.1 Antall smolt satt ut i 2009, 2010 og 2012	32
6.2 Antall smolt som utvandrer fra Storelva, 2005 til 2012	33
6.3 Vinterstøing	33
6.3.1 Utvandring av vinterstøing	33
6.3.2 Gjeddepredasjon og betydning for gytebestandsmåloppnåelse	35
7. Resultater, gjenfangster av laks fra smoltårgangene 2009 til 2012	37
7.1 Deteksjonseffektivitet på oppvandrende fisk gjennom PIT-antennene	37
7.2 Gjenfangst av voksen laks fra smoltårgangene 2009 og 2010	37
7.3 SAR, smolt merket 2009 til 2012	38
7.3.1 Gjenfangst av smolt merket i 2009	38
7.3.2 Gjenfangst av smolt merket i 2010.	39
7.3.3 Gjenfangst av smolt merket i 2012.	40
7.4 Smolt til voksen overlevelse (SAR) knyttet til salinitet	41

7.4.1 SAR; smoltårgang 2009	41
7.4.2 SAR; smoltårgang 2010	42
7.4.3 SAR; smoltårgang 2012	45
8. Diskusjon	46
9. Konklusjon	51
10. Referanser	52
Vedlegg A. Rapporter fra Storelva	55

Sammendrag

Fangst av laks i Storelva økte ikke som forventet etter kalking. Ulike hypoteser ble vurdert i 2003. Det ble ikke funnet grunnlag for å anta at årsaken var knyttet til vannkjemi i elva, lakselus eller til predasjon. Aktuelle predatorer som ble vurdert var gjedde og fugl og sel. Alle disse var tilstede den gang bestanden var sterkere. Aluminium (Al) i brakkvann var den eneste påvirkningsfaktoren vi ikke kunne forkaste. Al i brakkvann er dødelig for laks som holdes i en mærd når belastningen er høy. Dødelighet skyldes da akkumulering av Al på fiskens gjeller. Når Al ble akkumulert på fiskegjeller i brakkvannet 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 utvandringssatferd i brakkvann hadde fokus. Ut fra de forsøkene ble det konkludert med at utvandring ble hemmet når salinitet var innenfor de intervaller som assosieres med høy akkumulering av Al på fiskegjeller. Dataene tydet ikke på at smolten døde. Det ble ut fra atferdsstudiene konkludert med at Al i brakkvann kunne redusere utvandring med 50 % når forholdene var ugunstige, samtidig som at smolt gjenopptok vandring hvis salinitet økte eller avtok forbi det belastende intervallet. Selv om atferdsstudiene antydte hemmet utvandring, ga ikke dette tilstrekkelige bevis for at Al i brakkvann faktisk hadde en bestandseffekt. Det at smoltutvandring hemmes innebærer ikke nødvendigvis at sjøoverlevelse reduseres. Dersom smolten gjenopptar vandringen når belastningen avtar kan sjøoverlevelse forbli upåvirket. Det var derfor ønskelig med undersøkelser som anga faktisk sjøoverlevelse.

Smolt ble merket med passive integrerte transpondere (PIT) i 2009, 2010 og 2012. Bruk av PIT-merking medfører at registrering av tilbakevandrende laks kunne gjøres uavhengig av sportsfiskerinnsetts og fangsts sesong. Når prosjektet ble igangsatt på grunn av at laksefangstene var lave, var en metode som baserte seg på fangst lite egnet. I 2013 ble oppvandring av laks påvist på til sammen fire punkter i vassdraget. Majoriteten av laks som tilbakevandret til Storelva fra smoltutsettingene i 2009 og 2010 tilbakevandret etter to år i sjø. Dette innebærer at data for smoltutvandringen i 2012 først vil være tilgjengelig i 2014. Fra utsettingene i 2009 og 2010 har sannsynligvis all laks tilbakevandret.

Sjøoverlevelse påvirkes av en lang rekke faktorer. Det er dermed ikke uten videre mulig å isolere en faktor (her Al i brakkvann) fra andre påvirkningsfaktorer. Sjøoverlevelse påvirkes av både kjemiske, biotiske og fysiske påvirkninger. For å sikre at man hadde gode kontrollgrupper ble det i 2010 og i 2012 slept fisk forbi brakkvannsområdet samtidig som smolt ble kjørt forbi med bil. Slep ble ikke utført i 2009 fordi det var usikkert om det å bli slept gjennom fjordavsnitt med akkumulert Al kunne påvirke preging og dermed tilbakevandring. Gruppene Slep og Bil danner kontrollfiskene i forsøket. Det ble satt ut smolt i både elva samt dirkete i fjorden for å ha en gruppe som hadde lengre restituering etter merking (elvegruppa), samtidig som utsetting direkte i fjorden gav det sikreste grunnlag for å vite når de ankom fjorden. Disse smoltene kunne bli påvirket av Al i brakkvann og utgjør her belastningsgruppene.

Oppvandringsdata fra 2010 til 2013 viser at det var betydelige forskjeller i sjøoverlevelse (SAR) mellom utsettingsgruppene, både innen og mellom år. SAR var høyest hos smolt som ble merket tidlig i sesongen. I 2009 varierte denne fra 6,1 % til smolt kjørt med bil til 9,7 % for smolt som ble satt ut i elva etter merking. I 2010 varierte SAR i samme tidsrom fra 5,7 til 7,4 %. Smolt som ble merket seint under utvandringen hadde lavere SAR enn smolt merket tidlig. Denne forskjellen skyldes sannsynligvis økende følsomhet i forhold til håndtering med økende grad av smoltifisering. Ettersom merking og utsetting ble foretatt nær daglig hadde denne effekten liten innvirkning på hovedresultatet.

Det var signifikante forskjeller i SAR som kunne knyttes til Al i brakkvann i 2009. Mens det var ingen forskjell i SAR så lenge fjorden hadde saliniteter <1 psu, var SAR til smolt som egenutvandret fjorden

nær halvert i forhold til smolt som ble transportert forbi brakkvannsområdene når salinitet passerte 1 psu. I 2010 ankom smolten en tydelig brakkvannspåvirket fjord. I motsetning til i 2009 økte salinitet i mai 2010 til nivåer hvor Al ikke lenger var akkumulerbart. Det er rimelig å anta at smolt da gjenopptok utvandringen. I 2010 var SAR høyest hos smolt som egenutvandret fjorden og lavest hos smolt som ble transportert med bil.

Forskjellene innen og mellom årene kan forklares med variasjon i brakkvannsmiljø. Andre årsaker kan ha bidratt til variasjonen, men ingen av disse kan benyttes konsistent gjennom sesonger og mellom år. Basert på data fra 2009 og 2010 kan vi ikke utelukke at Al i brakkvann har en innvirkning på sjøoverlevelse. I 2009 ble sjøoverlevelse halvert i forhold til smolt som ble transportert forbi med bil. Når man samtidig vet at biltransport gir større feilvandring og dermed færre tilbakevandrende laks, kan man med rimelig sikkerhet anta at forskjellene i praksis var større enn det vi påviste. Selv om vi ikke kan angi nøyaktig hvor stor reduksjonen i sjøoverlevelse var, kan vi antyde at SAR ble redusert med i størrelsesorden 50 – 75 % i 2009. I 2010 var det ingen reduksjon i SAR som kan knyttes til Al i brakkvann. I 2014 vil vi få tilgang på et tredje datasett. Dette kan bidra til å modifisere resultatet over og gjøre konklusjonene mer presise.

1. Innledning

Laks påvirkes av mange menneskeskapt trusler (McCormick mfl., 2009; Otero mfl., 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 på midten av 1960-tallet (Hesthagen & Hansen, 1991; Kroglund mfl., 2002). Moderat til lav belastning av sur nedbør kan ha samme negative effekt som kraftig forsuring, men den økologisk viktige responsen flyttes fra å inntreffe i ferskvann til å inntreffe først etter at smolt har utvandret til saltvann. Laksesmolt som påvirkes av Al i ferskvann har svekket evne til å ioneregulere i saltvann (Kroglund mfl., 2008; Staurnes mfl., 1995). Svekket ionereguleringsevne i saltvann medfører at fisken dehydrerer og dør (Kroglund & Finstad, 2003; Kroglund mfl., 2007a; Staurnes mfl., 1996). Bestandsresponsen er da adskilt i tid og rom i forhold til hvor belastningen inntreffer. Tilsvarende forsinkede responser er også vist for en rekke metaller, miljøgifter og for pesticider (Moore, 2003; Moore mfl., 2007; Rosseland & Kroglund, 2010). Foruten økt dødelighet knyttet til svekket hypo-osmotisk reguleringsevne, skyldes økt dødelighet også at en Al belastning i ferskvann innvirker på immunsystemet og reduserer motstandskraft i forhold til sekundære stressorer, f.eks., lakselus og håndtering (Finstad mfl., 2003; 2007; 2012). Responsene på forsuring er relatert til kationisk Al i ferskvann (gjelleakkumulerbart Al) og dermed til Al konsentrasjon på gjellene (Kroglund mfl., 2008). Gjelle-Al kan således benyttes som en indikator på vannkjemisk miljø og inngår som kvalitetselement i klassifisering av miljøtilstand i vann.

Laks skal forlate elvene som smolt for å returnere som voksen gytefisk. Ratio mellom smolt ut av vassdraget og voksen tilbake kan uttrykkes som SAR (smolt to adult return rate). Denne vil avta hvis vannkvaliteten i vassdragene forringes i forhold til kritiske grense for smolt eller når vannet går fra å ha god til moderat status. Så lenge forsuringen er moderat vil smoltproduksjonen kunne være normal, men antall voksne som tilbakevandrer kan være redusert. Hvis vannkvaliteten forringes ytterligere vil smoltproduksjonen også avta samtidig som at SAR avtar ytterligere. Resultatet blir etter hvert at laks utrykkes.

Giftighet i forsuret vann kan motvirkes med kalking (Sandøy & Langåker, 2001). Når vannet kalkes øker pH. pH økningen igangsetter en prosess hvor Al transformeres fra å foreligge på akkumulerbare former til å foreligge på former som ikke er akkumulerbare og dermed gjelle-reaktivitet. Transformasjonsraten (hastighet Al endrer tilstandsform med) og til hvilken konsentrasjon Al reduseres til, er pH- og temperaturavhengig (Kroglund mfl., 2001; Teien mfl., 2005; Teien mfl., 2006). En tilfredsstillende kalkingsstrategi vil beskytte både smoltproduksjon og sikre at SAR er på nivåer som er normale for regionen. Sjøoverlevelse vil fortsatt kunne være redusert i forhold til historiske nivå, men årsaken skal ikke være vannkemi innenfor vassdragene. Kalking har bidratt til en betydelig økning i fangst av voksen laks og gytebestandsmålet er i dag oppnådd i de fleste elvene (Anon. 2013). Fra kalking igangsettes til gytebestandene er stor tar det mange (>10) år (Hesthagen mfl., 2011).

Kalking for laks ble igangsatt i Storelva i 1996, eller 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 avvek således fra det som observeres ellers. Fravær av økt laksefangst måtte skyldes andre forhold enn surt vann. I så fall kunne kalking ha blitt igangsatt på feil premisser. Ulike årsaker til lav fangst av laks ble vurdert i 2003 (Kroglund mfl., 2007b). Det ble ikke påvist opplagte trusler i vassdraget, men det ble dokumentert at fjordsystemene utenfor Storelva inneholdt akkumulerbart aluminium (Al). Det har siden 1993 vært kjent at Al i brakkvann påvirker og kan drepe oppdrettslaks i en laksemærd (Bjerknes mfl., 2003; Rosseland mfl., 1998). Voksen laks dør når Al akkumulering på fiskens gjeller (i brakkvann) overstiger kritiske nivåer. Dødelighet skyldes da svikt i respirasjon som igjen resulterer i sprenge hjerter og fettguling (Bjerknes mfl., 2003). Tilsvarende effekter i brakkvann er også påvist på laksesmolt i oppdrett når saltvann tilsettes produksjonsvannet for å øke

salinitet (Rosseland mfl., 2007). Foruten å påvirke laks er det også dokumentert effekter på torsk og blåskjell (Bjerknes mfl. 2005; Kroglund, 1998). Al i brakkvann er også et kjent miljøproblem utenfor Norge. Det er internasjonalt rapportert om effekter på fisk, krepsdyr, koraller, børstemark samt tang og tare (Santos mfl., 2011; Thake mfl., 2003; Wilson & Hyne, 1997). Al i brakkvann har således et potensiale for å være en påvirkningsfaktor ovenfor utvandrende smolt og tilbakevandrende laks. Utvandrende smolt vil påvirkes hvis belastningen forårsaker dødelighet og/eller atferdsendringer. Antall returnerende laks vil også bli redusert hvis belastningen påvirker preging og dermed gir økt feilvandring.

Det ble seint på 1990-tallet igangsatt eksponeringsforsøk med laksesmolt i fjordene utenfor Vosso (Bjerknes mfl., 2008; Kroglund mfl., 2004). Samvirke mellom flere påvirkningsfaktorer gjorde at man ikke kunne skille effekter av Al i brakkvann fra f.eks. effekter av lakselus. Begge påvirker SAR først etter at smolten har forlatt elvene. For å isolere problemstillingene og forenkle analysene ble kunnskapsoppbyggingen på "effekter av Al i brakkvann" overført til og videreført i Storelva. Her er det lite lakselus i fjorden om våren/tidlig sommer (Bjørn mfl., 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 tilsa at svekket smoltkvalitet (i ferskvann) kunne 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 samt dødelighet, kunne det ikke utelukkes at smolt ble utsatt for dødelige doser Al i brakkvann. Det var samtidig uklart om dose-respons sammenhengene som var for ferskvann kunne benyttes for brakkvann. Det ble antatt at smolt i brakkvann kunne tolerere en høyere dose som følge av høyere pH og ionestyrke i brakkvann. For å etablere dose respons-relasjoner ble laksesmolt eksponert i bur. Denne fisken tolererte Al-doser som ville ha drept fisk i ferskvann. Dette er dokumentert og diskutert i de ulike årsrapportene fra Storelva (se vedlegg A).

Al i brakkvann fremsto i 2003 som den mest sannsynlige årsaken til redusert innsig av laks til Storelva uten at årsaks mekanismer var kjent. Deler av årsaks-virkningsmekanismene ble etter hvert rimelig godt kjent. Det ble samtlige år påvist sammenhenger mellom endring i tilstandsform til Al og salinitet, hvor økt mobilisering av kationisk Al gav 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 derfor usikkert om Al i brakkvann hadde noen økologisk relevant effekt. Samtidig var det usikkert om vi målte på de rette responsene, eller responser som hadde økologisk verdi. Måleprogrammet var og forble 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) var reduksjonen mindre dramatisk til fraværende. Atferd til enkeltfisk fra disse studiene er senere modellert (Diserud mfl., 2012). 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 salinitet og dermed vannkvalitet. Mens gjelle-Al konsentrasjon kan mangedoble seg i løpet av 6 timer, 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 prøveter fisk i systemer der Al konsentrasjonen kan variere betydelig gjennom døgnet som følge av døgnvariasjon i salinitet. Salinitetsnivået i brakkvannsområdene utenfor Storelva bestemmes i hovedsak av vannføring i elva (Storelva pluss Steavassdraget), men de daglige svingninger i salinitet skyldes marin påvirkning. Denne vil variere med flo/fjære samt vindeksponering. Selv om Al i brakkvann hemmet utvandring til ca halvparten av smolten, var det 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. 2011 d,f). PIT-merker er individmerker som her benyttes til å beregne smoltproduksjon og smoltoverlevelse innen vassdraget og til å fastslå nivået på tilbakevandring av laks etter et sjøopphold. Gjenfangst av merket fisk gjøres med bruk av PIT-antennene i elva. 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-merker), (Carlin, 1969). Ulempen med PIT-merker i forhold til f.eks. Carlin-merker er at PIT-merkene ikke er synlig utenpå fisken. Laks fanget av sportsfiskere eller i kilenot vil dermed kunne bli underrepresentert. Fordelen med PIT-merking er at gjenfangst vil være uavhengig av sportsfiskerinnsetts 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. Såfremt antennene er riktig plassert skal man kunne estimere størrelse på den oppvandrende bestanden.

PIT-merkede smoltgrupper ble eksponert for eller beskyttet i forhold til Al i brakkvann i 2009 og 2010. Smoltgruppen som ble satt ut i elva eller i de indre fjordområdene kunne bli eksponert for Al under utvandring (eksponeringsgruppene) mens smoltgrupper som ble transportert og først satt ut i saltvann (slep eller biltransportgruppene) ble beskyttet mot eksponering til Al. Slep og bil fungerer her som kontrollgrupper. Samtidig er ikke valg av transportmetode ukomplisert. Smolt som transporteres med Bil forventes å ha samme sjøoverlevelse som smolt som slepes ut en fjord, men at den samtidig har økt feilvandring (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød mfl., 1988; Heggberget mfl., 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 i større grad preges til heimelv. Når slep foregår i brakkvann med Al kan smolten likevel eksponeres for Al i brakkvann under slepet. Dette kunne påvirke preging og dermed gi økt feilvandring. Slep var derfor ikke en "sikker" kontroll inntil metoden var evaluert i forhold til Al i brakkvann. For å sikre best mulig data og grunnlag for en slik evaluering ble både biltransport og slep benyttet som kontrollgrupper i 2010. Dette ble repetert i 2012.

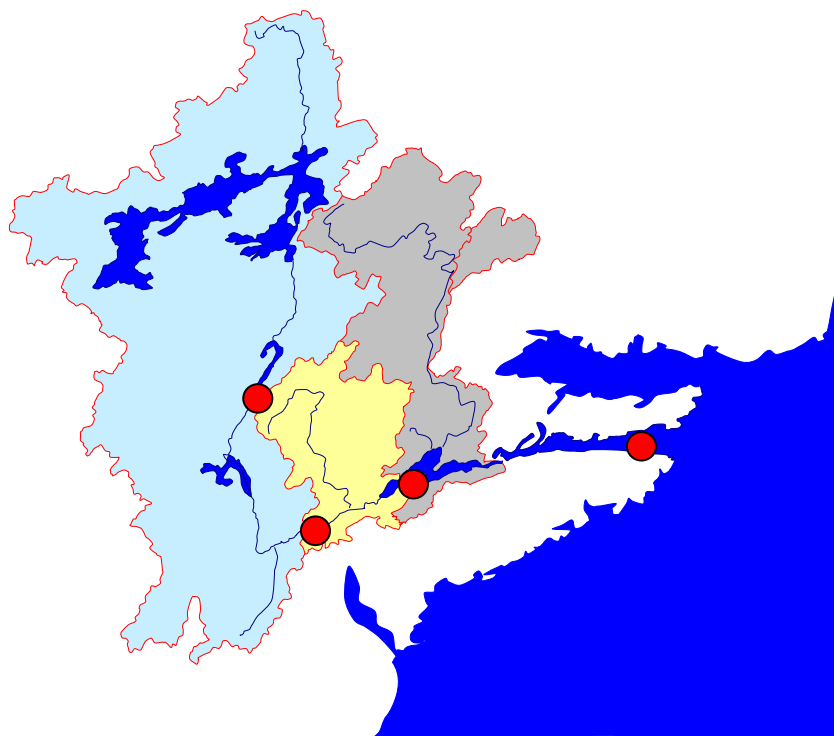
Det er i 2011 og 2012 dokumentert tilbakevandring av smolt merket i 2009 og 2010. Sjøoverlevelse tom 2011 er rapportert tidligere (Kroglund mfl., 2012a). Her ble det konkludert med at det var små forskjeller mellom gruppene når smolten utvandret i brakkvann som var lite påvirket av Al, og at forskjellene mellom belastningsgruppene og kontrollgruppene tiltok når Al konsentrasjonen i brakkvann økte.

