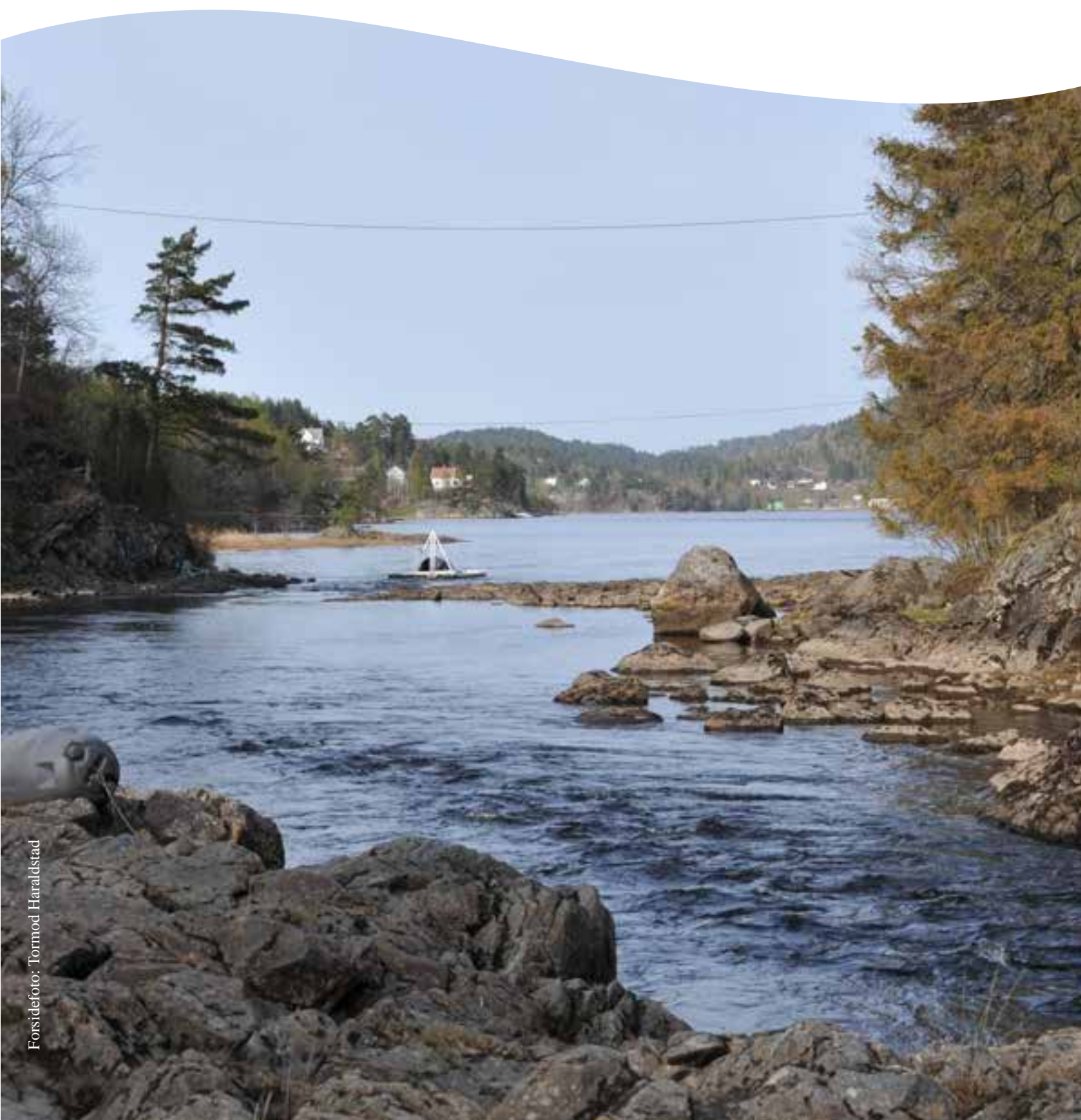


Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann - Smoltårgang 2012



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

Sandvikaveien 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

| | | |
|--|---|----------------------|
| Tittel Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann - Smoltårgang 2012 | Løpenr. (for bestilling) 6842-2015 | Dato 23.03.2015 |
| | Prosjektnr. Undernr. O-14207 | Sider 26 |
| Forfatter(e) Haraldstad, Tormod Kroglund, Frode Güttrup, Jim | Fagområde Fiskeøkologi, Vannkjemi | Distribusjon Åpen |
| | Geografisk område Aust-Agder | Trykket NIVA |

| | |
|---------------------------------------|-------------------|
| Oppdragsgiver(e) Miljødirektoratet | Oppdragsreferanse |
|---------------------------------------|-------------------|