Her rapporteres gjenfangster i 2013 av smolt PIT-merket i 2009, 2010 og 2012. SAR knyttes opp til forhold smolten erfarte under smoltutvandring, hvor sjøoverlevelse også knyttes til ulike biotiske og abiotiske faktorer.

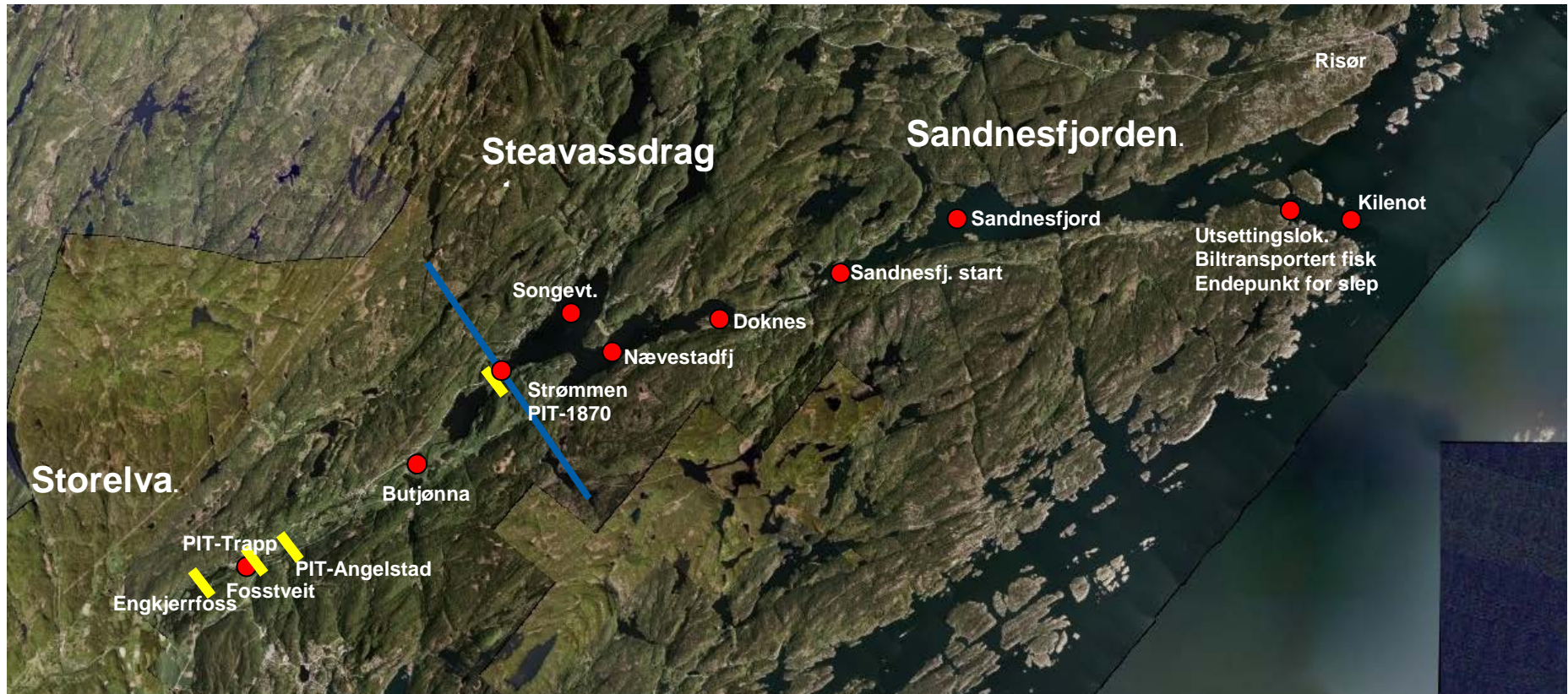
2. Områdebeskrivelse

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 hver sin ende av Songevatn (**Figur 1**). 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). Ved å benytte en arealkorrigering vil vannføringen til Songevatn 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. 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 i underkant av 2,5 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. Lokalteter viktig for oppvandring i 2013 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.

Elvestrekninger	Strekning Km	Akkumulert avstand (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 anadrom strekning		20,0	506		124 %
Fjordstrekninger					
Strømmen til Nævestadjf.	1,5	0			
Nævestadjf. til Lagstr.	2,9	4,4			
Lagstr. til Sandnesfj start	1,5	5,9			
Sandnesfj. til kyststrømmen	10	15,9			
Sum fjord strekning		15,9			

3. Metoder

3.1 PIT-merking av smolt i 2009, 2010 og 2012

Det henvises til årsrapportene for detaljer og data fra tidligere år. En liste over årsrapporter er gitt i vedlegg A. Sentrale lokaliteter er angitt i **Figur 2**.

Smoltfangstlokalitetene og –metodene er beskrevet i årsrapporter for 2009 og 2010 (Kroglund mfl. 2011d,f). I 2009 var den viktigste fangstlokaliteten ved elvemunningen. I 2010 og 2012 var denne 6 km høyere opp i elva (ved Fosstveit). Begge år ble det merka smolt som var fanga inn med bruk av smolthjul.

Estimat av SAR (smolt til adult retur rate som prosent; sjøoverlevelse) forutsetter at antall smolt som utvandrer og at antall laks som tilbakevandrer, feilvandrer eller som fanges 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 til de ulike PIT-antennene angir sannsynlighet for at fisk påvises ut av eller inn i vassdraget. Det ble iverksatt tiltak for å undersøke laksefangst i andre elver enn Storelva for å få et mål for feilvandring. Funn av PIT-merket laks utenfor Storelva vil likevel være tilfeldig og vil være underrapportert.

PIT-antenna på stasjon 1870 påviste minst 85 % av all innvandrende fisk i 2011. I 2012 og 2013 hadde vi nær 100 % deteksjon. Deteksjonen settes til 100 % fordi fisken kunne detekteres på inntil tre PIT-antennene i 2012 og på fire antenner i 2013.

Antall gjenfangster av voksen laks fra smolt merket i 2010, 2011 og 2012 i Storelva er beregnet ut fra fisk påvist inn i Storelva, hvor antall er korrigert ut fra deteksjonseffektivitet. Fangst utenfor samt i Storelva gir samlet voksenfiskfangst. Samlet fangst knyttes deretter til antall smolt som var PIT-merket. Basert på antall smolt ut av vassdraget og påfølgende fangst av voksen laks kan SAR beregnes.

Antall PIT-merka smolt satt ut i brakk/saltvann er kjent mens antall smolt som utvandret elva er estimert. Estimaten er basert på beregninger av 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).

I prosjektet benyttes passive integrerte transpondere (PIT) 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-antenne 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 lange, 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, samtidig som at fisk som dør normalt vil være død innen 12-18 timer. Fisk som døde før utsetting inngår ikke i utsettingsgruppene. Merkedød er normalt meget lavt.

Selve merkemethoden og beskrivelse av PIT-antennene og funksjon er beskrevet i tidligere rapporter. Her gjengis data relevant for smolt 2012 og voksen tilbakevandring i 2013.

3.1.1 Stasjon: PIT- 1870

PIT-antennene ble satt i drift 12. april og tatt ned 16. oktober 2012. I 2013 ble ikke PIT-1870 startet før 10. juni og ble driftet fram til 12. november. Sein oppstart i 2013 skyldes høy vannføring i elva, noe som gjorde det uforsvarlig (farlig) å montere antennene. Dette har sannsynligvis liten betydning for gjenfangst av oppvandrende laks ettersom PIT-antenna ved Angelstad fungerte (se senere).

Stasjonen er utstyrt med to adskilte antenner hvor antenne 2 står nærmest fjorden (**Figur 5**). Antenne 1 var 9,0 m. lang (fra breidd til breidd) og antenne 2 var 8,3 m. Når elva går med $7,3 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 $10 \text{ m}^3/\text{sek}$. Under flom kan nedvandrende fisk gå høyere enn dette og dermed passere over antenna uten å detekteres.

Det kan forekomme opptil flere flommer med vannføring $10 \text{ m}^3/\text{sek}$ 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 og deteksjonen på antennen er god.

Elvemunningen har en orientering mot nord-øst (**Figur 3**). 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.



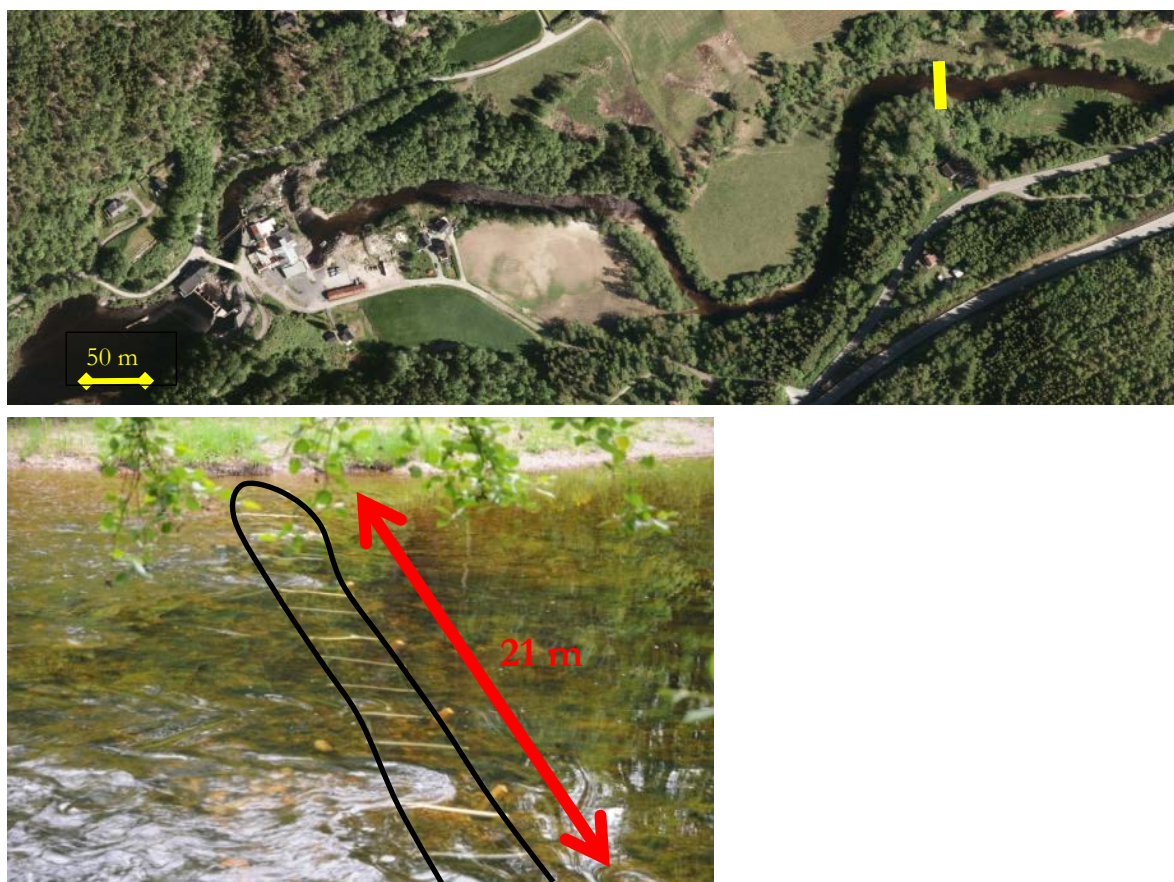
Figur 3. PIT-1870 besto av to antenner, hvor antenne 1 var oppstrøms. Antennene er trukket på tvers av elva og er 9 m lang og ca 1 m høy. Her benyttes stående antenner. Kart over lokalisert av PIT-1870. I bildene er PIT antenna innenfor den gule sirkelen mens smolthjulet i Strømmen er innenfor den røde sirkelen. Retning på elva forbi PIT-antenna er angitt

3.1.2 Stasjon: PIT-Angelstad

PIT-stasjon Angelstad ble etablert 15.mai 2012 og er fortsatt ikke (pr. februar 2014) nedmontert. Stasjonen 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. Fisk påvist her bør også være påvist på PIT-1870. Samtidig kan vandringstid fra passering av PIT-1870 til Angelstad beregnes. Antenna er driftet helkontinuerlig siden 2012 og med unntak av en uke tidlig i mai 2013 (en ku tok strømtilførslen) har stasjonen vært fungerende uten avbrekk.

Antenna er laget som en liggende antenne med dimensjon $0,6 \times 21 \text{ m}$ (**Figur 4**). Selve antennekabelen ble bygd inn i et rør. Antenna er forankret like over elvebunnen. Vi hadde full deteksjon ca 40-45 cm

over antenna. Ved normal sommervannføring er elva er den omtrent 22 m bred og maks 0,4 m dyp på denne lokaliteten.



Figur 4. Plassering av PIT-Angelstad. Fosstveit kraftverk er til venstre i bildet. Grunnlagskart fra Norge i Bilder. Antenna illustrert nederst. Den er 21 m lang og 0,6 m bred. Den er lagt tvers over elva. Foto: F.Kroglund.

3.1.3 Stasjon: PIT-Trappa

PIT-stasjon TRAPP ble etablert 18.juni 2012 og 24. mai 2013. Denne stasjonen er etablert primært for å kunne følge oppvandring av laks i elva og inngår derfor ikke i prosjektet på estuarine blandsoner. Den inkluderes her som kvalitetssikring av data. Fisk påvist her bør også være påvist ved Angelstad og på PIT-1870. Plassering er vist i **Figur 5**.

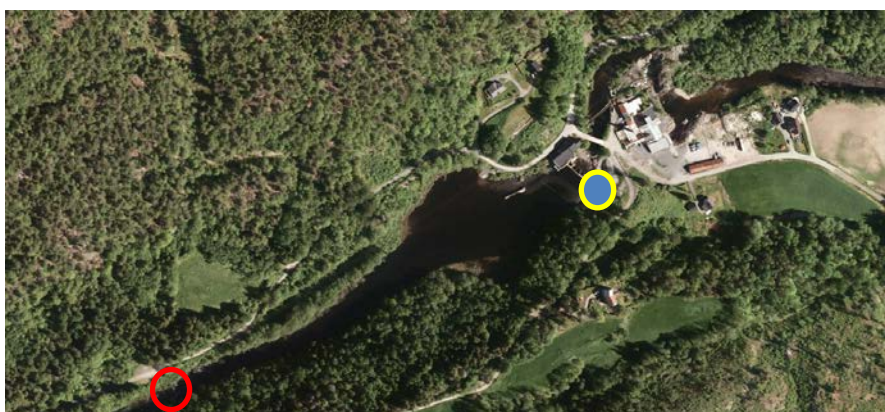
3.1.4 Stasjon: Engkjerrfoss

Det ble i 2013 etablert en ny PIT-stasjon ovenfor kraftverket (**Figur 6**). Denne ble etablert for ål, men påviser også laks som oppvandet. Data herfra inkluderes til å kvalitetssikre data fra de andre stasjonene.

PIT-antenna er bygd som en liggende antenne og vil i hovedsak kun påvise fisk som passerer mellom bunnen og ca 40 cm opp i vannsøyla.



Figur 5. 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 6. Flyfoto over området Enkjærfoss til Fosstveit kraftverk (kilde: Norge i bilder). Kraftverket er vist med gul sirkel. Automatisk registrering av nedvandrende PIT-merket ål gjøres med bruk av PIT-antenne (gul strek) ved Enkjærfoss.

3.2 Gjeddefestival

Gjeddefestivalen ble avholdt 19. og 20. mai 2012. Det ble tatt ut til sammen 58 gjeddemager. Disse ble senere undersøkt for PIT-merker. Det ble ikke gjennomført noen predasjonsstudier i 2013 ettersom vi ikke PIT-merket fisk det året.

3.3 Smoltgrupper – behandlinger

Det antas at smolt som utvandrer når det er Al i brakkvann har redusert sjøoverlevelse i forhold til smolt som ikke erfarer Al langs utvandningsruten. Smolt som nedvandret elva uten hjelp (gruppe Elv) ville erfare alle endringer i vannkvalitet langs utvandningsruta. Denne, sammen med smolt satt ut i elvemunningen (gruppe Fjord), ville belastes for det brakkvannsmiljøet som til enhver tid forekom i fjordsystemet. Begge gruppene tilordnes belastningsgruppene. En vesentlig forskjell mellom Elv og Fjord er at gruppe Fjord utvandret av fri vilje, mens gruppe Fjord ble satt ut.

Data fra 2007 og 2008 viste at smoltutvandring ble hemmet innenfor salinitetsintervallet 1 til 7 (atferdsstudier bruk av akustiske merker). Graden av hemming økte når salinitet passerte 1 for å avta når salinitet passerte 3-4. Smolt som opplevde økende salinitet ut over ca 5 promille hadde økende sannsynlighet for å vandre videre etter en periode med hemming (Kroglund mfl., 2011b,c). Hemmingen medførte at fisken ankom de ytre fjordområdene noen uker forsinket. Dette tyder på at responsen på Al i brakkvann primært var knyttet til atferd (vandringsvillighet) og, ikke til overlevelse. Det antas at forsinket ankomst til kyststrømmen har negativ effekt på smolt til voksen overlevelse (SAR). Hypotesen er at smolt som utvandrer når det er Al i brakkvann har redusert sjøoverlevelse i forhold til smolt som ikke erfarer Al langs utvandringsruten.

De ulike smoltgruppene er definert i forhold til hvor de ble satt ut og hvilken transportmetode som ble benyttet. Som følge av disse forskjellene vil de også eksponeres ulikt

Belastningsgrupper

Gruppe Elv: Smolt som nedvandret elva uten hjelp vil erfare alle endringer i vannkvalitet langs utvandringsruta. Utvandringsruta vil gjelde både vassdraget og den utenforliggende fjorden.

Gruppe Fjord: Smolt ble satt ut i Strømmen. Disse fiskene ble eksponert for det brakkvannsmiljøet som til enhver tid forekom i fjordsystemet.

Kontrollgrupper

Gruppe Slep: Smolten ble satt ut i en slepekasse i Strømmen og herifra slept ut fjorden og fram til Trollbergvika (ytre del av Sandnesfjorden). Slepet tok 4-5 timer. Før denne fisken ble sluppet fri ble den holdt i ca 24 timer i kassa for å roe fisken ned etter slepet.

Gruppe Bil: Smolten ble kjørt med bil fram til Trollbergvika. Denne smolten ble oppbevart i 24 timer i en slepekasse før den ble sluppet fri.

De ulike gruppene er presentert i **Tabell 2**. Det ble ikke gjennomført slep i 2009.

Tabell 2. Behandlingsgrupper innenfor prosjektet årene 2009, 2010 og 2012. Gruppe slep vil eksponeres for Al under deler av slepet, men som følge av kort varighet og ingen klare indikasjoner på effekter (se rapporten), defineres denne som kontrollfisk her.

Behandlingsgruppe	Eksponering For Al i brakkvann	Smolt 2009	Smolt 2010	Smolt 2012
Elv; nedvandret elva etter merking	Ja	√	√	√
Fjord; satt ut i munning av Storelva	Ja	√	√	√
Slep; transportert gjennom Songevatn og Nævestadfjorden	Nei (3 t)		√	√
Bil; kjørt utenom Songevatn og Nævestadfjorden	Nei	√	√	√

3.4 Smoltutvandringsperiode og relasjoner til Al i brakkvann

En utfordring innenfor prosjektet har vært å sikre at man hadde smoltgrupper med kjent eksponering for Al. Eksponeringen varierer med variasjonen i salinitet og hvor lang tid smolten oppholder seg i de belastede områdene. Smoltutvandringen i Storelva er ikke relatert til endringer i salinitet i fjorden. Smolt kan derfor utvandre før, mens eller etter at forholdene er ugunstige/gunstige. En sammenheng mellom salinitet og SAR kan baseres på perioder for 0-33, 33-67 og > 67 % av smolten har utvandret (forbi Strømmen), eller for perioder hvor man har salinitet innenfor visse intervall. Ettersom formålet med merkeprogrammet er å undersøke betydningen av Al i brakkvann på sjøoverlevelse har vi her valgt å benytte salinitetsnivåer som grupperingskriterium. Behandling/belastningen kan da knyttes til hva slags salinitets/Al-belastninger enkeltindividet opplever.

Mens vi vet når 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 utvandningsdato på benyttes utsetningsdato påplussset 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 og 2010 var median vandringstid på 6 dager fra Fosstveit til elvemunningen. Dato for passering av Strømmen benyttes for å periodisere all utsetting.

3.5 Fysiokjemiske data

Elvetemperatur måles daglig ved Fosstveit kraftverk. NVE stasjon 18.4.0 måler vannføring i hovedelva ved utløpet til Songevatn. Salt og temperaturloggerne ble utplassert på 0,5 og 2 m dyp på stasjonene overgang (overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden), Doknes (utløp fra Nævestadfjorden) og innerst i Sandnesfjorden gjennom hele smoltutvandningsperioden. Loggerne ble normalt tatt inn i midten av juni, eller før fellesferien.

3.6 Gjenfangst og deteksjon av oppvandring 2013

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 brakk/saltvann. Vi vet hvor mange som ble satt ut i elva. Antall som utvandret elva var imidlertid lavere enn antall satt ut på grunn av predasjon fra gjedde i elva (Kroglund mfl 2011f). Antall som utvandret fra elva er estimert ut fra kunnskap om overlevelse, ut fra fangsteffektivitet til smolthjul og PIT-deteksjonseffektivitet.

Det er flere ganger undersøkt predatorfisk fanget innenfor området fra Songevatn til utløpet av Sandnesfjorden. Det har kun unntaksvis blitt påvist smolt i magen til en predator. Hvis vi har fanget en predatorfisk med smolt i magen har det alltid vært en sjørøret vinterstøing.

Deteksjonseffektivitet til innvandrende 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. 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. Dette ble brukt også brukt som kvalitetssikring av antenedeteksjonen.

I 2012 hadde vi tilgang på data fra to andre uavhengige antenner plassert ved Angelstad og i laksetrappa. Ved å benytte data fra to uavhengige stasjoner (PIT-1870 og PIT-Angelstad) antar vi at vi har påvist nær samtlige laks som innvandret i 2012 og 2013.

4. Resultater smoltutvandring 2009-2012

4.1 Karakterisering av smoltutvandringsperioden; 2009 til 2012

4.1.1 Totalfangst, smolt årene 2009 til 2012

Antall individ av laks- og ørretsmolt som ble fanget har variert mellom år (**Tabell 3**). Størst totalfangst hadde vi i 2010 (henholdsvis 10200 og 2400 smolt), lavest i 2012 (henholdsvis 3000 og 2100 smolt). Hovedmålet med aktiviteten i 2009-2012 var å fange fisk for PIT-merking for å dokumentere sjøoverlevelse i forhold til Al i brakkvann. Mye smolt ble derfor transportert ut av elva og satt ut i fjorden uten å ha passert elvemunningen. Dette vil ha innvirket på antall smolt som utvandret i 2010 og 2012. Mengdefordelingen mellom laks og ørret har variert fra år til år. Forskjellene kan ikke knyttes til fangsttinningsinnsats. Det ble tatt relativt mest ørret de årene elva var varmest (2007 og 2012).

Tabell 3. Antall laks- og ørretsmolt fanget årene 2009 til 2012 i Storelva. Disse verdiene er ikke korrigert i forhold til antall feller benyttet, felleeffektivitet eller innsats og angir kun antall smolt håndtert.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010**	2011	2012**
Antall smolthjul	1*	1	1	1	2	4	2	3
Sideløp kraftverk.							1	1
Laksesmolt	606	4339	1432	2904	5252	10188	3511	2987
Ørretsmolt	192	606	1082	1162	1510	2392	1580	2124
Ratio laks/ørret	3.2	7.2	1.3	2.5	3.5	4.3	2.2	1.4

*I 2005 ble fangst utført med River Fish Lift. Denne ble kun driftet kort periode.

** Smolt transporteres vekk fra elva. Disse kan følgelig ikke fanges ved Strømmen.

4.1.2 Smoltutvandringsperiode, 2005 til 2012

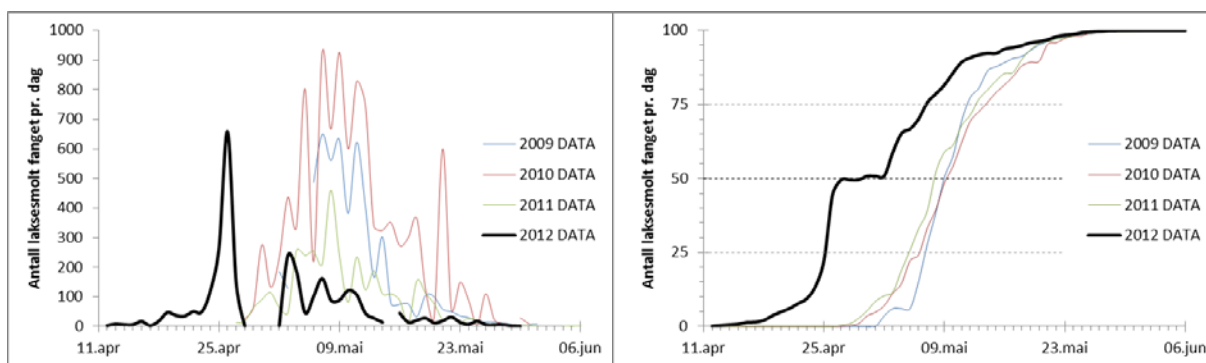
Dato for utvandring (i elvemunningen) har variert mellom år (**Tabell 4**). Halvparten av smolten hadde utvandret innen 13. mai i 2009, 17. mai i 2010, 8. mai i 2011 og 6. mai i 2012. I 2006 ble samme nivå først nådd 24. mai. Selv om det ble tatt smolt allerede første natt i 2012, tok det 21 dager før 25 % av årsfangsten var tatt. Medianverdien for årene 2005 til 2011 er 10 dager.

Det ble også brukt andre fangststasjoner høyere opp i Storelva. Hvis vi inkluderer disse fangstene fremstår 2012 som et klart avvikende år. Størst daglig fangst var 26. og 27. april 2012, eller nær 14 dager tidligere enn de forutgående årene (**Figur 7**). Når smolt utvandret til normal tid i elvemunningen, må den tidlige utvandringen som observeres i det aggregerte materialet skyldes at smolten startet smoltutvandringen tidligere, og før fella ble satt ut i de øvre delene av elva. Det ble påvist fire døde laksesmolter nedstrøms kratverksutløpet før sideløpet ble åpnet. Dette betyr at det kan ha utvandret noe smolt før 11. april.

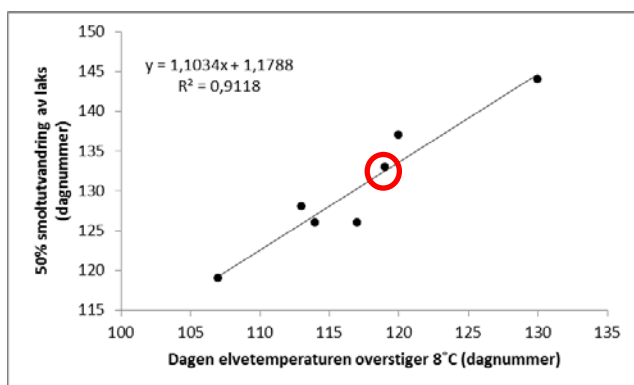
Variasjonen i utvandringstidspunkt mellom år kan hovedsakelig forklares med årlige variasjoner i elvetemperatur. Vi finner en god sammenheng mellom dagen der 50 % av smolten har utvandret og dagen der elvetemperaturen for første gang passerer 8°C (**Figur 8**). 50 % utvandring inntreffer normalt ca 12-14 dager (spredning 6 til 17 dager) etter at elvetemperaturen passerte 8 °C.

Tabell 4. Aggregert data for laksesmolt for dato for når temperaturgrensene 7, 8 og 10°C ble passert i Storelva, dato smoltjulet 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. År hvor vi har transportert fisk ut av elva vil ha redusert antall fisk forbi Strømmen).

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Median
Temp>7 °C	26.apr	10. mai	14. apr	25. apr	27. apr	27. apr	22.apr	27.mar	25.apr
Temp>8 °C	28. apr	11. mai	23. apr	28. apr	29. apr	30. apr	23.apr	24.apr	28.apr
Temp>10 °C	1. mai	12. mai	27. apr	5. mai	4. mai	9. mai	26.apr	1. mai	02.mai
Dato fella ut	3. mai	2. mai	26. apr	15. apr	26. apr	1. mai	26.apr	11.apr	26.apr
Første fangst	3. mai	6. mai	26. apr	20. apr	28. apr	1. mai	27. apr	12.apr	27.apr
Dag maks fangst	11. mai	17+25. apr	27+30. apr	3-6. mai	14. mai	16. mai	8-9. mai	3. mai	12.mai
25 % fangst	10. mai	18. mai	27. apr	4. mai	10. mai	11. mai	6. mai	2. mai	08.mai
50 % fangst	11. mai	24. mai	29. apr	6. mai	13. mai	17. mai	8. mai	6. mai	09.mai
75 % fangst	12. mai	28. mai	3. mai	9. mai	16. mai	21. mai	10. mai	10. mai	11.mai
90 % fangst	13. mai	2. juni	15. mai	13. mai	22. mai	26. mai	21. mai	19. mai	20.mai
Ant dager fra fella ut til 25 % fangst	7	16	1	20	14	10	10	21	12
Ant dgr 25-90% Transport	3	15	18	9	12	15	16	16	15
						ja		ja	



Figur 7. Daglig (venstre) og akkumulert fangst av laksesmolt i 2012 samt årene 2009 til 2011 i Storelva. Det er ikke her skilt mellom fangst på de ulike fangststasjonene, men det inngår alle år fangster både ved kraftverket og elvemunningen.

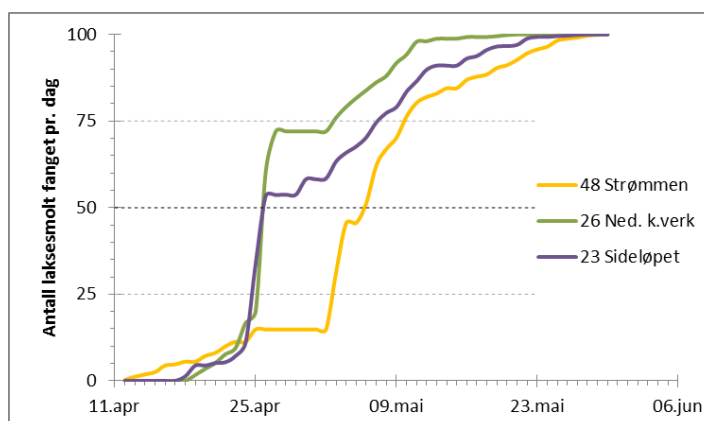


Figur 8. Sammenhengen mellom dagnummer for 50% utvandring og der elvetemperatur passerer 8°C i årene 2006 til 2012 hvor siste (2012) år er markert med rød ring.

4.1.3 Fangstforløp fordelt på stasjon i 2012

Fangstutviklingen basert på fangst i smolthjulet (SH) ved Strømmen (elvemunningen) var forskjellig fra utviklingen høyere opp i vassdraget (Fosstveit). Laksesmolt ble påvist tidligere ved Strømmen enn ved Fosstveit, men fangstutviklingen forble mer gradvis utover sesongen og manglet den store fangstoppen man hadde ved kraftverket 26. april. (**Figur 23**). Utvandringen ved Strømmen var således 6 til 9 dager senere enn ved kraftverket.

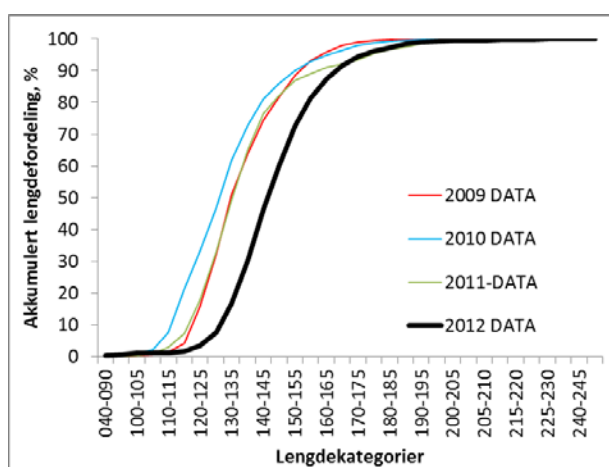
I perioden 16. til 26. april var prosentfordelingen mellom smolt påvist i de to løpene ved kraftverket tilnærmet lik. Fra denne datoen økte andel smolt som utvandret sideløpet mer enn turbinløpet (**Figur 9**). Denne forskjellen skyldes avtagende vannføring i elva som medførte at %-andelen vann i sideløpet tiltok. Dette gjorde sideløpet mer attraktivt og en økende andel av fisken benyttet denne utvandringsruten.



Figur 9. Akkumulert fangst av laksesmolt i 2012 fordelt på tre fangststasjoner.

4.1.4 Smoltlengder og -vekt

Laksesmolt fanget i 2012 var klart lengre enn smolt fanget årene 2009 til 2011 (**Tabell 5; Figur 10**). Smolt under 12 cm var nesten fraværende i 2011 og 2012. Mens 50-prosentilen var i lengdekategori 130-135 mm årene 2009 til 2011 var denne i kategori 140-145 mm i 2012. Middellengde til den målte smolten var på 133 til 138 mm for årene 2009 til 2011 og på 148 ± 15 mm i 2012.



Figur 10. Prosentfordeling av laksesmolt fanget i 2009 til 2012 fordelt på lengdegrupper. All lengdemålt fisk inngår i beregningene.

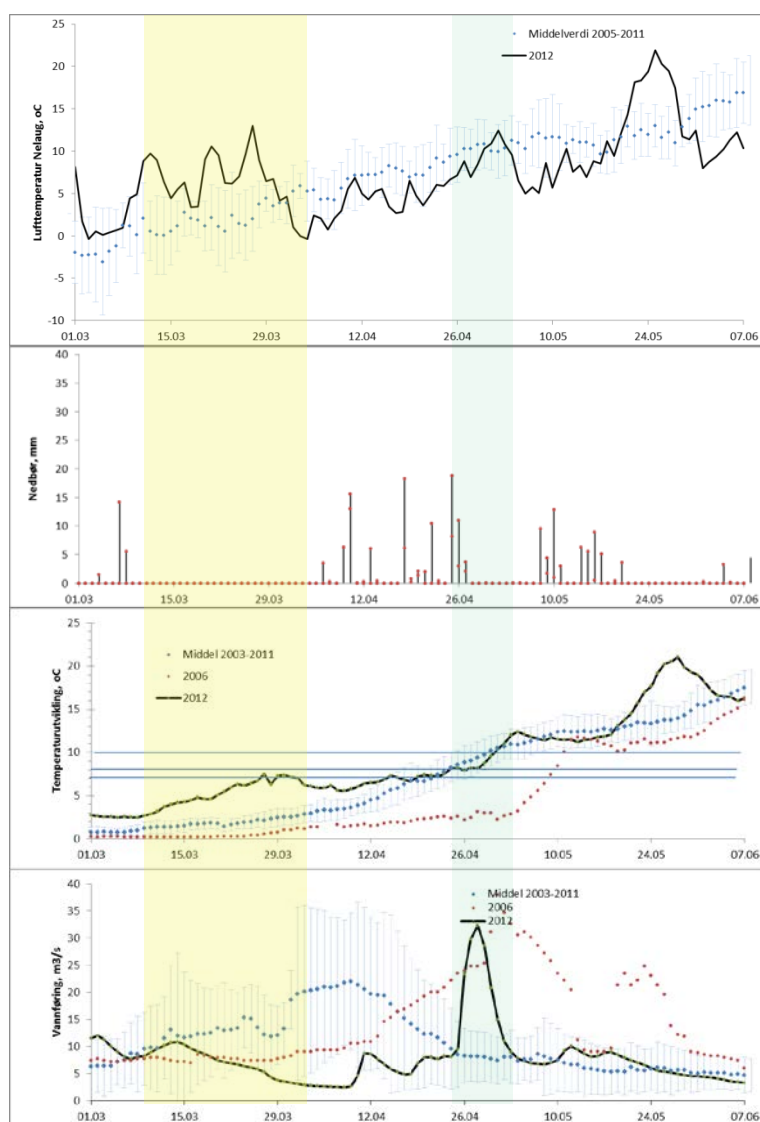
Tabell 5. Middellengde \pm 1 standardavvik til ørretsmolt målt årene 2009 til 2012 i Storelva. Fisk angitt som UM er ikke lengdemålt.

<i>Fangstår</i>	<i><12 UM</i>	<i>>12 UM</i>	<i>Sum målt</i>	<i>% målt</i>	<i>Lengde, mm</i>
Laks					
2009 DATA			5279	100	136.8 \pm 13,2
2010 DATA	406	1485	9115	82.8	133.3 \pm 15,5
2011 DATA		2179	1344	38.2	138.3 \pm 17,8
2012 DATA		109	2896	96.4	147.9 \pm 15,4

5. Vannføring og temperatur i smoltutvandringsperioden

5.1 Vannføring og temperatur i elva under smoltutvandringen, 2012

Smolt i Storelva utvandrer erfaringsmessig når elvetemperaturen passerer 7°C. Vårflommen er da normalt avtagende. I 2012 passerte elvetemperaturen 7°C den 27. mars (**Figur 11**). De neste 30 dagene var temperaturen < 6°C i 4 dager, mellom 6 og 7°C i 11 dager, mellom 7 og 8°C i 13 dager og > 8°C i 3 dager. I samme periode var vannføringen lav. Vannføringen økte først fra 19. april for å nå sitt maksimum 28. april (32 m³/s). Deretter avtok den gradvis og ble lavere enn 10 m³/s fra 4. mai, lavere enn 8 m³/s fra 20. mai og lavere enn 6 m³/s fra 24. mai.