Sammendrag

Det er gjennomført merkeforsøk med passive integrerte transpondere (PIT) i Storelva siden 2009, for å dokumentere om remobilisering av aluminium (Al) i brakkvann påvirker sjøoverlevelsen til vill smolt i Storelva. Denne rapporten oppsummerer effekter på smoltårsklassen 2012 som returnerte som en-sjøvinterlaks i 2013 og to-sjøvinterlaks i 2014. Salinitetsnivået og dermed akkumulerbar Al i fjorden påvirket smolten negativt under den første delen av utvandringsforløpet i 2012. Dette gav seg utslag i lavere sjøoverlevelse og høy feilvandring på den naturlig utvandra smolten ift kontrollfiskene (biltransport og slep). Feilvandringen blant 2012 smoltårsklassen er generelt høy (42 %). Det har i mange tiår vært en diskusjon om andelen feilvandrede laks fra kalka elver er høyere enn i ukalka vassdrag. En videre merking av smolt i Storelva med tilhørende Pit-antennene i naboelver vil kunne gi oss gode data på dette. Den generelle sjøoverlevelsen for 2012 smoltårsklassen er svært lav og betydelig lavere enn hva vi observerte for de tidligere smoltårsklassene fra Storelva (2009 og 2010). Den observerte nedgangen kan ikke relateres til remobilisering av Al i fjordsystemet (nedgang også blant kontrollgruppen), men kan skyldes endring i næringsstilgang og temperatur i oppvekstområdene eller under vandring til oppvekstområdene i havet. Innvandringen av laks til Storelva i 2014 var sein og foregikk hovedsakelig etter fiskesesongen var avsluttet. Dette har stor betydning for sportsfiskefangstene som danner bakgrunn for det estimerte gytebestandsmålet.

| | |
|---------------------|---|
| Fire norske emneord | Fire engelske emneord |
| 1. Laks | 1. Atlantic salmon (<i>salmo salar</i>) |
| 2. Smolt | 2. Smolt |
| 3. Aluminium | 3. Aluminum |
| 4. Sjøoverlevelse | 4. Sea survival |



Tormod Haraldstad

Prosjektleder



Øyvind Kaste

Forskningsleder

Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann

-Smoltårgang 2012

Forord

Betydningen av aluminium i brakkvann for overlevelsen til laksesmolt er undersøkt siden 2003 i Storelva, Tvedestrand. I 2009, 2010 og 2012 ble utvandrende smolt merket med passive integrerte transpondere (PIT) for å undersøke om aluminium i brakkvann innvirker på sjøoverlevelse.

I denne rapporten er fokus på oppvandring av gytelaks i 2013 og 2014 av smoltårsklasse 2012.

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

Grimstad, 25.03.2015

Tormod Haraldstad

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 5 |
| 1. Innledning | 7 |
| 2. Områdebeskrivelse | 9 |
| 3. Metoder | 10 |
| 3.1 Smoltårgang 2012 | 10 |
| 3.2 Analyser | 12 |
| 3.3 Registrering av tilbakevandrende gytelaks fra smoltårgang 2012 | 13 |
| 4. Resultater | 14 |
| 4.1 Oppsummering av resultatene fra smoltutvandringen i 2012 | 14 |
| 4.2 Smolt til voksen overlevelse (Smolt to Adult Ratio) for 2012 smoltårgangen | 15 |
| 4.3 Innvandring av gytelaks | 17 |
| 4.4 Feilvandring | 18 |
| 5. Diskusjon | 20 |
| 6. Referanser | 22 |
| Vedlegg A | 25 |

Sammendrag

Det er gjennomført merkeforsøk med passive integrerte transpondere (PIT) i Storelva siden 2009, for å dokumentere om remobilisering av aluminium (Al) i brakkevann påvirker sjøoverlevelsen til vill smolt i Storelva. Pit-merking av smolt har vist seg å være en god metode for å teste den fremsatte hypotesen. I tillegg gir merking av et høyt antall smolt med etterfølgende registrering i antenner under utvandring og tilbakevandring en betydelig mengde data som kan besvare en rekke spørsmål vedrørende laksens vandringsatferd. Denne rapporten oppsummerer effekter på smoltårsklassen 2012 som returnerte som en-sjøvinterlaks (1SV) i 2013 og to-sjøvinterlaks (2SV) i 2014.

Nedvandrende smolt ble fanget ved tre fangststasjoner i elva og PIT-merket før den ble satt ut ved ulike stasjoner i 2012. PIT-merkede smoltgrupper ble eksponert for eller beskyttet mot Al i brakkevann. Smoltgruppen som ble satt ut i elva eller i de indre fjordområdene kunne bli eksponert for Al under utvandring (eksponeringsgruppene) mens smoltgruppen som ble transportert og først satt ut i saltvann (slep- eller bil-gruppene) ble beskyttet mot effektene av Al. Slep og bil fungerer dermed som kontrollgrupper. Gjennom smoltutvandringen i 2012 var saliniteten i fjordsystemet på et nivå hvor Al var akkumulerbart. Det er likevel en tendens til at forholdene ble bedre mot slutten av utvandringsperioden.