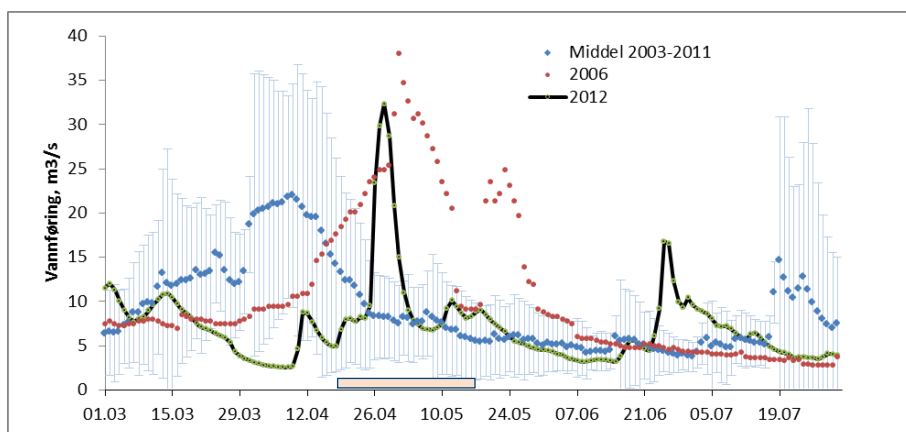
Figur 11. Daglig middeltemperatur og vannføring i 2012 i Storelva. Perioden med høy lufttemperatur i mars (gul areal venstre) samt flommen i april/mai (grønn areal høyre) er avmerket. Vanntemperaturnivåene 7, 8 og 10 er markert med horisontal strek.

5.2 Vannføring og temperatur i elva, 2003-2012

Vannføringen om våren har variert betydelig mellom årene fra 2003 til 2012 (**Figur 12**). Som middelerdi for perioden 15. til 30. april var vannføringen høyere i 2003, 2004, 2006, 2008 og 2009 i forhold til 2012 (**Tabell 6**). Det vanlige innenfor perioden 2003 til 2011 med unntak av 2006, har vært at vannføringen i Storelva øker de to første ukene av april for å avta til lave nivåer fra siste uke av april. Selv om det innenfor denne perioden har vært betydelig variasjon, avviker årene 2006 og 2012 fra det normale. I 2006 kom vårflommen seint og først mot slutten av april. Dette året var flommen langvarig. I 2012 kom flommen også seint, men varte kort. I 2012 kom det en ny flom mot slutten av juni. Denne kan være viktig for smoltutvandring fra brakkvannsområdet, hvis smolten var hemmet.

Tabell 6. 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 og år	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



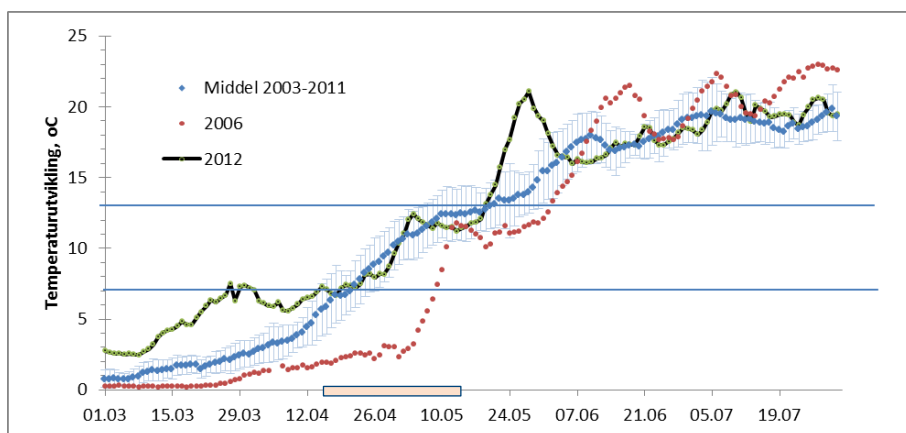
Figur 12. Daglig vannføring for årene 2003 til 2011 fra Storelva. Året 2006 er tatt fra middelerdiberegningene da dette året avviker om følge av sein vår. 2012 er vist med sort strek. Perioden det ble fanget smolt i 2012 er markert med lilla linje langs x-aksen.

Selv om året 2012 var varmt, var middeltemperaturen for perioden 15. til 30. april like høy i 2005, 2007 og 2011 (**Tabell 7**). For perioden 2003-2012 oversteg elvetemperaturen 7°C ca 21. april (range: 13-27. april), med unntak for 2006 som var et kaldt år (**Figur 13**). Dette året passerte temperaturen 7°C først 9. mai. Våren 2012 skilte seg ut med svært høye marstemperturer. Allerede 27. mars oversteg elvetemperaturen 7°C. Vanntemperaturen i Storelva økte opp mot og forbi 20 °C i slutten av mai. Så høye mai-temperatuer er ikke sett i observasjonsperioden tidligere år.

Temperaturen vil normalt øke forbi 8 °C 1 til 4 dager etter at den passerer 7°C, og passerer 10 °C 1 til 10 dager senere. Denne år til år variasjonen i vanntemperatur og -føring vil ha betydning for når og hvordan smolt utvandrer det enkelte året. Mens flommen i 2006 var preget av kaldt vann var vannet betydelig varmere i 2012-flommen.

Tabell 7. 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 og år	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



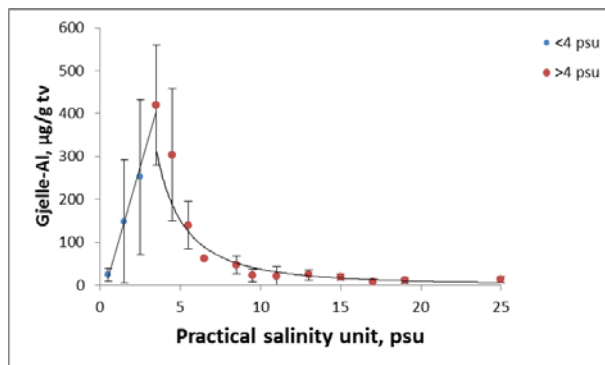
Figur 13. Daglig middeltemperatur og vannføring for årene 2003 til 2011 fra Storelva. Året 2006 er tatt ut da dette året avvok om følge av sein vår. 2012 er vist med sort strek. Perioden det ble fanget smolt i 2012 er markert med lilla linje langs x-aksen.

Det konkluderes med at våren 2012 var forskjelling og våren kom tidlig i forhold til de andre årene. Varmt vann i mars kan ha innvirket på tidspunkt for smoltutvandring. Forskjellene vil ha betydning for smoltutvandringsforløp og forholdene i brakkvann.

5.3 Gjelle-Al

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 (**Figur 14**). 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. 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 14. 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.

5.4 Salinitet og temperatur i brakkvannsområdene, 2012

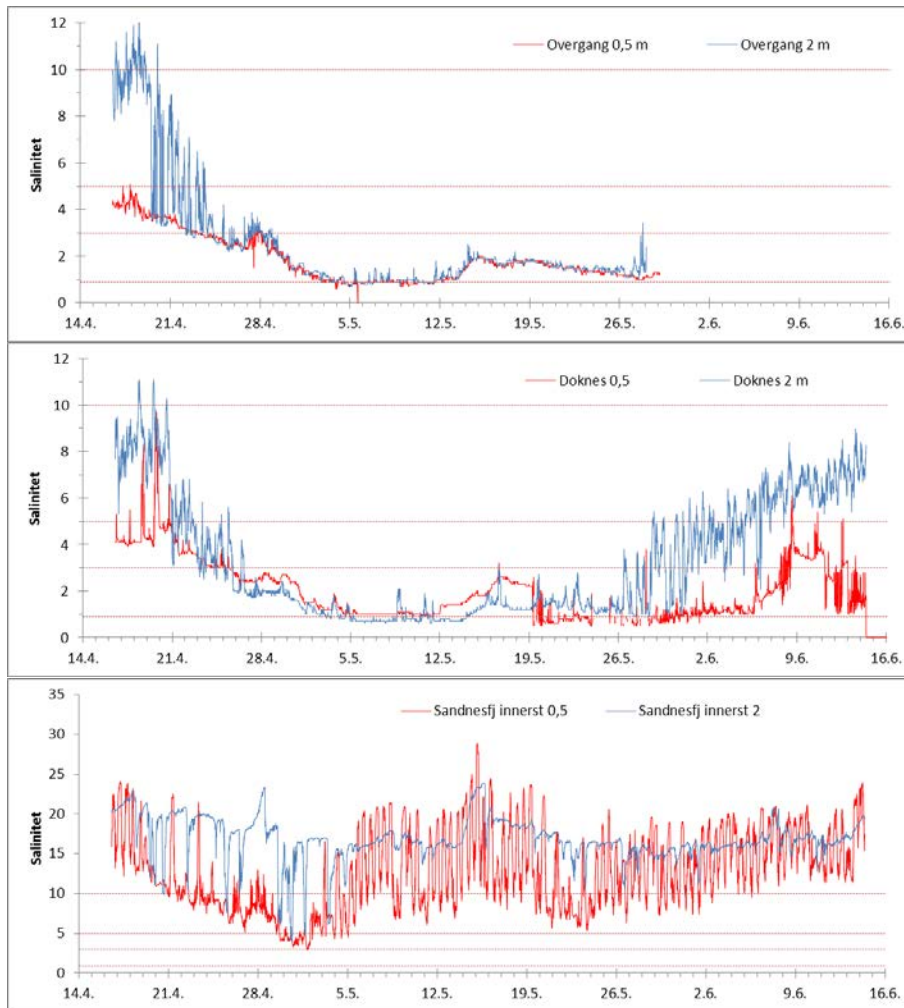
Vi har tidligere erfart at smolt påvirkes negativt når salinitet øker forbi 1 med en tiltagende effekt fram til ca 5. Deretter avtar påvirkningen uten at vi kan sette definitive grenser for når vannet ikke påvirker. Graden av påvirkning vil også avhenge hvor i systemet fisken erfarer de ulike salinitetene, hvor lange den blir værende i hvert område og hvordan salinitet på den enkelte lokalitet endres innenfor døgnet og over tid.

Overgang: Salinitetsnivået målt på 2 m dyp var saltere og hadde større døgnsvingninger enn vann på 0,5 m dyp fram til 19. april (**Figur 15**). I perioden 19. til 24. april kunne salinitet være lik på begge dybder i perioder av dagen. Fra ca 24. april til saltloggeren sviktet 28. mai var salinitet lik på begge dybdene. Nivået på begge dyp avtok mot 4. mai for å øke svakt dagene etter 13. mai. Salinitet vil fra ca 23. april til vi mistet målemulighet ha vært på et nivå hvor Al var akkumulerende.

Doknes: Hovedtrendene var som for stasjon Overgang, men her økte salinitet på 2 m dyp fra omkring 25. mai. Salinitet vil fra ca 23. april til 25. mai ha vært på et nivå hvor Al var akkumulerende. Etter den datoen vil smolt kunne ha utvandret på dypt vann, mens salinitet forble, med unntak av noen kortere vinduer, på et nivå hvor Al var akkumulerbart.

Sandnesfjorden innerst: Innerst i Sandnesfjorden var salinitetsnivået nær alltid høyere enn 5 og normalt > 10 . Salinitet avtok også her i overgangen mellom april og mai, men ikke i like stor grad som på de to innenforliggende stasjonene.

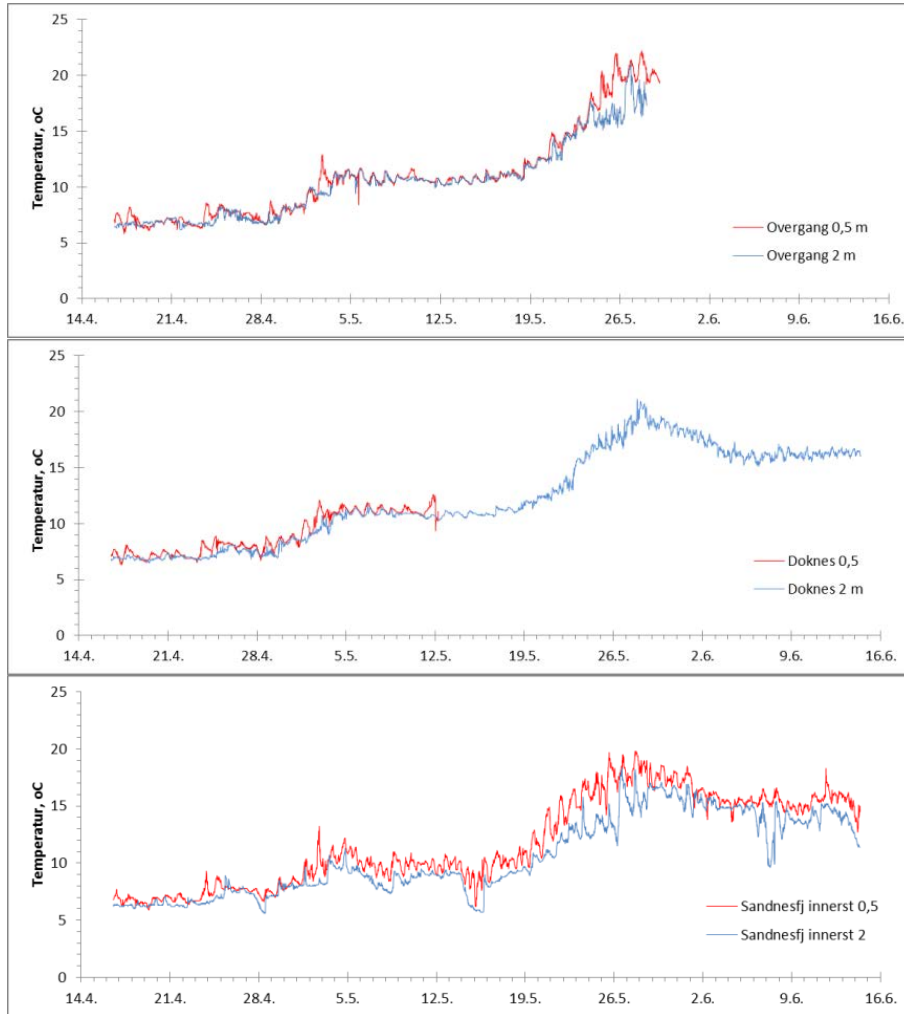
Økende vannføring fra ca 20. april og flommen dagene 26. til 30. april påvirket salinitet i hele fjordsystemet fra Songevatn til innerst i Sandnesfjorden. Vedvarende vannføring $> 5 \text{ m}^3/\text{s}$ medførte at salinitet ikke økte før vannføringen ble lav mot slutten av mai. Syv dager etter at loggerne ble tatt inn kom det ny flom i elva. Denne vil antagelig presset saliniteten ned og motvirket økningen vi observerte fra slutten av mai.



Figur 15. Kontinuerlig logging av salinitet (hver 10 min) på 0,5 og 2 m dyp i sundet mellom Songevatn og Nævestadfjorden, på utløpet av Nævestadfjorden (Doknes) samt etter 1. basseng i Sandnesfjorden. I figuren er salinitetsnivåene 1, 3, 5 og 10 psu antydnet med horisontale linjer. Dette er nivåer vi erfaringsmessig vet innebærer fra økende til avtagende akkumulering av metall.

Vanntemperaturen var gjennomgående lik på 0,5 og 2 m dyp på alle stasjonene (**Figur 16**). Variasjonen var størst innerst i Sandnesfjorden. Temperaturen i overgangsområdet mellom Songevatn og Nævestadfjorden passerte 8°C 29. april og passerte 10°C ca 3. mai. Temperaturen forble < 12 °C fram til 18. mai, hvorpå den økte til verdier > 15°C fra 22. mai. Det var kun små forskjeller mellom overgangen, Doknes og Sandnesfjorden.

Dersom 8°C representerer en kritisk vanntemperatur for ioneregulering i saltvann og samme verdi kan benyttes i brakkevann var vanntemperaturen tilfredsstillende for smolt fra 29. april i alle fjordbasseng.



Figur 16. Kontinuerlig logging av temperatur (hver 10 min) på 0,5 og 2 m dyp i sundet mellom Songevatn og Nævestadfjorden, på utløpet av Nævestadfjorden (Doknes) samt etter 1. basseng i Sandnesfjorden.

5.5 Salinitet i brakkvann, 2009-2012

I rapporten omtales smolt som utvandret i 2009, 2010 og 2012. Salinitetsnivået i hele fjordsystemet vil variere innenfor sesong og mellom år. Dermed vil en eventuell belastning også variere. Det generelle trekket er at salinitetsnivået øker i de indre fjordområdene når vannføringen i elva avtar. Økningen observeres da først ved Doknes og i Songevatn først noen få dager senere. Med økende flom vil det salte overflatelaget presses ut og hele fjordsystemet fra Songevatn til utløpet av Nævestadfjorden kan være ferskt. Normalt vil salinitet være høyere i de indre deler av Sandnesfjorden enn på innsiden av Lagstrømmen, men lavere enn salinitetsnivået er lengre ut. Variasjon i salinitet i Songevatn og Nævestadfjorden vil til enhver tid være et resultat av en dynamisk prosess hvor vannføring og temperatur sammen som vind og flo/fjære er vesentlige styrende variabler. Samtidig vil saltnivåene avhenge av salinitet på det innstrømmende vannet. Hvis dette har lav salinitet vil ikke økningen i de innenforliggende bassengene øke like mye som hvis det innstrømmende vannet er salt (Tjomsland og Kroglund, 2010).

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).

Smoltutvandringen i Storelva er ikke relatert til endringer i salinitet i fjorden. Smolt kan derfor utvandre før, mens eller etter at forholdene er ugunstige/gunstige. En sammenheng mellom salinitet og SAR kan baseres på tidsperioder definert ut fra når 0-33, 33-67 og > 67 % av smolten har utvandret (forbi Strømmen), eller ut fra perioder hvor man har salinitet innenfor visse intervall. Det er ikke salinitetsnivåer innenfor de ulike intervallene hvert år.

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 utvandringssdato på 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 vandringstudier i 2009 og 2010 var median vandringstid på 6 dager fra Fosstveit til elvemunningen. Dato for passering av Strømmen benyttes for å periodisere all utsetting.