Sjøoverlevelsen til belastningsgruppen øker utover i smoltutvandringsperioden. Dette samsvarer med en senkning av salinitet i de indre fjordområdene og en øking i salinitet i de ytre fjordområdene. Vi har tidligere erfart at smolt påvirkes negativt når saliniteten i fjordområdene utenfor elvemunningen øker forbi 1 psu med en tiltagende effekt fram til ca 5 psu. Deretter avtar påvirkningen uten at vi kan sette definitive grenser for når vannet ikke påvirker. Det er registrert saliniteter under 1 psu i de indre fjordområdene og over 10 psu i de ytre områdene mot slutten av utvandringsperioden. Kontrollgruppen har en høyere sjøoverlevelse i den tidlige utvandringsperioden, og forskjellen mellom belastningsgruppen og kontrollgruppen avtar utover i perioden. Dette styrker antagelsen om at fjordmiljøet påvirket «belastningssmolten» negativt i starten av utvandringsperioden, mens kontrollfisker unngikk denne belastningen. Vi observerer en nedgang i feilvandringen blant «belastningssmolten» utover i smoltutvandringsperioden. Det er tidligere vist at Al kan akkumuleres på luktorganer til utvandrende laksesmolt. Lukt er avgjørende for nærorientering i forbindelse med gytevandring mot hjemme-elv. Vår konklusjon er derfor at salinitetsnivået og dermed akkumulerbar Al i fjorden påvirket smolten negativt under den første delen av utvandringsforløpet. Dette gav seg utslag i lavere sjøoverlevelse enn kontrollfisker og høy feilvandring.

Vi har gjennom mange år dokumentert redusert sjøoverlevelse til laksesmolt fra Storelva og relatert dette til remobilisering av aluminium i fjorden utenfor elvemunningen. Gitt dagens kunnskap anbefaler vi at det iverksettes tiltak for å begrense effektene. Vi anbefaler i første omgang at det fanges et betydelig antall smolt som slepes ut fjorden før de slippes i de ytre fjordområdene. Sjøoverlevelsen til denne gruppen (slep-gruppen) har vært høy i alle år. PIT-merking av smolt bør likevel opprettholdes slik at man kan kontrollere effekten av tiltaket og samtidig undersøke overlevelsen til smolt som vandrer naturlig ut av elva. Hvilken vannkjemi smolten erfarer under utvandring og responsen på denne er ikke fullt forklart. Ideelt sett vil det være mulig å dosere silikat i elvevannet i en relativt kort periode om våren om en har full kontroll på når smolten utvandrer og hvordan vannføringen påvirker vannkjemien i fjorden. Slep av smolt er et godt tiltak, men ikke et fullverdig tiltak da smolten bør klare å utvandre på egenhånd under gode naturlige eller behandlede vannkjemiske forhold.

Den generelle sjøoverlevelsen for 2012 smoltårsklassen var svært lav og betydelig lavere enn hva vi observerte for de tidligere smoltårsklassene fra Storelva (2009 og 2010). Den observerte nedgangen kan ikke relateres til forhold i fjordsystemet, da nedgang også er tilstede blant kontrollgruppene. Nedgangen kan skyldes forhold i elva som kan ha påvirket smoltkvaliteten, endring i næringstilgang og/eller temperatur i eller under vandring til oppvekstområdene i havet.

Feilvandring blant 1SV er på 18 % mens den er hele 50 % blant 2SV. Det har ikke tidligere vært driftet PIT-antennar i nabovassdrag, så det er usikkert om feilvandringen kan ha vært like høy i tidligere år. Vi har likevel hatt registrering av PIT-merket laks i Nidelva under sportsfiske gjennom mange år. Hvis vi sammenlikner data fra dette, indikerer det at feilvandringen av 2012 smoltårsklassen (10 %) er noe høyere enn hva som er registrert for de to andre smoltårsklassene (7 % og 2 %). Den skiller likevel så lite at en må anta at det tidligere også har vært en betydelig innvandring av Storelvalaks til Nidelva. Det har i mange tiår vært en diskusjon om andelen feilvandrende laks fra kalka elver er høyere enn i ukalka vassdrag. En videre merking av smolt i Storelva med tilhørende PIT-antennar i naboelver vil kunne gi oss gode data på dette. Feilvandringen som vi observerte i 2014 er høy og vil påvirke gytebestanden i både Nidelva og Storelva. Siden reetablering av laks i Nidelva (oppstrøms Evenstad) er basert på stamfisk fra Storelva vil det ha liten genetisk betydning for bestanden på kort sikt, men begrenser likevel oppbyggingen av en genetisk særegen bestand i Nidelva.

Lav vannføring om sommeren førte til sen oppvandring av gytelaks til Storelva i 2014. Det er en god sammenheng mellom vannføring og sportsfiskefangst i små til mellomstore vassdrag på Sørlandet (bla. Søgneelva, Audna og Lygna). I slike år er det ofte gode fangster i de større naboelvene med høyere og mer stabil vannføring (f.eks Otra og Mandalselva). Det er viktig å forstå denne dynamikken slik at vi høster bestandene riktig. Det vil si at ved lav vannføring i små til mellomstore vassdrag vil fisken vandre opp etter fiskesesongen. Dette gir seg utslag i lave sportsfiskefangster i disse elvene. Sportsfiskefangstene danner bakgrunn for det estimerte gytebestandsmålet (GBM). Lavt estimert GBM gir begrensninger på fiske. Dette vil være en ond spiral basert på feil bakgrunnstall (sportsfiske som indikator på GBM). PIT-merking av smolt og registrering av tilbakevandring vil gi økt kunnskap om dette.

1. Innledning

Laks påvirkes av mange menneskeskapt trusler (McCormick et al., 2009; Otero et al., 2011). 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 1950 tallet (Hesthagen & Hansen, 1991; Kroglund et al., 2002). Redusert forekomst og etter hvert utryddelse, skyldes i første omgang at laksesmolt som påvirkes av Al i ferskvann har svekket evne til å ioneregulere i saltvann (Kroglund et al., 2008; Staurnes et al., 1995). Svekket ionereguleringssevne i saltvann medfører at fisken dehydrerer og dør (Kroglund & Finstad, 2003; Kroglund et al., 2007a; Staurnes et al., 1996). Den økologisk relevante responsen er da adskilt i tid og rom i forhold til hvor belastningen inntraff. Foruten økt dødelighet knyttet til svekket hypo-osmotisk reguleringsevne skyldes økt dødelighet også at Al-belastning i ferskvann påvirker immunsystemet og reduserer motstandskraft i forhold til sekundære stressorer, f.eks., lakselus (Finstad et al., 2003; Finstad et al., 2007).

Giftighet i forsuret vann kan motvirkes med kalking (Haraldstad & Matzow, 2005; Hesthagen et al., 2011; Sandøy & Langåker, 2001). Når vannet kalkes øker pH. pH økningen igangsetter en prosess hvor Al transformeres fra kationisk giftige former til former som ikke er gjelle-reaktive. Transformasjonsraten er pH og temperaturavhengig. (Kroglund et al., 2001; Teien et al., 2005; Teien et al., 2006). Kalking for laks ble igangsatt i Storelva i 1996, men laksefangstene økte ikke markant etter dette, slik som det ble observert i de andre kalkede elvene i regionen. Storelva avviker således fra det som er observert i andre kalka elver.

Det ble i 2003 dokumentert at fjordsystemene utenfor Storelva inneholdt akkumulert aluminium (Al). Det er kjent at Al i brakkvann påvirker og kan drepe oppdrettslaks i mærd (Bjerknes et al., 2003; Rosseland et al., 1998). Voksen laks dør når Al akkumulering på fiskens gjeller overstiger kritiske nivåer, hvor dødeligheten skyldes svikt i respirasjon (Bjerknes et al., 2003). Tilsvarende effekter i brakkvann er også påvist på laksesmolt i oppdrett når saltvann tilsettes produksjonsvannet (Rosseland et al., 2007).

Basert på sammenhengen mellom Al i brakkvann og dødelighet til oppdrettet laks, ble det antatt at villaks, og da i særdeleshet utvandrende laksesmolt kunne bli påvirket. Al i brakkvann har siden 2003 fremstått som den mest sannsynlige årsaken til redusert innsig av laks til Storelva. Det er i fjordområdene utenfor Storelva påvist sammenhenger mellom endring i tilstandsform til Al og salinitet, hvor økt mobilisering av kationisk Al gir økt påslag av Al på fiskens gjeller. Kun i et fåtall tilfeller har det vært mulig å knytte Al i brakkvann til påviselige fysiologiske skader eller dødelighet. Dette inntreffer først når gjelle-Al konsentrasjonen overstiger ca 500 µg/l. Konsentrasjonen av Al på fiskens gjeller var normalt betydelig lavere enn dette. Fravær av entydige fysiologiske responser gjorde det usikkert om Al i brakkvann hadde noen økologisk relevant effekt. Samtidig var det usikkert om det ble målt på de rette responsene.

Resultater fra telemetriundersøkelser i 2007 og 2008 indikerte at smolt eksponert for akkumulert Al i brakkvann hadde redusert overlevelse og brukte lang tid på å forlate de nære fjordområdene (Kroglund mfl, 2011bc). Denne responsen var mest fremtredende når saltnivået i fjordbassenget utenfor elvemunningen var mellom 1 og 7 psu. Observasjonene fra akustisk merka smolt tydet på at Al i brakkvann kunne halvere antall smolt som nådde kyststrømmen. Under mer gunstige forhold (<1 og > 10 psu) ville reduksjonen ha vært mindre dramatisk.