Materialet er aggregert til perioder tilordnet en av syv salinitetsklasser (**Tabell 8**). For hver lokalitet er salinitetsklassen bestemt ut fra det midlere salinitetsnivået som ble målt innenfor tre tidsperioder. Disse periodene er definert ut fra når < 33 %, mellom 34-67 og > 67 % av smolten hadde passert Strømmen. Det er samtidig inkludert endringene i salinitet som inntraff 1 og 2 uker etter at smoltutvandringen var over. Klasseverdiene er satt ut fra det midlere nivå som dominerte innenfor den enkelte tidsperioden. Det er kun benyttet saltverdier fra 0,5 m dybde. På 2 m dyp vil vannet oftest være saltere enn i det øverste vannlaget. Klassene i tabellen er basert på erfaringer fra tidligere år hvor man har observert at det er en sammenheng mellom endringer i salinitet og påslag av Al på gjellene til fisken. Saliniteter < 0,9 og > 10 betraktes som indikatorer på vann hvor metallakkumuleringen vil være lav til fraværende. Ettersom smolten skal være utvandrende vil den mest sannsynlig oppleve økende saltnivåer langs utvandringssruten, og særlig etter at den har passert Lagstrømmen. Basert på sammenhenger mellom salinitet og gjelle-Al vil belastningen avta for å opphøre når salinitet passerer ca 7 promille. Dette innebærer samtidig at hvis fisken blir stående på en lokalitet over tid, og hvis salinitetsnivået i området øker forbi 7 vil belastningen kunne avta og fisken kan gjenoppta vandring.

Basert på salinitet vurderes fjordmiljøet som mest kritisk for utvandrende smolt i 2009 og 2012, være mulig kritisk i 2010 og være uten effekt i 2011.

Tabell 8. Salinitetsnivåer laksesmolt som forlater Storelva møter i overgangen mellom Songevatn og Nævestadfjorden, Nævestadfjorden utløp (Doknes), Sandnesfjorden 1. basseng og i kyststrømmen årene 2009 til 2012. Datoene satt inn i tabellen angir perioden 0-25 %, 25 til 75 % og 75 til 90 % av smolten var utvandret. Deretter er salinitetsnivåene angitt for 1. og 2. uke etter at 90 % utvandring var ferdig. Rutene er gitt farger for å angi salinitetsnivåer i henhold til skala nedenfor.

Salinitet	<0,9	0,9-3	3-5	5-7	7-10	10-15	>15
Stasjon og år							
Smolt ut Periode 1 <33 % fangst							
Smolt ut Periode 2 33-66 % fangst							
Smolt ut Periode 3 >66% fangst							
Uke 4 1 uke senere							
Uke 5 2 uker senere							
Smolt forbi Strømmen, 2009	28.apr – 11. mai	12. mai – 15. mai	16. mai – 1.juni	8. juni	15. juni		
Overgang 09							
Doknes 09							
Sandnesfj 09							
Kyststrømmen 09							
Smolt forbi Strømmen 2010	1.mai – 09. mai	09. mai – 14. mai	14. mai – 31. mai	7. juni	14. juni		
Overgang 10							
Doknes 10							
Sandnesfj 10							
Kyststrømmen 10							
Smolt forbi Strømmen 2011	27.apr – 7. mai	8. mai – 9. mai	10. mai – 29. mai	5. juni	12. juni		
Overgang 11							
Doknes 11							
Sandnesfj 11							
Kyststrømmen 11							
Smolt forbi Strømmen, 2012	12apr – 29.apr	29.apr – 8. mai	8 mai – 30. mai	6. juni	13. juni		
Overgang 12							
Doknes 12							
Sandnesfj 12							
Kyststrømmen 12							

6. Antall smolt som inngår i utsettingsgruppene

6.1 Antall smolt satt ut i 2009, 2010 og 2012

2009-smolt

Behandlingsgruppene i 2009 er oppsummert i **Tabell 9**. De viktigste gruppene var smolt satt ut i elvemunningen (**Fjord**) eller transportert med bil til Sandnesfjorden (**Bil**). Disse gruppene hadde lik håndtering og behandling fra fangst til og med merking og restituering. Et lite antall smolt ble satt ut i elva (**Elv**). 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 9. Utsettingsgrupper og antall smolt som inngår i gruppen i 2009.

Utsettingsgruppe	Utsettingssted	Antall merket	Estimert utvandret	Merknader
Elv	Nedstrøms KV	224	176	70 % overlevelse i elv
Fjord	Songevatn	603	603	
Bil	Trollbergvika	676	676	
Sum			1455	

2010-smolt

Behandlingsgruppene i 2010 er oppsummert i **Tabell 10**. I 2010 ble det slept smolt ut fjorden. Dette ble ikke gjort i 2009. Elvegruppa var i 2010 betydelig større enn i 2009. Overlevelse fra kraftverket til elvemunningen var på ca 40-60 % avhengig av om fisken hadde utvandret turbinløpet eller sideløpet forbi Fosstveit. Antall smolt som utvandret fra fjorden er satt lik antallet som ble merket korrigert for merkedød.

Tabell 10. Utsettingsgrupper og antall smolt som inngår i gruppen i 2010.

Utsettingsgruppe	Utsettingssted	Antall merket	Estimert utvandret	Merknader
Elv		1883	693	40-60 % overlevelse i elv.
Fjord		1251	1251	
Slep		1447	1447	
Bil		1905	1905	
Sum			5296	

2012-smolt

Behandlingsgruppene i 2010 er oppsummert i **Tabell 11**. I 2012 ble det fanget smolt ved Fosstveit samt i Strømmen. Ved Fosstveit ble smolt fanget ut av sideløpet ved kraftverket samt ut av turbinløpet (bruk av smolthjul). Sideløpet ble satt i drift 13. april og ble driftet fram til 01. juni 2012. Smolthjulet ble satt i drift 18.april og driftet til 1.juni. I Strømmen ble det benyttet smolthjul. Smolthjulet ble satt i drift 11.april og driftet frem til 01.juni 2012.

Tabell 11. Utsettingsgrupper og antall smolt som inngår i gruppen i 2012.

Utsettingsgruppe	Utsettingssted	Antall merket	Estimert utvandret	Merknader
Elv		754	476	
Fjord		500	500	
Slep		630	630	
Bil		645	645	
Sum			2251	

6.2 Antall smolt som utvandrer fra Storelva, 2005 til 2012

Smolthjulet i Strømmen har siden 2007 fanget i størrelsesorden 20 % av utvandrende laksesmolt og 11 % av ørretsmolten. Nivået har vært rimelig stabilt for laks (range 19-21 %), men har det vært mer varierende for ørret (range 8 til 13 %). Ut fra kunnskap om fangsteffektivitet og fangst kan antall smolt som passerte elvemunningen estimeres. Fram til 2011 utvandret det i størrelsesorden 10000 laksesmolt årlig (**Tabell 12**). I 2011 ble lakseutvandringen estimert til 3700 smolt, og til 6600 i 2012. Det konkluderes med at antall laksesmolt som har utvandret de to siste årene har vært lavere enn årene forut. Det pågikk ingen smoltfangst i 2013. Redusert produksjon i vassdraget kan forklare hvorfor smolten var lengre i 2012 enn årene forut.

Samlet kan fangst av smolt tyde på at lakseproduksjon har avtatt de senere år. Vi har ikke i denne rapporten fokusert på årsaken til dette, men det er i flere tidligere rapporter påpekt at: Hammerdammen har tatt bort produksjonsområder fra elva, Fosstveit kraftverk har både i anleggsfasen og etter at driften startet i 2008 påvirket produksjonen og overlevelsen til nedvandrende smolt samt at gjedda nedstrøms kraftverket spiser utvandrende smolt.

Det ble vinteren 2012/13 satt ut rogn ovenfor Hammerdammen. Denne vil klekke i 2013 og skal gi økt smoltproduksjon i 2015.

Tabell 12. Estimert antall laksesmolt som har utvandret fra Storelva perioden 2005 til 2012.

Smoltårgang	Vannf.	Fangsteff Laks	Laks SH Strømmen fanget	Laks Estimert	Sum estimert + transport
2005	3-4		606		Kort sesong
2006	30		4339		Mye vann
2007*	4-5	20	1432	7160	>7.200
2008	3-9	19	2904	14520	14.500
2009	3-6	20	1983	9915	10.000
2010	4-5	21	933	4665	10.000
2011	4-6	20	732	3660	3.700
2012	9-13	21	922	4610	6.600

- Mye av smoltutvandringen ble mistet på grunn av tidlig vår

6.3 Vinterstøing

6.3.1 Utvandring av vinterstøing

Utvandring av vinterstøinger ved Fosstveit kraftverk 2012 og 2013 rapporteres i egen rapport. En kort oppsummering er gitt i dette kapitlet. Vinterstøing kan benyttes til å verifisere deteksjonseffektivitet til PIT-antennene. En vinterstøing som påvises om våren bør være detektert på en eller flere antenner året før. Det ble gjenfanget 6 vinterstøinger fra smolt merket i 2009 i 2012. Samtlige var påvist opp i elva sommer/høst 2011 (**Tabell 13**). Det er påvist 28 utvandrende vinterstøinger av smolt merket i 2010. Av disse var 25 påvist oppvandrende. Samlet for de to smoltgruppene ble 88 % de utvandrende (utgytte) laksene påvist som innvandrende laks året før. Dette tilsier at deteksjon på antennene må ha vært god.

Tabell 13. Antall utvandrende laks som ble/ikke ble påvist som oppvandrende laks året før.

	Påvist oppvandrende	Påvist utvandrende	Mangler oppvandrende
2009 smolt	6	6	0
2010 smolt	25	28	3

Fangst av vinterstøying våren 2012

I 2012 ble det fanget totalt 187 vinterstøinger av laks og 306 vinterstøinger av aure gjennom sideløpet. Utvandringen skjedde over få dager (**Figur 17**). Vinterstøinger av aure startet utvandringen før laksestøingene og de kumulative utvandringsskurvene er ulike mellom de to artene (Two-sample Kolmogorov-Smirnov test $p < 0.001$). Hovedmengden av utvandrende laksestøing kom natt til 26. april ($n=125$, 67%), mens hovedmengden aurestøingene kom i to perioder. Den første perioden, 19-21. april ($n=158$) sammenfaller med økingen av vanndybden i sideløpet fra 20-33cm den 19. april. Den andre utvandringstoppen var samtidig og en dag før laksetoppen, 25-26. april ($n=95$). Store nedbørsmengder den 25. april førte til en rask vannføringsøkning og blakking av elvevannet de påfølgende dagene.

En stor andel av vinterstøingene i Storelva brukte sideløpet ved utvandring våren 2012. Basert på observasjoner og fangst nedstrøms turbinuttaket brukte 100 % av vinterstøingene sideløpet og ikke turbinløpet mens tiltaket var i drift.

Laks

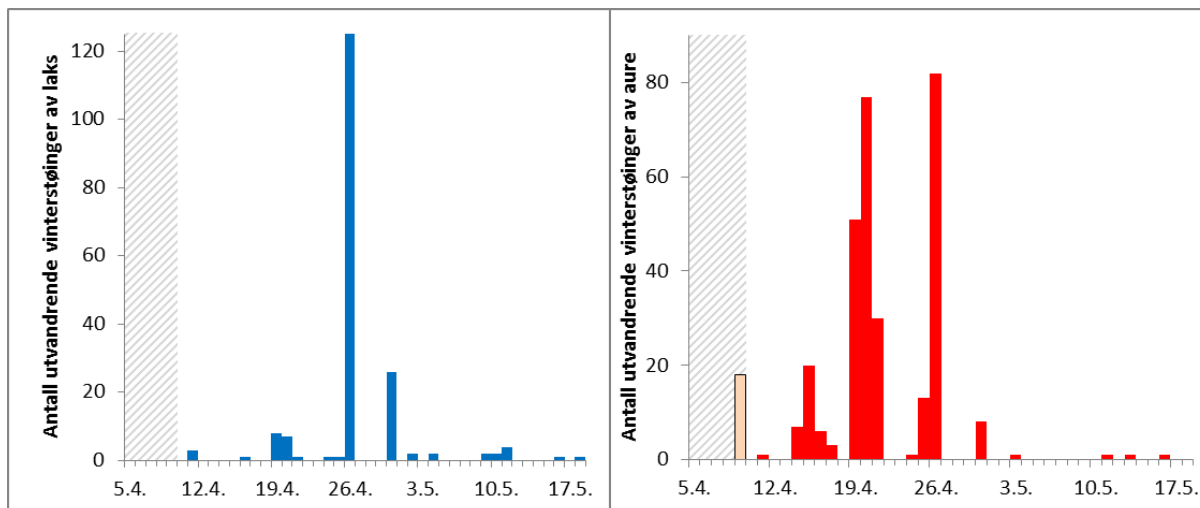
Av de 187 laksene som benyttet sideløpet var 25 PIT-merket som smolt (**Tabell 13**). Av disse var 5 merket som smolt i 2009 og 20 i 2010. PIT-merka utvandrende vinterstøing utgjorde 13,4 % av fangsten. Det ble i tillegg fanget 44 vinterstøinger som var fettfinneklippet. Fettfinneklipping ble benyttet som merkemethode på en større mengde laks ($n=3066$) i 2009. Ut fra dette må 71 % av de nedvandrende fiskene vi kjenner alder til ($n=69$) ha oppvandret som 2-SV laks, resten som 1-SV laks i 2011. Samlet var 36,9 % av all vinterstøing som ble påvist utvandrende i 2012 merket enten med PIT eller med fettfinneklipping. Resten var umerket. Dette antyder at fiskene vi fanget utgjorde ca 1/3 av total nedvandrende bestand.

I Strømmen ble det fanget 15 umerka vinterstøing og fem som var PIT-merka. Av disse var to gjenfangster av laks som ikke var påvist ved kraftverket. De tre andre var påvist ved kraftverket før de ble gjenfanget i Strømmen. Vi vet ikke om den umerka laksen fanget i Strømmen var gjenfangster av laks som passerte kraftverket uten å detekteres, eller om disse hadde overvintret mellom kraftverket og elvemunningen. Det siste er mer sannsynlig enn at de passerte uten deteksjon. Ut fra at to av fem PIT-merka gjenfangster ikke var påvist ved kraftverket kan dette antyde at ca 40 % av fangsten hadde overvintret i områdene nedstrøms kraftverket. Antall fisk i materialet er lavt og tallet følgerlig usikkert.

Snittlengda til 5 laks PIT-merka som smolt i 2009 og som innvandra som 2 SV i 2011 var 776 ± 44 mm lang (range, 750-850). De hadde en vekt på $2,7 \pm 0,3$ kg. Det ble i tillegg fanga 44 vinterstøinger som var fettfinneklippa i 2009. Disse fiskene var 748 ± 51 mm (range, 630 til 870 mm). Vinterstøinger merket som smolt i 2010 var 586 ± 63 mm lang (range, 410-700 mm) og veide $1,3 \pm 0,4$ kg.

Tabell 14. Antall vinterstøing av laks påvist på de ulike fangstlokalitetene våren 2012. For fisk som var merket som smolt er det skilt med hensyn til merkemethode og år.

	Sideløpet Umerka	Sideløpet GF	MVF	Turbinløpet	Strømmen UM + ny GF	Antall	PIT- 1870	Strømmen GF
FF-merka 2009 smolt	44					44		
PIT-merka 2009 smolt		4			1	4		
2010 smolt		19	1†		1	20		1
Umerka Sluppet umerka	79				10	92		
PIT-merka 2012	41				5	46	6	2
Sum	164	23	1		15	206	6	5



Figur 17. Antall utvandrende vinterstøinger av laks (blå) og aure (rød) gjennom sideløpet og turbinen (lys rød) ved Fosstveit våren 2012, perioden der sideløpet var ute av drift er illustrert med skravert felt.

Registrering av utvandrende utgytt fisk om våren tilsier at antennene påviste de fleste oppvandrende fiskene året forut. Dette styrker tallgrunnlaget benyttet til beregning av SAR.

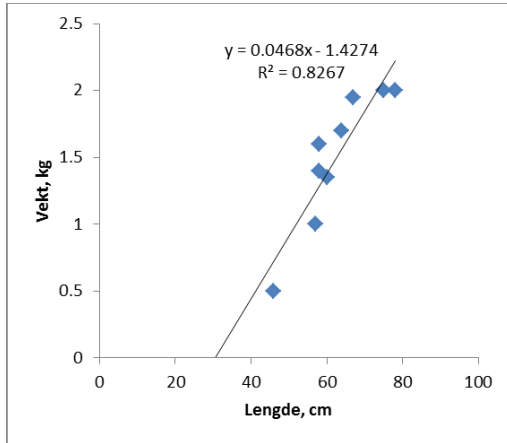
6.3.2 Gjeddepredasjon og betydning for gytebestandsmåloppnåelse

Det ble til sammen tatt 58 gjedder i løpet av gjeddefestivalen 2012. Av disse ble 14 lengdemålt og veid. Vekt på disse varierte fra 1 til 2 kg (Figur 19). De fleste gjeddene ($n=40$) hadde tom mage. Det ble funnet til sammen 16 PIT-merker fordelt på 14 gjedder. Ut fra dette var det PIT-merker i 25 % av gjeddene. En gjedde hadde 3 PIT-merker i magen. Samlet ble det påvist 8 laksesmolt og 8 ørretsmolt i gjeddemagene. Når det ble satt ut 745 laksesmolt og 533 ørretsmolt i elva har vi en gjenfangst på 1,1 % fra laksen og 1,5 % av ørreten. Det er også tidligere påvist at gjedda har mer ørret i magen enn laksesmolt (Kristensen mfl., 2010). Vi antar at høyere andel PIT-merket ørret i magene ikke er tilfeldig og skyldes at gjedda tar mer ørret enn laks.

Det er rimelig å anta at faktisk tap av smolt til gjedde var betydelig større enn det gjenfangst av PIT-merker isolert angir. Når vi har en gjenfangst på 1,1 % av laksesmolten fra gjeddemager fordelt på 2 dager fangst må vi kunne anta at faktisk tap er betydelig høyere enn dette. Dersom gjedda tar 1 % av bestanden daglig vil dette innebære et tap på 20 % over tre uker. Det ble for årene 2009 og 2010 estimert at henholdsvis 30 og 50 % av smoltutvandringen gikk tapt til gjedda, hvor tapet i prosent var størst når smolttettheten var lavest (Kristensen mfl. 2010). Tilsvarende estimat er ikke gjennomført for 2012, men det er rimelig å anta at tapet var innenfor samme størrelsesintervall som tidligere vist. Gjeddene tar dermed mer smolt enn kraftverket. Predasjon fra gjedde medfører et større bestandstap enn det som tapes som følge av lakselus på Vestlandet (Skilbrei mfl., 2013). Gjeddene fremstår derfor som en vesentlig trussel for gytebestandsoppnåelse i Storelva.

Dersom gjedda faktisk desimerer nedvandrende smoltbestand med fra 30 til 50 % kan gjedde forhindre/hemme en rask bestandsøkning av laks og ørret i Storelva. Det ble derfor vinteren 2012/13 igangsatt rognutlegging i Storelva. Økt smoltproduksjon skal bidra til at gjedda i prosent tar færre smolt. Dette skal i neste omgang resultere i mer gytefisk. Dette ett-årige tiltaket vil kun ha en positiv effekt hvis oppvandringstiltak iverksettes ved Hammerfossen. Disse må være på plass innen 2016 (smoltutvandring i 2015, innvandring av 1-SV laks i 2016).

Det synes ikke mulig å utrydde gjedde fra vassdraget. Hvis gjedda tar fra 30 til 50 % av smolten vil det å fange smolt og slepe disse forbi gjeddeområdene kunne være et tiltak. Smolt kan da fanges ved Fosstveit og slepes til Strømmen. Her kan slepet enten fortsette til ytre del av Sandnesfjorden, eller fisken kan overføres til brakkvann.