Det var et ønske fra miljøforvaltningen å få sikrere tall på faktisk sjøoverlevelse i forhold til hvilke salinitetsnivå (Al-nivå) smolten ble utsatt for under utvandring gjennom fjordområdene. PIT-merkede smoltgrupper ble eksponert for eller beskyttet mot 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 smoltgruppen som ble transportert og først satt ut i saltvann (slep eller biltransportgruppene) ble beskyttet mot effektene av Al. Slep og bil fungerer dermed som kontrollgrupper. Det er likevel knyttet usikkerhet til hvor godt disse gruppene fungerer som kontroll da

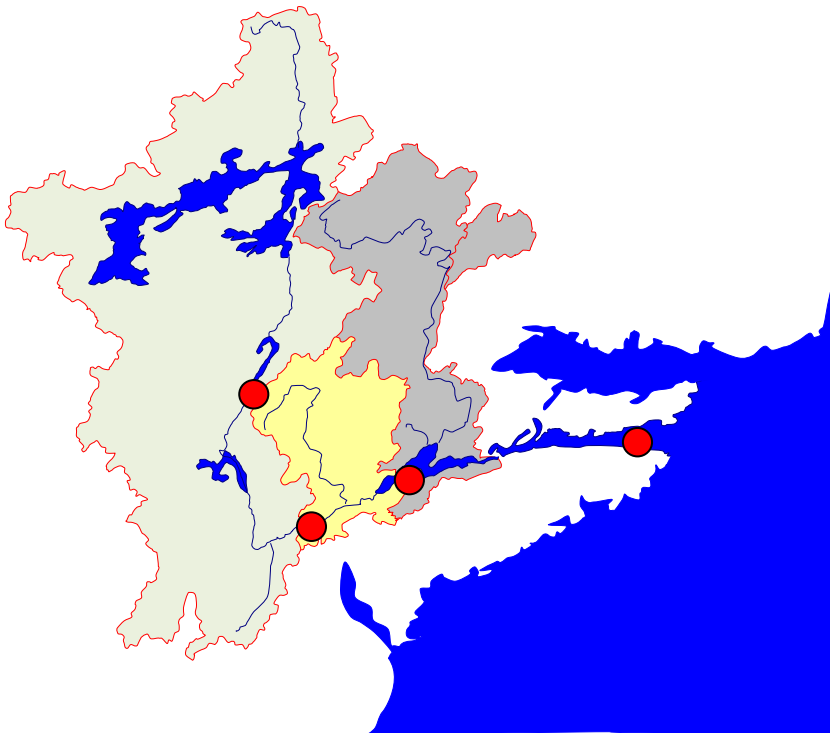
feilvandringen også kan være høy fra bil-gruppen (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød et al., 1988; Heggberget et al., 1991) og slepgruppen kan bli eksponert for Al under transporten ut fjorden.

Det er dokumentert forskjeller i sjøoverlevelse mellom belastningsgruppene og kontrollgruppene når Al konsentrasjonen i brakkvann er på et akkumulerbart nivå (Kroglund mfl. 2013). Den store variasjonen i salinitet som observeres i fjorden og variasjonen i smoltens vandringshastighet gjør det likevel komplisert å ha fullstendig kontroll på hvilke saliniteter smolten møter under utvandring. Graden av belastning vil samtidig variere mellom år pga variasjoner i smoltutvandringstidspunkt og salinitet i fjorden. Det er derfor avgjørende å følge flere smoltårsklasser slik at vi kan etablere en modell der en ser på sammenhengen mellom sjøoverlevelse og salinitet (akkumulerbart Al) i fjorden under utvandring. Når en har kontroll på årsaks-virkningsforholdene vil det være mulig å iverksette tiltak som silikatbehandling eller transport av smolt.

I denne rapporten er det fokus på sjøoverlevelse (SAR) til PIT-merket smolt i 2012 registrert tilbake til Storelva som gytelaks i 2013 og 2014. I tillegg er det registrert feilvandrerere til naboelva Nidelva (inkluderes i SAR-beregningene). Det er en naturlig variasjon i SAR mellom år som til dels kan forklares med variasjon i temperatur og mattilgang i havet. Ved å sammenlikne SAR mellom ulike behandlingsgrupper tilhørende samme smoltårgang kan vi isolere effekten av Al i brakkvann.

2. Områdebeskrivelse

Vegårvassdraget (Storelva) ligger i Aust-Agder og munner ut i Sandnesfjord-systemet mellom Tvedestrand og Risør. Anadrom fisk kan vandre ca 20 km opp i vassdraget. Vegårvassdraget har et nedbørfelt på 408 km². Storelva og nabovassdraget Steaelva renner inn i hver sin ende av Songevatn (**Error! Reference source not found.**). Begge elvene vil bidra til og påvirke vannkvalitet i de indre fjordområdene; Songevatn og Nævestadfjorden. Songevatn er adskilt fra Nævestadfjorden gjennom et bredt sund. 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 og Kroglund, 2010). For ytterligere informasjon om vassdraget vises til tidligere rapporter fra prosjektet (f.eks Kroglund m.fl 2013).



Figur 1. Kart over Storelva med nedbørfelt, 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.

3. Metoder

3.1 Smoltårgang 2012

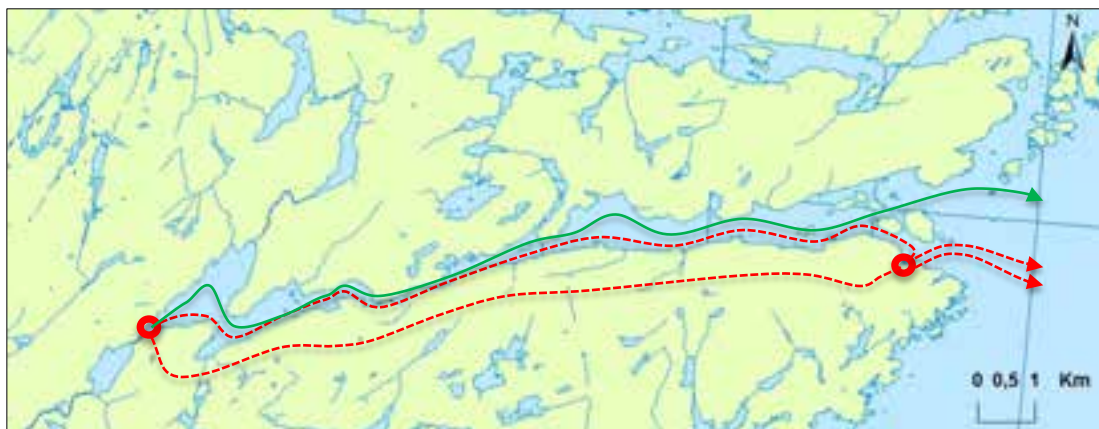
Det ble benyttet tre fangststasjoner for smolt i 2012 (**Figur 2**). To ved Fosstveit kraftverk og en ved Elvemunningen. Ved Fosstveit ble det benyttet en Wolf-felle i forbindelse med et sideløp ved kraftverksinntaket. Hovedandelen av smolten vandrer ut her og ikke gjennom turbinen. Fisken som vandrer gjennom sideløpet blir adskilt fra vannet ved hjelp av en rist (Wolf felle) og videre til et oppbevaringskar. En andel av fisken som vandrer gjennom turbinen vil bli fanget i smolthjulet (SH) ved kraftverksutløpet. Ved elvemunningen ble det også benyttet et smolthjul for å fange nedvandrende smolt. Et smolthjul bruker vannets hastighet til å drive en skrue/skovlhjul som «skruer» fisken mot et oppbevaringsrom i bakkant. Wolf-felle og smolthjul er vanlig brukt for innsamling av nedvandrende smolt.

Fangsteffektiviteten til Wolf-fella i sideløpet ved kraftverket er nær 100 %, men i vårt tilfelle avhengig av andelen fisk som vandrer sideløpet i forhold til turbinen. Fangsteffektiviteten på smolthjulet i elvemunningen vil variere fra 10-20 % avhengig av vannføring, temperatur og fiskens atferd (dag/nattaktiv).



Figur 2. Fangstlokaliteter for smolt (rød) ved Fosstveit(Wolf-felle og SH) og elvemunningen (SH) i 2012 samt PIT-antennes (svart) ved laksetrappa ved Fosstveit, Angelstad og to antenner i elvemunningen (1870) for registrering av utvandrende smolt i 2012 samt tilbakevandrende gytelaks i 2013 og 2014 (svart).

Fisken ble merket med PTT-merker før den ble satt ut ved ulike stasjoner. PTT-merkede smoltgrupper ble eksponert for eller beskyttet mot Al i brakkvann. Smoltgruppen som ble satt ut i elva eller i de indre fjordområdene kunne bli eksponert for Al under utvandring (eksponeringsgruppene) mens smoltgruppen som ble transportert og først satt ut i saltvann (slep- eller bil-gruppene) ble beskyttet mot effektene av Al (**Figur 3**). Slep og bil fungerer dermed som kontrollgrupper. Samtidig er ikke valg av transportmetode ukomplisert. Biltransport kan øke overlevelse, men samtidig økte feilvandringen (Finstad & Jonsson, 2001; Gunnerød et al., 1988; Heggberget et al., 1991; Kroglund et al 2013). Slep anbefales normalt fremfor biltransport fordi slept fisk preges bedre til hjemmeelv. Når slep foregår i brakkvann med Al kan smolten likevel eksponeres for eventuell Al i brakkvann under slepet.



Figur 3. Skjematisk oversikt over de ulike smoltgruppene i 2012, der belastningsgruppene (grønn linje) forlot elvemunningen (rød sirkel) og vandret ut fjorden, mens kontrollgruppene enten ble slept eller biltransportert (rød stiplet linje) til Trollsbergvika (rød sirkel) ytterst i Sandnesfjorden før de ble sluppet fri.

Vi har tidligere erfart at smolt påvirkes negativt av aluminium i fjordområdene når salinitet øker forbi 1 psu med en tiltagende effekt fram til ca 5 psu. 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. Saliniteten i fjorden ble logget på tre stasjoner over to dyp gjennom smoltutvandringsperioden i 2012.

For detaljert beskrivelse av fangstmetoder, merking av smolt samt målinger av fysio-kjemiske paramenter i elv og fjord vises det til tidligere rapporter fra prosjektet (f.eks Kroglund mfl. 2013).