Figur 18. Lengde-vekt relasjon til 14 gjedder tatt under gjeddefestivalen 19. og 20. mai 2012i Storelva.

7. Resultater, gjenfangster av laks fra smoltårgangene 2009 til 2012

7.1 Deteksjonseffektivitet på oppvandrende fisk gjennom PIT-antennene

Deteksjonseffektivitet til innvandrende 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 vinterstøinger vi påviste i 2012 var påvist inn i elva i 2011. Basert på antennedeteksjon 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 eller ved Angelstad. Ved å benytte data fra tre uavhengige stasjoner (PIT-1870, PIT-Angelstad og Trappa) antar vi at vi har påvist nær samtlige lakser som innvandret i 2012 og 2013.

7.2 Gjenfangst av voksen laks fra smoltårgangene 2009 og 2010

Av smolt satt ut i 2009 er det hittil registrert 54 gjenfangster (ukorrigerede fangster). Av disse er 80 % 2-SV laks (påvist i 2011) og 7 % 3-SV laks (påvist i 2012) (**Tabell 15**). Av smolt satt ut i 2010 er det hittil registrert 236 gjenfangster. Av disse er 31 % 1-SV laks (påvist i 2011) mens 63 % er tatt som 2-SV laks og 5 % som 3-SV laks.

Det ble våren 2012 påvist 29 vinterstøing av laks som var PIT-merket som smolt i enten 2009 eller i 2010 (**Tabell 15**). Disse ble i hovedsak fanget ut av sideløpet som var etablert for nedvandrende fisk ved Fosstveit kraftverk. Majoriteten (85 %) av vinterstøinger påvist ut av vassdraget i 2012 ble påvist inn i vassdraget i 2011. Årsaken til at ikke gjenfangsten er på 100 % er at noe laks gyter nedstrøms Fosstveit eller dør etter gyting

Tabell 15. 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	Sjølde og 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		
2010	5399	3	73	149	11	236	6	
2011	noen		5			5	23	
2012	1775	3	12			15		

7.3 SAR, smolt merket 2009 til 2012

Sjøoverlevelse påvirkes av en rekke faktorer. Smoltårgang, smoltlengde og behandlingsgruppe er alle viktige faktorer som kan påvirke SAR. Sannsynlighet for å overleve i sjøfasen påvirkes av smoltens lengde. Det var ingen forskjell i lengdefordeling mellom gruppene. Det var i 2009 og 2010 ingen forskjell i overlevelse etter merking innenfor elva, men små smolt hadde redusert SAR (Kroglund mfl., 2012a.). Tilsvarende analyser er ikke utført på smolt som utvandret i 2012 siden 2-SV og 3-SV fisken ikke vandrer inn før i 2014/15.

7.3.1 Gjenfangst av smolt merket i 2009

Samlet fangst i Storelva (korrigert for deteksjonseffektivitet) samt fra andre lokaliteter utenfor vassdraget er på 59 laks. Av disse ble 90 % tatt i Storelva. Fra denne smoltårgangen dominerte 2-SV laks (86 %) mens 1- og 3-SV laks utgjorde hver 7 % av fangsten.

Det var forskjeller i SAR mellom gruppene. SAR til gruppene Elv (usikker pga få smolt) og Bil var på ca 4,8 %, mens var SAR til Fjord på 3,3 %. Erfaringsmessig skal en biltransport resultere i svekket heimvandring, men ikke innvirke på sjøoverlevelse. Når SAR til biltransportert smolt var på 4,8 % må vi anta at dette nivået er underestimert som følge av underrapportering av merker. Tallmaterialet er for lavt til at vi kan lage noe estimat på hvor stor underrapportering er. Forskjellen mellom Bil og Fjord tyder på en behandlingsrespons.

Tabell 16. Estimat av SAR i forhold til utsettingslokalitet for av smolt merket i 2009. Gjenfangster er gruppert til Storelva og utenfor Storelva (andre lokaliteter). Elvefangst i 2011 er justert ut fra 85 % deteksjon. Det er i tabellen inkludert fangst av nedvandrende utgytt laks. Disse omtales senere.

Fangst	2009 smolt	2009 opp laks	2010 opp laks	2011 opp laks	2012 opp laks	Sum voksen	2011 ut vinterstøing	2012 ut vinterstøing
Storelva								
Elv	161	0	0	6	0	6	0	0
Fjord	611	0	1	15	2	18	0	2
Bil	622	0	0	27	2	29	0	4
Sum	1394	0	1	48	4	53	0	6
Andre lok								
Elv		0	2	0	0	2		
Fjord		0	1	1	0	2		
Bil		0	0	1	0	1		
Ødelagt merke		0		1	0	1		
Sum		0	3	3	0	6		
SAR; all fangst	Sum voksne							
Elv	8	0	1,2	3,7	0,0	4,9		
Fjord	20	0	0,3	2,7	0,3	3,3		
Bil	30	0	0,0	4,5	0,3	4,8		
Ødelagt merke	1							
Sum	59	0	0,3	3,7	0,3	4,2		

7.3.2 Gjenfangst av smolt merket i 2010.

Samlet fangst i Storelva (korrigert for deteksjonseffektivitet) samt fra andre lokaliteter utenfor vassdraget var på 247 laks. Av disse ble 92 % tatt i Storelva. Vi antar da at 12 laks som ble tatt i kilenota utenfor Risør ville ha innvandret til Storelva.

Fra denne smoltårgangen dominerte 2-SV laks. Disse utgjorde 60 % av all laks påvist. Til sammen 5 % av laksen ble påvist først etter 3 år i sjø. Vi kan ikke anta vi har fått tilbakerapportert all PIT-merket smolt tatt utenfor Storelva. Estimater vil dermed være et minimumsestimater.

Det var forskjeller i SAR mellom gruppene. Mens SAR til gruppene Elv, Fjord og Slep var på 4,7-5,8 %, mens SAR til Bil var på 3,5 %. Denne forskjellen var signifikant og er diskutert i tidligere årsrapporter. Det antas som normalt at smolt transportert med bil har dårligere preging enn smolt slept eller satt ut i en elv og følgelig redusert hjemvandring. Hvis transportmetoden er årsak til lav SAR hos bilkjørt smolt i 2010 må samme argumentasjon gjelde for smolt satt ut i 2009. Forskjellen i SAR mellom bilkjørt og fjordutsatt smolt satt ut i 2009 må da være større enn antydnet.

Av den innvandrede laksen ble ca 30 % (14 av 57) påvist utvandrende som vinterstøing i 2012. Langt færre ble påvist våren 2013. Denne forskjellen skyldes mest sannsynlig fangstforholdene de to årene, det var vanskelig å registrere fisk ved kraftverket i 2013 på grunn av flom. Ettersom det ikke var smoltfangst i 2013 ble det heller ikke registrert vinterstøinger.

Det ble påvist 3 laks som tilbakevandret som 0-SV fra 2010 smoltutsettingene. To av disse ble tatt i slutten av september og en i midten av juli. Den ene tilhørte en gruppe smolt slept ut av fjorden. De to andre var satt ut i elva. Det er opplyst at små laks (0,5 kg) har vært vanlig i Agder de senere år.

Tabell 17. Estimater av SAR i forhold til utsettingslokalitet for av smolt merket i 2010. Gjenfangster er gruppert til Storelva og utenfor Storelva (andre lokaliteter). Elvefangst i 2011 er justert ut fra 85 % deteksjon. Det er i tabellen inkludert fangst av nedvandrende utgytt laks. Disse omtales senere.

Fangst Storelva inkl kilenot	2010 smolt	2010 opp laks	2011 opp laks	2012 opp laks	2013 opp laks	Sum voksen	2012 ut vinterstø ing	2013 ut vinterstø ing
Elv	745	2	14	19	2	37	2	0
Fjord	1251	0	20	43	6	69	4	1
Slep	1447	1	21	43	0	65	12	0
Bil	1905	0	22	36	2	60	7	2
Ødelagt merke		0	0	0	0	0	0	0
Sum	5348	3	77	141	10	231		
Andre lok								
Elv		0	0	1	0	1		
Fjord		0	1	2	0	3		
Slep		0	1	2	0	3		
Bil		0	4	2	1	7		
Ødelagt merke		1	1	0	0	2		
Sum		1	7	7	1	16		
SAR; all fangst	Ant. laks							
Elv	38	0,3	1,9	2,7	0,3	5,1		
Fjord	72	0,0	1,7	3,6	0,5	5,8		
Slep	68	0,1	1,5	3,1	0,0	4,7		
Bil	67	0,0	1,6	2,0	0,1	3,5		
Ødelagt merke	2							
SAR all fisk	247	0,1	1,6	2,8	0,2	4,6		
Sum eks.bil		0,1	1,6	3,1	0,2	5,1		

7.3.3 Gjenfangst av smolt merket i 2012.

Hittil er det fanget 15 laks fra utsettingene i 2012. Majoriteten av laksen forventes tilbake i 2014. En laks merket i 2012 ble fanget i Bjerkreimselva (antatt 1. aug. 2013). Denne veide da 3 kg.

I 2013 innvandret det en laks PIT-merket som (PIT-nr 170003240) i Kvina i 2011. Denne var 13,6 cm når den ble merket ved Trælandsfoss 7. mai 2011. Den ble registrert opp ved Angelstad 22. september 2013.

Tabell 18. Estimert av SAR i forhold til utsettingslokalitet for av smolt merket i 2010. Gjenfangster er gruppert til Storelva og utenfor Storelva (andre lokaliteter). Elvefangst i 2011 er justert ut fra 85 % deteksjon. Det er i tabellen inkludert fangst av nedvandrende utgytt laks. Disse omtales senere.

Fangst	2012	2012 opp	2013 opp	2014 opp	2015 opp	Sum	2013 ut	2014 ut
Storelva	smolt	laks	laks	laks	laks	voksen	vinterstøing	vinterstøing
Elv	476	2	2			4		
Fjord	500	1				1		
Slep	630	0	4			4		
Bil	645	0	5			5		
Ødelagt merke	500	0	0			0		
Sum	2251	3	11			14		
Andre lok								
Elv		0	0			0		
Fjord		0	1			0		
Slep		0	0			0		
Bil		0	0			0		
Ødelagt merke		0	0			0		
Sum		0	0			1		
SAR; all fangst								
Elv	4	0,4	0,4			0,8		
Fjord	2	0,2	0,2			0,4		
Slep	5	0,0	0,8			0,8		
Bil	4	0,0	0,6			0,6		
Ødelagt merke	0							
Sum	15	0,1	0,5			0,7		

7.4 Smolt til voksen overlevelse (SAR) knyttet til salinitet

7.4.1 SAR; smoltårgang 2009

Det ble definert tre perioder ut fra salinitet. Før 8. mai var det var salinitet i fjorden lavere enn 0,9 psu og Al vil ikke ha vært på en akkumulert form. Det strømmet saltvann inn og forbi de ytre delene av Nævestadfjorden (Doknes) omkring 10. mai. Denne økningen i salinitet var fremtredende i Songevatn fra ca 15. mai. Samtidig ble det observert økende antall gjenfangster i et smolthjul plassert i elvemunningen av smolt satt ut i fjorden (Kroglund mfl., 2011d). Songevatn hadde et salinitetsnivå som assosieres med høy metallakkumulering langt inn i juni som følge av at vannføringen i Storelva forble i størrelsesorden 3 til 4 m³/s. Vannføringen var for høy til at det ble etablert saltere vann og for lav til at ferskvannet dominerte.

Fra tilsammen 1394 smolt satt ut i gruppene Elv, Fjord og Bil er det gjenfanget 59 voksen laks. SAR varierte mellom behandlingsgruppene (**Tabell 19**). Samlet for hele perioden var SAR på 4,8 % for smolt kjørt med bil og på 3,5 % for smolt som Fjordvandret. Sjøoverlevelse til fisk som nedvandret elva var på 4,9 %, 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 (fra 7,1 til 1,3 %). Denne reduksjonen var ikke like entydig i gruppe Bil smolt, selv om det her også var en halvering av SAR fra periode 1 til 3. Forskjellen mellom gruppene var signifikant (Chi-x², p<0,05). Gjenfangstene fordelte seg med samme frekvens som antall som ble satt ut i periode 1 (**Tabell 20**). I periode 2 og 3 var gjenfangstene av laks fra gruppe Bil høyere enn forventet ut fra antall merket smolt som ble satt ut. Samlet var SAR lavere enn forventet ut fra frekvens merket for gruppe Fjord og høyere enn forventet for gruppe Bil. Ratio mellom Fjord og Bil økte fra 0,8 i periode 1 til 1,6 og 2,1 i periode 2 og 3. Basert på forskjellene i gjenfangstfrekvens i forhold til merkefrekvens må vi forkaste hypotesen om at SAR var uavhengig av utsetningslokalitet og periode.

Tabell 19. Smolt til voksenoverlevelse 2009. Antall smolt som ble satt ut nedstrøms Fosstveit (Elv), i Songevatn (Fjord) eller kjørt med bil til Trollbergvika (Bil) fordelt på tre utsetningsperioder. Periodene er bestemt ut fra salinitet. Salinitetsnivåer står i tabellen. 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. Perioder eller grupper med null smolt er angitt med "-".

Datoperiode		1. – 7. mai <0,9	8. - 14. mai <0,9	14. - 31. mai 0,9-3	Sum
Salinitet					
Antall smolt ank fjorden innenfor tidsperioden	Ellevandrer	81	79	-	161
	Fjordvandrer	97	269	245	611
	Biltransport	110	294	218	622
	SUM	288	642	463	1394
Prosentandel av smolten		20	46	33	100
Andre lok, alle år	Elv	2	0	-	2
	Fjord	1	1	0	2
	Bil	1	0	0	1
	Ødelagt merke				1
	Sum	2	2	1	6
Sum laks, alle år fra Storelva + andre lok	Elv	4	4	-	8
	Fjord	7	10	3	20
	Bil	7	17	6	30
	Ødelagt merke				1
	Sum	18	31	9	59
SAR (sjøoverlevelse)	Elv	5,4	4,5	-	4,9
	Fjord	7,1	3,8	1,3	3,5
	Bil	6,1	5,9	2,7	4,8
	Sum	7,8	4,3	2,0	4,4

Tabell 20. Chi-kvadrat statistikk mellom fordeling av antall smolt satt ut og gjenfangst. Pearson estimatet angir sannsynlighet for at de tilhører samme fordeling. Gjenfangstfrekvenser angitt med "a" eller "b" angir at gjenfangst var henholdsvis >10 % høyere enn øvre konfidensintervall eller <10 % lavere enn nedre konfidensintervall.

	Level	Count	Merke fordeling	Nedre Konf.int	Øvre Konf.int	Gj.fangst fordeling
Periode 1	Elvevandrer	81	0,281	0,233	0,336	0,222
	Fjordvandrer	97	0,337	0,285	0,393	0,389
	Biltransport	110	0,382	0,328	0,439	0,389
	Pearson	9,5				0,009
Periode 2	Elvevandrer	79	0,123	0,100	0,151	^b 0,140
	Fjordvandrer	269	0,419	0,381	0,458	^b 0,348
	Biltransport	294	0,458	0,420	0,497	^a 0,517
	Pearson	15,6				0,0004
Periode 3	Elvevandrer	0				
	Fjordvandrer	245	0,529	0,484	0,574	^b 0,333
	Biltransport	218	0,471	0,426	0,516	^a 0,667
	Pearson	79,9				<0,001
Alle	Elvevandrer	161	0,115	0,100	0,133	0,136
	Fjordvandrer	611	0,438	0,412	0,464	^b 0,356
	Biltransport	622	0,446	0,420	0,472	^a 0,508
	Pearson	41,4				<0,001

Det ble tatt 54 laks på PIT-antennene i Storelva. I kilenotfiske samt sportsfiske ble det tatt 8 laks. Av disse ble 2 tatt i Storelva slik at faktisk antall reduseres til 6. Begge fiskene som ble tatt på sportsfiske i Storelva var påvist på PIT-1870 før fangst. Resten ble tatt i Nidelva (n=5) og kilenota ved Hesnes, Grimstad (n=1). Det er god grunn til å anta at vi ikke har fått tilsend PIT fra all PIT-merka laks som er fanget utenfor Storelva. Sjøoverlevelse vil dermed være et minimumsestimert.

Dersom SAR beregnes for kun smolt som ankom fjorden før brakkvannet seg inn samt for de som ble kjørt forbi brakkvannsområdene, var SAR på 5,2 %. Dette nivået vil også være et minimumsestimert, men kan antyde nivået på sjøoverlevelsen hvis man ikke fjordmiljøet påvirket gruppe Fjord.

7.4.2 SAR; smoltårgang 2010

Det ble definert to perioder ut fra salinitet i 2010. Overflatevannet i både Songevatn og Sandnesfjorden var dominert av vann med 1-3 promille fra smoltutvandringen startet og fram til ca 20. mai. I denne perioden vil Al ha vært på en form som var akkumulerbar. Fra ca 20. mai til 31. mai økte salinitet, først ved Doknes og et par dager senere i Songevatn. Denne inntrengingen av salt medførte at man fra slutten av mai hadde høyere salinitet enn det som i forsøk har gitt metallakkumulering. Denne endringen i belastning ble fanget opp både kjemisk, men enda mer tydelig som endringer i gjelle-Al. Mens konsentrasjonene av Al på fiskens gjeller økte og var høye fram mot slutten av mai, var nivåene meget lave de første dagene i juni (Kroglund mfl., 2011f).

Smoltutvandringen pågikk primært før 20. mai. Dette innebar at majoriteten av smolten ble satt ut før salinitet økte forbi 3 psu (fra 23. mai). Det utvandret fortsatt smolt etter denne datoen som var satt ut i elva (gruppe Elv), mens all smolt i gruppe Fjord, Slep og Bil var satt ut. Perioden fra 29. april til 22. mai er splittet 12/13. mai for å etablere en periode 1 og periode 2 (**Tabell 20**). Det var ingen forskjell i salinitet mellom de to periodene, men det var en avstand i tid fram til at vannet ble saltere og dermed mindre belastende. Mens smolt som ankom i periode 1 hadde minst 1 til 2 uker i mulig belastende vann hadde smolt som ankom i periode 2 mindre enn 1 uke under tilsvarende forhold.

Fra tilsammen 5348 smolt satt ut i gruppene Elv, Fjord, Slep og Bil er det gjenfanget 247 voksen laks. SAR varierte mellom behandlingsgruppene (**Tabell 21**). Samlet for hele perioden var SAR på 5,1 %

for smolt som utvandret elva, på 5,8 % for smolt som ble satt ut i fjorden, på 4,7 % for smolt som ble slept til utsettingslokaliteten og på 3,5 % for smolt som ble kjørt i bil. Smolt kjørt med bil til Trollbergviks skiller seg klart ut fra de øvrige utsettingsgruppene med sin relativt lave SAR (**Tabell 21**). Forskjellen mellom gruppene var signifikant ($\text{Chi-}x^2$, $p < 0,05$). Forskjellen i gjenfangst i forhold til størrelsen på utsettingene større enn ± 10 % i begge periodene (**Tabell 22**). Gjenfangstfordeling var lavere enn forventet ut fra antall merka smolt i gruppe Bil og høyere enn forventet for de andre gruppene.