3.2 Analyser

For å kunne beregne smolt til voksen ratio (SAR) må en vite hvor mange smolt som forlot elva. Antall PIT-merka smolt satt ut i brakk/saltvann (bil- slep- og fjord-gruppen) er kjent mens antall smolt som utvandret elva (elv-gruppen) er estimert. Estimatenes er basert på estimater for overlevelse (med bruk av programvaren MARK), fra deteksjon i PIT-antennen i elvemunningen samt fra fangst i smolthjul. Selve metodene og beregningene er gitt i årsrapport fra 2010 (Kroglund m.fl. 2011f).

For å relatere variasjon i salinitet i fjordområdene (grad av Al-belastning) til sjøoverlevelsen er smoltutvandringen fra elva gruppert i fire kategorier basert på henholdsvis utvandring av 25, 50, 75 og 100 % kumulativ utvandring (Dag nr: 119, 122, 130 og 150). Utsetninger i fjorden tilordnes de samme kategoriene (+ 6 dager for å ta høyde for tidsbruk fra utsetting til ankomst fjord) og inngår i det vi kaller for belastningsgruppen. Med dette menes at smolten svømmer aktivt ut av fjordsystemet og blir påvirket av vannkjemien (remobilisering av Al) som kan begrense sjøoverlevelsen. I tillegg er det gjennomført tre slep og seks biltransporter. Disse inngår i gruppen «kontroll» fordi de enten er transportert relativt raskt gjennom belastningsområdet (slep) eller utenom belastningsområdet (bil). Basert på dato er kontrollgruppen tilegnet fire utsettingskategorier. Kategori frem til og med dagnummer 119 (ett slep og en biltransport), 120-122 (ett slep og to biltransporter), 123-130 (ett slep og en biltransport) og 131-150 (ingen slep og to biltransporter). Alle smolt tilhørende kontrollgruppen er sluppet ved Trollbergvika ytterst i Sandnesfjorden.

Tabell 1. Utsettingsgrupper og antall smolt fra smoltårgang 2012. På grunn av predasjon fra gjedde i de nedre delene av Storelva estimeres det antall smolt som forlater elva som er lavere enn det som er Pit-merket (Elv-gruppen) (Kristensen mfl. 2010).

| Utsettingsgrupper | Antall merket | Estimert utvandret |
|--------------------------|---------------|--------------------|
| Belastningsgruppe | | |
| Elv | 754 | 476 |
| Fjord | 500 | 500 |
| Kontrollgruppe | | |
| Slep | 630 | 630 |
| Bil | 645 | 645 |
| Sum | | 2251 |

3.3 Registrering av tilbakevandrende gytelaks fra smoltårgang 2012

PIT-merket laks registreres i PIT-antennene når de returnerer som gytelaks 1, 2 eller 3 år etter de forlot elva som smolt. Når et PIT-merket laks passerer en antenne vil merket aktiveres og sende fra seg en unik tallkode. Dette lagres i en datalogger sammen med klokkeslett og antennennummer. Utstyr til antennene er levert fra Oregon RFIID, 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. Merkene plasseres i fiskens bukhule og har en levetid som er betydelig lengre enn fiskens levetid. For detaljert beskrivelse av PIT-antennene og lokalitetene vist til tidligere rapporter fra prosjektet.

Her følger en kort oppsummering med status for sesongen 2014. Det er estimert en deteksjonssannsynlighet for antennene ved elvemunningen og ved Angelstad. Deteksjonen er lavere ved elvemunningen enn ved Angelstad. Dette har vi også erfart i de tidligere årene. Vi antar at det ikke er forskjell i deteksjonssannsynlighet mellom gytelaks av de ulike smoltbelastnings-gruppene og dette for derfor ingen effekt på sjøoverlevelse mellom gruppene.

Elvemunningen (PIT-1870)

PIT-antennene ble satt i drift 23. april og tatt ned 27. november 2014. Stasjonen er utstyrt med to adskilte antenner. Det har vært deteksjoner på antennene hver dag fra oppsett og frem til de ble tatt ned. Hver av antennene er utstyrt med en markertag (gir signal hvert 30. minutt). Den ene av disse gikk tom for strøm i løpet av perioden. Se **vedlegg 1** for detaljert figur over registreringer per dag. Ved høy vannføring kan fisken svømme utenfor deteksjonsfeltet til antennene. Erfaringsmessig bruker oppvandrende fisk kort tid på å passere antennene. Det vil si at fisken ikke oppholder seg i antenneområde slik at en får flere deteksjoner på fisken. Passerer fisken svært raskt kan en risikere at fisken ikke blir detektert. Det er estimert en deteksjonseffektivitet på 60 % for disse to antennene, det er lavere enn hva vi har registrert tidligere. Dette kan skyldes en høst med høy vannføring over en lang periode der hovedmengden av fisk innvandret. Estimatet av deteksjonseffektivitet er basert på antall fisk detektert på antennen på Angelstad.