Som følge av klart lavere gjenfangst fra gruppe Bil i forhold til de andre utsettingsgruppene ble analysen repetert, men da uten gruppe Bil. Det var ingen forskjell i gjenfangst i forhold til utsettingsantall i periode 1 (**Tabell 23**). Det ble gjenfanget signifikant mer laks fra gruppe Fjord i periode 2. Sammert for begge periodene ble det gjenfanget signifikant mer laks fra både gruppe Elv og Fjord enn gruppe fra Slep. Basert på forskjellene i de to analysene må vi forkaste hypotesen om at SAR var uavhengig av utsettingslokalitet og periode.

SAR beregnet for hele materialet var på 4,6 %. Ekskluderes gruppe Bil fra SAR estimatene var SAR på 5,2 %.

Tabell 21. Smolt til voksenoverlevelse 2010. Antall smolt som ble satt ut nedstrøms Fosstveit (Elv), i Songevatn (Fjord) transportert gjennom brakkvannsområdene til Trollbergvika (Slep) eller kjørt med bil utenom brakkvannsområdene til Trollbergvika (Bil) fordelt på tre utsettingsperioder. Periodene er bestemt ut fra salinitet. Salinitetsnivåer står i tabellen. 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. Perioder eller grupper med null smolt er angitt med "-".

Datoperiode		29. april til 12.	13.-22.	23. til 31.	Sum
		mai	mai	mai	
		Sal 0,9 til 3	Sal 0,9 til 3	Sal 3-5	
Antall smolt satt ut	Elv	149	471	126	745
	Fjord	861	391	0	1251
	Slep	931	516	0	1447
	Bil	1640	265	0	1905
	Sum	1746	2097	1556	5348
Andre lok, alle år	Elv	1	0	0	1
	Fjord	2	1	0	3
	Slep	3	0	0	3
	Bil	7	0	0	7
	Ødelagt merke	-	-	-	2
	Sum	13	1	0	16
Sum laks	Elv	11	18	9	38
	Fjord	51	21	-	72
	Slep	53	15	-	68
	Bil	61	6	-	67
	Ødelagt merke	-	-	-	2
	Sum	176	59	10	247
SAR	Elv	7,4	3,6	7,9	5,1
	Fjord	5,9	5,4	-	5,8
	Slep	5,7	2,9	-	4,7
	Bil	3,7	2,3	-	3,5
	Sum	4,9	3,6	7,9	4,6
	Sum eksl Bil	5,9	3,8	7,9	5,2

Tabell 22. Chi-kvadrat statistikk mellom fordeling av antall smolt satt ut og gjenfangst. Pearson estimatet angir sannsynlighet for at de tilhører samme fordeling. Gjenfangstfrekvenser angitt med "a" eller "b" angir at gjenfangst var henholdsvis >10 % høyere enn øvre konfidensintervall eller <10 lavere enn nedre konfidensintervall.

	Level	Count	Merke fordeling	Nedre Konf.int	Øvre Konf.int	Gj.fangst fordeling
Periode 1	Elv	149	0,042	0,036	0,049	^a 0,066
	Fjord	861	0,240	0,227	0,255	^a 0,307
	Slep	931	0,260	0,246	0,275	^a 0,319
	Bil	1640	0,458	0,442	0,474	^b 0,307
	Pearson	389,1				<,0001
Periode 2	Elv	471	0,287	0,265	0,309	^a 0,300
	Fjord	391	0,238	0,218	0,259	^a 0,350
	Slep	516	0,314	0,292	0,337	^a 0,250
	Bil	265	0,161	0,144	0,180	^b 0,100
	Pearson	148,6				<,0001
Alle	Elv	745	0,139	0,130	0,149	0,155
	Fjord	1251	0,234	0,223	0,245	^a 0,294
	Slep	1447	0,271	0,259	0,283	0,278
	Bil	1905	0,356	0,343	0,369	^b 0,273
	Pearson	208,8				<,0001

Tabell 23. Chi-kvadrat statistikk mellom fordeling av antall smolt satt ut og gjenfangst, men hvor gruppe Bil er ekskludert. Pearson estimatet angir sannsynlighet for at de tilhører samme fordeling. Gjenfangstfrekvenser angitt med "a" eller "b" angir at gjenfangst var henholdsvis >10 % høyere enn øvre konfidensintervall eller <10 lavere enn nedre konfidensintervall.

	Level	Count	Merke fordeling	Nedre Konf.int	Øvre Konf.int	Gj.fangst fordeling
Periode 1	Elv	149	0,077	0,066	0,089	0,096
	Fjord	861	0,444	0,422	0,466	0,443
	Slep	931	0,480	0,457	0,502	0,461
	Pearson	8,7				0,0127
Periode 2	Elv	471	0,317	0,367	0,342	0,333
	Fjord	391	0,261	0,308	0,284	^a 0,389
	Slep	516	0,349	0,400	0,374	0,278
	Pearson	85,8				<,0001
Alle	Elv	1251	0,363	0,347	0,380	^a 0,404
	Fjord	1447	0,420	0,404	0,437	^a 0,382
	Slep	745	0,216	0,203	0,230	0,213
	Pearson	27,7				<,0001

Det ble tatt 8 laks under sportsfiske i Storelva som var PIT-merket som smolt. Samtlige var registrert på en PIT-antenne før fangst. Disse inngår som PIT deteksjon og ikke som sportsfiskerfangst i estimatene. Det ble tatt 12 laks i kilenota ytterst i Sandnesfjorden. Til sammen 18 laks ble fanget vest for Storelva og 5 øst for Storelva. Flest laks ble tatt i Nidelva (**Tabell 22**). Av 5 laks fra smoltårgang 2009 var 2 fra Elv, 2 fra Fjord og 1 fra Bil. Av 7 laks fra smoltårgang 2010 var 3 fra gruppe Bil, 1 fra Elv, 2 fra Fjord og "0" fra Slep. Ett merke var knust og vi vet ikke hvilken gruppe dette tilhørte. Høy fangst av laks fra Storelva i Nidelva kan skyldes flere forhold; dette er den største elva i regionen og "all" laks fanget i elva undersøkes for PIT-merker med bruk av en håndleser. Det er ut fra vannføring å forvente at noe laks havner i Nidelva. Ut fra håndlesing forventes det at de fleste som fanges blir påvist.

Av 16 laks tatt utenfor Storelva tilhørte 7 laks (44 %) gruppe Bil. SAR –bidrag fra laks fanget utenfor Storelva var på 0,2 % for alle grupper med unntak av BIL, hvor bidraget var på 0,4 %. Større feilvandring hos biltransportert smolt er å forvente ettersom biltransport påvirker preging.

Som i 2009 må vi anta at ikke alle PIT-merker fra merka laks fanget utenfor Storelva ble sent oss. Det er i utgangspunktet ingen opplagt årsak til at sjøoverlevelse til biltransportert smolt skal være lavere enn hos slept smolt. Det mangler merker fra 23 voksne lakser for å bringe SAR til gruppe Bil opp på samme nivå som gruppe slep. Vi har 7 merker fra gruppe Bil fra fisk fanget utenfor Storelva. Dette kan tolkes som at vi får tilsendt i størrelsesorden 23 % av merkene.

SAR avtok fra periode 1 til periode 2 hos alle gruppene. Ettersom denne endringen var tilstede hos alle behandlingsgruppene kan den ikke uten videre knyttes til salinitet eller tid fra ankomst fjord til endringene i vannkvalitet inntraff.

Tabell 24. Fangstlokalitet for laks fanget fra 2009, 2010 og 2012 årgangen

Fangstlok	Metode	Fylke	2009	2010	2012	Sum
Storelva			2	6		8
Sandnesfjorden-kilenot	Kilenot			12		12
Nidelva		AA	5	7		12
Hesnes kilenot	Kilenot	AA	1			1
Otra		VA			1	1
Håelva Rogaland		Ro		1		1
Langholmen, Lædre, Egersund Rogaland		Ro		1		1
Flekkefjord	Kilenot	Ro		1		1
Sokndalselva		Ro			1	1
Numedalslågen		Vf		1		1
Store Sletter Larkollen	Kilenot	Øf		1		1
Sverige				2		2
Ikke oppgitt lokalitet		Vf		1		1
Sum utenfor Storelva				15		

7.4.3 SAR; smoltårgang 2012

Vi har fått tilbake 15 gytefisk fra smoltutsettingene 2012. Basert på tidligere erfaringer er hovedandelen av gytefisken 2-SV. En analyse for gjenfangstene av denne smoltårgangen gjøres første når det foreligger data på 2-SV laks i 2014.

Tabell 25. Estimat av SAR i forhold til utsettingslokalitet for av smolt merket i 2012. Gjenfangster er gruppert til Storelva og utenfor Storelva (andre lokaliteter).

	0-SV	1-SV	Utenfor Storelva	SAR	Ant smolt
Elv	1	2		0,6	476
Fjord	1	1	1	0,6	500
Slep		4		0,6	630
Bil		5		0,8	645
Sum	2	12	1	0,7	2251

8. Diskusjon

Aluminium i brakkvann er dødelig for laks i oppdrett (Rosseland mfl., 1998; Bjerknes mfl., 2003). Når oppdrettslaks dør kan det ikke utelukkes at smolt påvirkes negativt under utvandring i fjorden. Forsøk med akustisk merket smolt påviste at utvandring ble hemmet, men man kunne ikke ut fra de forsøkene konkludere med at hemmingen hadde en bestandseffekt (Kroglund mfl., 2011c). For å undersøke bestandseffekter ble villsmolt av lokal stamme merket med passive integrerte transpondere (PIT-merker) i 2009, 2010 og 2012. Formålet var å undersøke om aluminium (Al) i fjordvannet påvirket sjøoverlevelse (SAR). Hypotesen var at Al i brakkvann ikke påvirket SAR. Det var signifikant forskjeller i SAR som kunne knyttes til utsettingslokalitet samt utsettingstidspunkt. Hypotesen forkastes derfor.

Det var signifikante forskjeller i SAR som kunne knyttes til utsettingslokalitet samt utsettingstidspunkt og dermed til variasjon i brakkvannsmiljøet. SAR vil imidlertid også påvirkes av andre faktorer. Disse alternative årsakene må vurderes før man trekker en endelig konklusjon.

SAR vil reduseres hvis smolten ikke er saltvannstolerant. Dette kan skje som følge av dårlig vannkvalitet i elva og som følge av håndtering (Rosseland & Kroglund, 2010). All fisk i forsøket hadde felles opphav (villsmolt av laks fanget i elva) og ble håndtert likt fra fangst til restituering etter merking. Hverken vannkjemi eller håndtering kan forklare forskjellene i SAR. SAR påvirkes også av predasjon langs utvandringsruten og av utsettingsmetode. Predasjon kan forårsake forskjeller i SAR hvis smolt som ble satt ut i fjorden ble spist før den ankom utsettingslokalitet til kontrollfisk (Plantalech Manel-la mfl., 2011). Forekomst av predatorfisk langs utvandringsruten er derfor undersøkt. Sannsynlighet for å bli spist øker med vandringshastighet som igjen er knyttet til fiskens lengde (Thorstad mfl., 2007). Den var ingen lengdeforskjell mellom utsettingsgruppene. For å minimere uønskede påvirkninger av de ulike faktorene ble utsettingene fordelt over tid. All fisk i forsøket hadde tilnærmet like forhistorie fram til de ble satt ut i fjorden. Sjøoverlevelse til smolt er tetthetsuavhengig (Jonsson mfl., 1998). Gjenfangst av voksen laks skal derfor være direkte proporsjonal med antall smolt satt ut. Forskjeller i SAR mellom utsettingsgruppene må skyldes forhold i fjorden og ikke forhold innenfor vassdraget eller i havet. SAR til utsettingsgrupper definert som kontrollfisk har vært i størrelsesorden 5 til 6 %. SAR til behandlingsgrupper har variert fra samme nivå til nivåer omkring 1-3 %.

I bearbeidingen beregnes SAR ut fra det antall laks som påvises innenfor Storelva eller i kilenøter eller i andre vassdrag fra en smoltårsklasse. Fra smoltårsklassene 2009 og 2010 utgjør 1-sjøvinterlaks fra 7-34 % av samlet gjenfangst, mens 2- og 3-sjøvinterlaks bidro til henholdsvis 61-86 % og 4-7 % av gjenfangstene. Ut fra dette dominerte 2-SV laks materialet. Smolt merket i 2012 vil først tilbakevandre i 2014.

Det inngikk tre forsøksgrupper med smolt i 2009 og fire grupper i 2010 og 2012 (gruppe Slep manglet i 2009). Gruppe Bil og Slep (kontrollgruppene) ble transportert forbi det fjordområdet som var antatt påvirket av Al, mens gruppe Elv og Fjord (belastningsgruppene) måtte utvandre dette området uten hjelp. I forsøket benyttes salinitet som surrogat for Al og som mål for mulig belastning. Dette kan forsvares da det er en kjent sammenheng mellom salinitet og Al innenfor dette fjordområdet, og endringer i salinitet innen sesong, geografisk og mellom år kan overvåkes med bruk av dataloggere. Når salinitet innenfor fjorden varierte innen og mellom år innebærer dette at smolt som ankom fjorden på ulike tidspunkt og lokaliteter ble eksponert under ulike miljøforhold (kjemiske påvirkninger), men også for ulike grader av predasjon (biotiske påvirkninger). Ved å inkludere gruppe Slep i 2010 innførte vi en mulighet til å evaluere de to kontrollgruppene mot hverandre. Det ble dermed også mulig å bedre evaluere håndtering (transportmetode) som faktor. Ikke all smolt i en belastningsgruppe ble belastet.

Graden av belastning varierte innen og mellom år, hvor variasjonen varierte med vannføring i elva og grad av innstrømming av saltvann.

Smolt 2009

Sjøoverlevelse til all smolt merket i 2009 var på 4,4 %. Det var signifikante forskjeller i tilbakevandring knyttet til utsettingslokalitet og tidspunkt. Det var en svak signifikant gruppeforskjell i SAR innenfor periode 1. Midler SAR for alle gruppene var i periode 1 på 7,8 % (range; 5,4-7,1 %). Det var en signifikant forskjell i SAR mellom Fjord og Bil i periode 2 og 3. Sjøoverlevelse til gruppe Fjord ble da nær halvert i forhold til gruppe Bil. I periode 2 og 3 avtok SAR til gruppe Fjord fra 7,1 % til henholdsvis 3,8 og til 1,3 %. Tilsvarende avtak ble ikke registrert hos kontrollfiskene. Basert på forskjellene i SAR mellom gruppe Fjord og Bil må vi konkludere med at det var forskjeller i sjøoverlevelse, hvor gruppe Bil hadde høyere sjøoverlevelse enn gruppe Fjord.

Smolt 2010

Sjøoverlevelse til all smolt merket i 2010 var på 4,6 %. Det var signifikant forskjell i SAR mellom gruppe Elv, Fjord, Slep og Bil for smolt som ankom fjorden i både periode 1 og 2. SAR varierte i periode 1 fra 7,4 % (gruppe Elv), til 5,9 % (gruppe Fjord), 5,7 % (gruppe Slep) og 3,7 % (gruppe Bil). I periode 2 varierte SAR fra 2,3 % (Bil) til 5,4 % (Fjord). Det var ingen forskjell i håndtering mellom gruppene Slep og Bil utover selve trenaportmetoden. Analysene ble derfor repetert men da uten gruppe Bil. I periode 2 var gjenfangst av laks fra gruppe Fjord høyere enn forventet og som forventet for Elv og Slep. Samlet over begge periodene var gjenfangst signifikant høyere for begge behandlingsgruppene (Elv og Fjord) enn for kontrollfiskene (Slep). Basert på forskjellene i SAR mellom gruppe Slep og Bil må vi konkludere med at det var forskjeller i sjøoverlevelse knyttet til utsettingsmetode. Det var også forskjeller i SAR knyttet til utsettingslokalitet. SAR til smolt som egenvandret fjorden var høyere enn hos smolt som ble Slept. I 2010 var forskjellene knyttet til utsettingsmetode og utsettingslokalitet og avvek fra resultatet fra 2009.

Årsaker til forskjeller i sjøoverlevelse

SAR påvirkes av mange faktorer. Det er velkjent at smoltkvalitet, utsettingsmetode, predasjon, marint klima inkludert havtemperatur samt merking og håndtering påvirker sjøoverlevelse. I forsøket ble all smolt fanget og håndtert likt fram til selve utsettingene. Selv om vi ikke har analysert smoltens fysiologi på utsettingstidspunktet har vi ingen indikasjon på at det var forskjeller i smoltkvalitet knyttet til transport. I det følgende legges det først vekt på om håndtering og transport (inkludert preging) samt predasjon kunne påvirke SAR før datasettet deretter analyseres i forhold til fjordkjemi.

Transport

Det forventes ut fra andre studier at det vil være forskjeller i tilbakevandringspresisjon, men ikke i SAR, knyttet til transportmetode. Smolt som transporteres med bil til en utsettingslokalitet i en fjord har lavere tilbakevandringprosent enn fisk som slepes til samme lokalitet (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød mfl., 1988; Heggberget mfl., 1991). Det antas at økt feilvandring smolt skyldes mangelfull preging på vassdrag og fjord. Det konkluderes videre med at biltransporten ikke påvirker SAR såfremt håndteringen er lik.

Det inngikk slept smolt som kontrollfisk i smoltutsettingene i 2010, men ikke i 2009. Gjenfangst av slept smolt var klart høyere enn til biltransportert smolt; henholdsvis 5,8 og 3,5 %. Forskjellene i SAR kan her forklares med utsettingsmetode, og ikke ut fra forhold innenfor vassdraget eller utsettingslokalitet. Når SAR til Bil var på 4,8 % i 2009 kan reell sjøoverlevelse ha vært betydelig høyere enn det vi påviste hvis mer fisk herifra feilvandret. Det er ingen god grunn til å anta at biltransport påvirket tilbakevandringspresisjon i 2010 og ikke i 2009. Forskjellene som ble registrert mellom belastningsgruppene og Bil i 2009 kan derfor ha vært større enn det vi har påvist.

Håndtering

Håndtering av smolt kan påføre smolten skader som påvirker SAR. Smolt satt ut i fjorden hadde lik merkehåndtering som smolt som ble transportert forbi fjorden, men transporttiden var kortere. Når SAR til gruppe Fjord var lavere enn til gruppe Bil i 2009 forklarer ikke forskjeller i håndtering denne forskjellen i SAR. For smolt som ble satt ut i 2010 var SAR til slept smolt lik SAR til fjordutsatt smolt i periode 1, men lavere i periode 2. Basert på slike sammenhenger forkastes det at håndtering knyttet til transport (Slep og Bil) kan forklare de observerte forskjellene i SAR

SAR avtok fra smolt merket tidlig i sesongen til seint begge arene og i alle gruppene. Dette kan forklares økende sensitivitet i forhold til håndtering fra tidlig vandrende til seint vandrende smolt. Denne endringen ble observert i alle utsettingsgruppene. Mens dette har en effekt på SAR innenfor en periode, vil ikke dette påvirke forskjeller mellom gruppene innenfor samme periode. Både belastnings- og kontrollgruppene ble merket og satt ut nær samtidig.

Avtaket i SAR fra smolt som ble merket tidlig til smolt som ble merket seint kan også skyldes at smolt som ankom kystvannet tidlig hadde bedre sjøoverlevelse enn smolt som ankom seint. Forsøksdesign gjør at vi ikke kan skille ut om dette er en merkeeffekt eller en effekt av endrede forhold i havet. Så lenge vi i dette prosjektet kun analyserer dataene for forskjeller innenfor en tidsperiode har årsaken til denne endringen lite å si for konklusjonene.

Preging – Al i brakkvann

Det ble ikke gjennomført slep av smolt i 2009 fordi man var usikker på om slep var en kontrollgruppe eller en belastningsgruppe. Smolt som slepes blir eksponert for Al i brakkvann under selve slepet. I hvilken grad fisken eksponeres for Al langs sleperuten avhenger av Al-konsentrasjoner i området samt varighet av slepet. Slep ble utprøvd i 2010. Områder med mulig belastende vannkvaliteter ble normalt passert etter drøyt 1 time transporttid (4 km avstand). Herifra og fram til utsettingslokaliteten foregikk slepet i vann hvor Al normalt vil ha vært lite akkumulert (11 km avstand). Smolt som ble slept i 2010 ble slept under forhold hvor Al var på en akkumulert form. Når SAR til slept smolt var høyere enn til biltransportert smolt avviser vi at Al i brakkvann er en avgjørende faktor. Når antall laks fanget i en elv utenfor Storelva var større for biltransportert enn for slept smolt antyder heller ikke dette en effekt på preging.

I forsøk med akkumulerings/elimineringssrater til Al på gjeller til smolt i brakkvann er det påvist at begge prosesser er raske. I løpet av få timer vil en smolt med Al på gjellene ha eliminert mesteparten av den akkumulerte konsentrasjonen hvis smolten overføres til ikke-belastende vann. I forsøk er det også erfart at smolt som var døende mens belastningen pågikk, reetablerte normal fluktrespons i løpet av en natt når belastningen ble fjernet. Basert på forskjeller i SAR, få feilvandrende laks fra gruppe Slep, rask eliminering av Al fra gjeller samt rask reetablering av fluktrespons når belastning fjernes, antar vi at Al i brakkvann ikke hadde en avgjørende effekt på preging. Her kan belastningsvarighet være en usikkerhetsfaktor. Slepet forbi belastende vann i Storelva var over innen en time. I andre fjordbasseng, med større utbredelse av belastende brakkvann, kan vi ikke utelukke at preging også påvirkes. I forhold til forsøkene i Storelva vurderer vi gruppe Slep som en fullverdig kontroll.

Predasjon

Smolt som ble transportert med bruk av slep og bil til utsettingslokaliteten i ytre fjord ble beskyttet i forhold til predasjon innenfor fjorden. Smolt som utvandret fjorden uten hjelp (gruppe Elv og Fjord) kan derimot ha blitt utsatt for predasjon i de indre fjordområdene. Det er i ulike forsøk påvist til dels høy predasjon innenfor fjorden (Hvidsten & Hansen, 1988; Thorstad mfl., 2013). I 2010 tilbakevandret det mer laks fra gruppe Elv og Fjord enn fra gruppe Slep og Bil. Predasjon i de indre fjordområdene kan dermed ikke forklare forskjellene i SAR.

Det ble gjennomført et garnfiske etter mulige fiskepredatorer i både indre og ytre fjord i 2006 og 2007. Hverken disse undersøkelsene eller opplysninger fra lokale fiskere tyder på at det er vanlig med

predatorfisk i de indre fjordbassengene. Den viktigste smoltpredatoren innenfor fjorden har vært vinterstøing av sjøørret. Det vil være begrenset hvor mange smolt disse kan spise. Selv om vi ikke gjennomførte noe predatorfiske i 2009 og 2010, finner vi lite støtte i at predasjon innenfor fjorden er en vesentlig faktor i Storelva. Spørsmålet kan derfor snus; hvorfor er det så få predatorer i de indre fjordområdene?

Al i brakkvann

Brakkvannsmiljøet i 2009 var forskjellig fra -miljøet i 2010. Smolt som ankom fjorden tidlig i mai 2010 ankom en fjord med salinitet innenfor intervallet 0,9 til 3 psu. Smolt eksponert i bur akkumulerte til dels høye mengder Al på gjellene. Det ble påvist noe dødelighet. Belastningen avtok seint i mai etterhvert som saltvann strømmet inn og var fraværende fra månedsskiftet mai/juni (Kroglund 2010). I 2009 tiltok belastningen utover i mai og vedvarte utover i juni (Kroglund 2009). De to årene var følgelig ulik. Mens forholdene ble mindre belastende i 2010 ble forholdene økende belastende i 2009. Basert på erfaringer fra atferdsstudiene vil dette innebære at smolt som ankom fjorden i 2010 kunne gjenoppta sin utvandring fra slutten av mai, mens smolt som var i fjorden i 2009, mest sannsynlig vil ha forblitt i fjorden til forbi midten av juni.

Mens forskjellene i SAR ikke uten videre kan forklares med transport, håndtering og predasjon alene, kan forskjellene i SAR knyttes til Al i brakkvann alene, hvor de andre påvirkningsfaktorene kan forklare noe av variasjonen. Smolt som ankom fjorden i periode 1 i 2009 ankom et fjordvann som hadde < 1 i salinitet. Det var ingen vesentlig forskjell i SAR mellom disse smoltgruppene. Al i brakkvann hadde ingen bestandseffekt. I periode 2 og 3 tiltok forskjellene mellom gruppe Fjord og Bil. Denne endringen inntraff samtidig med at saltvann trengte inn i fjorden. Basert på kunnskap om atferd fra undersøkelsene i 2007 og 2008 kan vi anta at smoltutvandringen ble hemmet fra ca 12. mai 2009 og forbi midten av juni (saltlogging opphørte da; basert på vannføring i elva var forholdene kritisk til juli). Hvis smolt først kunne ha utvandret fra midten av juni vil den ha ankommet kyststrømmen 3 til 4 uker senere enn smolt som ble kjørt med bil fram til utsettingslokaliteten. For smolt som utvandret i 2009 kan forskjellene i SAR mellom gruppene og mellom periodene forklares med Al i brakkvann.

I 2010 var vannkjemi i fjorden forskjellig fra 2009. Smolten ankom fjorden før 22. mai. Mot slutten av mai økte salinitet til nivåer hvor Al ikke vil ha vært akkumulierende. Fra andre forsøk vet vi at Al elimineres raskt fra fiskegjeller og at fluktespons reetableres i løpet av timer når en belastning knyttet til Al i brakkvann opphører. Fra atferdsstudiene vet vi at smolten gjenopptok vandringen når salinitet økte. Endringene i fjordkjemi utover i mai medførte derfor at smolten kunne gjenoppta sin vandring fra slutten av mai. Denne fisken vil da ha ankommet ytre fjordområde i størrelsesorden 1 til 2 uker forsinket i forhold til fiske vi transporterte dit. Mens tidsforsinkelsen i 2009 var på minst 3-4 uker, var den < 2 uker i 2010. Andre forsøk har vist at smolt som settes ut utenfor "smoltvinduet" har redusert SAR i forhold til smolt som settes ut innenfor smoltvinduet (Staurnes mfl., 1993; Virtanen mfl., 1991). Tidspunkt en smolten ankommer kyststrømmen har således betydning for SAR (Hansen & Jonsson, 1989; Hvidsten & Hansen, 1988; Thorstad mfl., 2013). Hvis Al i brakkvann faktisk hemmer utvandring vil Al i brakkvann kunne forårsake at smolten ankommer havet på et ugunstig tidspunkt. Mens dette hadde en effekt på SAR for smolt som utvandret i 2009, hadde dette ingen effekt på smolt som utvandret i 2010. Vi kan ikke tolke smoltutsettingene utført i 2012 før vi har gjenfangster av 2-SV laks i 2014.

Andre observasjoner

Det var en forskjell i SAR mellom gruppe Slep og Bil. Det er ingen opplagt årsak til denne forskjellen utover at biltransport påvirket preging og dermed tilbakevandringspresisjon (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød mfl., 1988; Heggberget mfl., 1991). Fra smoltutsettingene i 2009 og 2010 har vi fått tilsammen 23 merker fra laks fanget av sportsfiskere eller i kilenøter. Ytterligere 8 merker er innsendt av fiskere i Storelva. Vi mangler 24 merker fra gruppe Bil for at SAR her var lik SAR til gruppe Slep.

Når vi har fått tilsendt 6 merker fra gruppe Bil kan dette antyde en underrapportering i området 75 %. Samtidig kan dette bety at sportsfiskerne fant i størrelsesorden 25 % av merkene.

Det ble i 2013 påvist en laks merket i Kvina i 2011 i Storelva på en PIT-antenne i Storelva. Denne laksen var merket ved Trælandsfoss i mai 2011. Vi har dermed påvist 0,5 % av hele utsettingsmaterialet fra Kvina i Storelva.

I merkeforsøk gjennomført fra slutten av 1980-tallet ble det registrert svært lav tilbakevandringspresisjon. Majoriteten av smolt som ble satt ut i Audna ble gjenfanget i Otra. Det ble fremsatt en hypotese om at kalking påvirket tilbakevandring av laks negativt og at kalking derfor kunne være uheldig (Hansen mfl., 1997). Siden da har det ikke vært mulig å etterprøve den hypotesen. Materialet fra Storelva kan antyde at hypotesen ikke er riktig. Det er innlevert til sammen 31 PIT-merker fra laks fangst under sportsfiske eller i kilenot. Av disse er 8 merker fanget i Storelva. Dersom gjenfangst i prosjektet var basert på sportsfiskerinnsett ble 75 % av merkene gjenfanget et annet sted enn Storelva. Dette kan tolkes som stor feilvandring. Utføres samme regnestykke, men nå med fisk påvist tilbake til Storelva (påvist på PIT antenner), er kun 7 % tatt utenfor Storelva. Størst andel "feilvandrerere" ble tatt i Nidelva (n=12) og i Sverige (n=2). Stor innvandring til Nidelva kan skyldes at dette er en vannrik elv og siste store vassdrag før Storelva. Til sammen 18 laks er fanget vest for Storelva og 5 øst for Storelva.

Bruk av PIT-merking har gjort det mulig å besvare problemstillingene som lå til grunn for prosjektet, men har også bidratt til å besvare andre problemstillinger som ikke var en del av prosjektet.

9. Konklusjon

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 mfl., 2003; Rosseland, 1998). Al i brakkvann hadde således et potensiale for å kunne skade smolt.

Basert på utsettingsforsøkene utført i 2009 og 2010 kan vi ikke forkaste at Al i brakkvann har en bestandseffekt. Under ugunstige forhold vil en betydelig andel av smolten ikke ankomme havet, med påfølgende stor reduksjon i tilbakevandring av laks. Betydningen av Al i brakkvann vil variere både mellom og innen år. Under ugunstige forhold vil Al i brakkvann kunne medføre at gytebestandsmål ikke oppnås. Andre år vil Al i brakkvann ha liten innvirkning på smoltutvandring fram til kyststrømmen. Denne år til år variasjonen i smoltutvandring vil forårsake stor variasjon i antall gytende laks. Dette kan i seg selv ha negativ effekt på bestandsstatus, ved å forårsake stor år til år variasjon i interspesifikk konkurranse.

Det er tidligere anbefalt at vassdraget kan silikatbehandles. Dette er ikke utprøvd som tiltak på grunn av kostnadene. En alternativ metode for å sikre høy sjøoverlevelse og dermed god tilgang på høstbar laks kan være å fange smolten før brakkvannsområdene og transportere den forbi de belastende fjordområdene. Sjøoverlevelse til biltransportert smolt i 2009 og til slept smolt i 2010 har vært i området omkring 5 %. Resultatene fra komparative studier mellom bil og slep i 2010 tyder på at sleping er å foretrekke. Hvis det samtidig utføres målinger av salinitet kan det gjøres vurderinger av behovet for slep. Behovet vil kunne variere fra år til år.

Hvis smolt fanges ved Fosstveit vil smolten også kunne beskyttes i forhold til gjedde. Smolt kan da enten slepes forbi gjeddeområdene (sikre preging innenfor elva) eller kjøres forbi og settes ut i Songevatn når forholdene ikke tilsier effekter knyttet til Al i brakkvann eller settes ut for å slepes videre når forholdene er ugunstige.

Bruk av PIT teknologi har gjort det mulig å besvare problemstillingene knyttet til Storelva. Det er mulig å estimere sjøoverlevelse i større vassdrag når PIT benyttes. Andre merkemeter vil mest sannsynlig ikke ha gitt samme resultat eller konklusjon. Bruk av PIT har samtidig bidratt med mye data på smoltens og laksens atferd knyttet til selve elvevandringene. PIT kan anbefales benyttet til overvåking av flere laksebestander.

10. Referanser

- Anon., 2013. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. . Rapport fra Vitenskaplig råd for lakseforvaltning, 5b: 670p.
- 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, sjørøret 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 Tjomslund, T., 2012. Modellering av gjellealuminium: Aluminiumspåslag på gjellene til laksesmolt og betydningen dette kan ha for utvandringen. - NINA Rapport 773. 41 s..
- 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.
- Hansen, L.P. & Jonsson, B., 1989. Salmon ranching experiments in the River Imsa: Effect of timing of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) smolt migration on survival to adults. *Salmonid Smoltification Iii. Proceedings Of A Workshop Sponsored By The Directorate For Nature Management, Norwegian Fisheries Research Council, Norwegian Smolt Producers Association And Statkraft, Held At The University Of Trondheim, Norway, 27 June 1 Ju: 367-373.*
- Hansen, L.P., Staurnes, M., Fugelli, K. & Haraldstad, Ø., 1997. Overlevelse og vandring av laks utsatt som smolt i Audna og Lygna. . NINA Oppdragsmelding 469: : 1-17.
- 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. & Hansen, L.P., 1988. Increased recapture rate of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., stocked as smolts at high water discharge. *J.Fish.Biol.*, 32: 153-154.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L.P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology* 67: 751-762.
- 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 1. 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., Gutterup, 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., 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.
- Kroglund mfl., 2007b. 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.
- Kroglund mfl., 2011b. Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Gutterup, J. 2011b. Påvirktes smoltvandring av aluminium i brakkvann? Storelva datarapport 2007. NIVA-rapport 6245. 81 s + vedlegg.
- Kroglund mfl., 2011c. Kroglund, F., Høgberget, R., Haraldstad, T., Økland, F., Thorstad, E., Teien, H.-C., Rosseland, B.O., Salbu, B., Nilsen, T.O., Stefansson, S., Gutterup, J. og Å. Johansen. 2011c. Påvirktes smoltvandring av aluminium i brakkvann? Storelva datarapport 2008. NIVA-rapport 6246. 69 s + vedlegg.
- Kroglund mfl., 2011d. Kroglund, F., Teien, H.-C., Rosten, C., Hawley, K., Gutterup, 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.
- Kroglund mfl., 2011f. Kroglund, F., Gutterup, J., Haugen, T., Hawley, K., Johansen, Å., 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 mfl., 2012f. Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugen, T. og Gutterup, J. 2012a. Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann -oppvandring av laks i Storelva i 2012. NIVA rapport 6492. 53 s.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugen, T., Rosten, C., Hawley, K., Gutterup, J. and Johansen, Å., 2012. Påvirktes 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.
- Kroglund, M., 1998. pH and aluminium dependent toxicity in dynamic inequilibrium systems - effects on invertebrates in fresh waters and estuaries. Cand. scient. thesis, University of Oslo, Norway: 1-83.
- 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.
- Plantalech Manel-la, N., Chittenden, C., Økland, F., Thorstad, E., Davidsen, J., Sivertsgård, R., McKinley, R. & Finstad, B., 2011. Does river of origin influence the early marine migratory performance of *Salmo salar*? *Journal of Fish Biology*.
- 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), Juul 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*; 36, 249-260.
- 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., Lysefjord, G., Hansen, L.P. & Heggberget, T.G., 1993. Recapture rates of hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) related to smolt development and time of release. *Aquaculture*, 118(3-4): 327-337.
- 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. Modelling av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør. NIVA. Rapport I. nr OR-6049. 31 s.
- Thorstad, E.B., Uglem, I., Finstad, B., Kroglund, F., Einarsdottir, I.E., Kristensen, T., Diserud, O., Arechavala-Lopez, P., Mayer, I. & Moore, A., 2013. Reduced marine survival of hatchery Atlantic salmon post-smolts exposed to aluminium and moderate acidification in freshwater. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.03.021>.
- Thorstad, E.B., Økland, F., Finstad, B., Sivertsgard, R., Plantalech, N., Bjorn, P.A. & McKinley, R.S., 2007. Fjord migration and survival of wild and hatchery-reared Atlantic salmon and wild brown trout post-smolts. *Hydrobiologia*, 582: 99-107.
- Virtanen, E., Soederholm Tana, L., Soivio, A., Forsman, L. & Muona, M., 1991. Effect of physiological condition and smoltification status at smolt release on subsequent catches of adult salmon. *Aquaculture*., 97: 231-257.
- 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. Rapporter fra Storelva

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 laksemolt. 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. Modelling 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. Gjeddass 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.

Kroglund, F., Gjelland K.Ø., Güttrup, J., Haraldstad T., Hegeland, P.V. & Thorstad E.B. 2013. Overvåking av ål i Storelva og evaluering av tiltak for nedvandring forbi Fosstveit kraftverk. Resultater fra undersøkelser i 2012.. NIVA. Rapport 1. nr OR-6491. 50 s.

2011-data

Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugen, T. Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J. og Å. Johansen. 2012. Påvirkning av 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.

Kroglund, F., Haraldstad, T., Guttrup, J. & Hegland, P.V., 2012b. Utprøving av tiltak for å få nedvandrende ål levende forbi kraftverk. Undersøkelser av opp- og nedvandrende ål i Storelva i Holt, Aust-Agder, 2011. NIVA-rapport 6332-2012: 33.

2012-data

Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugem, T. og Guttrup, J. 2012a. Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann -oppvandring av laks i Storelva i 2012. NIVA rapport 6492. 53 s.

Kroglund, F., Guttrup, J. Hegland, P.V., Lund, E., Fjeld, E. Grung, M. & Haraldstad, T. 2012b. Utprøving av tiltak for å få nedvandrende ål levende forbi kraftverk. Årsrapport 2010, Storelva i Holt i Aust-Agder. NIVA. Rapport 1. nr OR-6331. 24 s.

Andre rapporter fra prosjektet

Diserud, O.H., Kroglund, F., Teien, H.-C., Tjomsland, T. & Økland, F. 2012. Modellering 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.

Johansen, S.E. 2013. To migrate or not to migrate – that's the question: why do rudd (*Scardinius erythrophthalmus*) in the Storelva system migrate to Sandnesfjorden? UMB, Department of Ecology and Natural Resource Management Master Thesis 30 STP. 2013.

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