Angelstad

PIT-antennene ble driftet gjennom hele 2014. Stasjonen benytter strøm fra en nærliggende gård. Nettstrømmen lader et 12v batteri mens antennen bruker et annet. Systemet alternerer mellom ladning og forbruk gjennom en 3 timers syklus. Vi hadde problemer med batteriene i en periode i august/september. Dette medførte nedetid på antennen. For mer detaljert beskrivelse se **vedlegg 1**. Erfaringsmessig bruker oppvandrende laks området ved Angelstad som gyteområde og vi kan få deteksjoner av samme fisk over flere uker.

Trappa

PIT-antennene ble satt i drift 21. mai. Antennens lesebok som lagrer data, ble stjålet i oktober/november. Stasjonen ble driftet på et 12v batteri som ble ladet på solcelle. Dette ble utført som en test da denne antennen ikke er avgjørende for prosjektet. Drift ved hjelp av solcelle fungerer, men krever likevel batteribytte. Frekvens avhenger av solforhold.

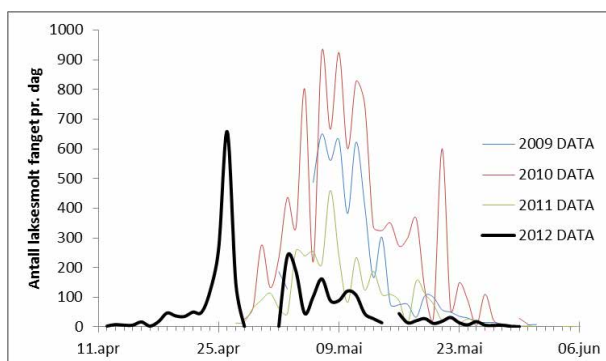
Nidelva

Det ble satt opp en PIT-antenne i fiskeslusa ved Rygene kraftverk i Nidelva i 2014, hovedsakelig for å registrere oppvandrende gytelaks PIT-merket som smolt i Nidelva i 2013 (Haraldstad mfl 2014). Antennen ble driftet gjennom hele oppvandringssesongen 2014 og vil derfor også registrere eventuelle feilvandrende individer som er merket som smolt i Storelva i 2012. Som tidligere år blir også all laks som fiskes av sportsfiskere håndlest for PIT-merker.

4. Resultater

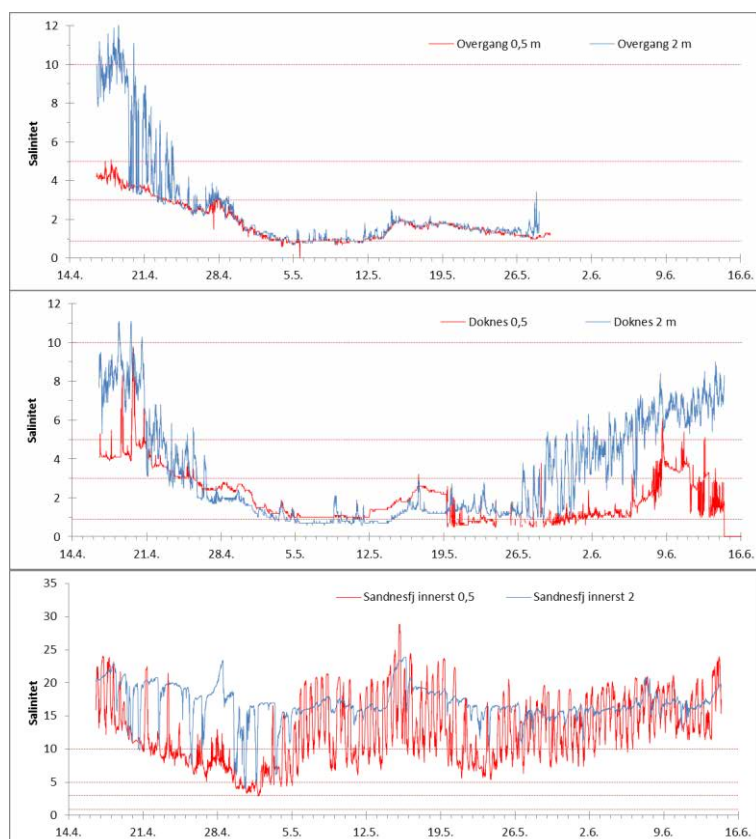
4.1 Oppsummering av resultatene fra smoltutvandringen i 2012

Variasjonen i smoltutvandringstidspunkt 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 (Haraldstad mfl. 2015). Utvandringen i 2012 var tidlig, som en respons på en tidlig vår med rask oppvarming av elvevannet (**Figur 4**).



Figur 4. Antall utvandrende smolt fra Storelva per dag i årene 2009-2012.

Vi har tidligere erfart at smolt påvirkes negativt når saliniteten i fjordområdene utenfor elvemunningen øker forbi 1 psu med en tiltagende effekt fram til ca 5 psu. 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. Gjennom smoltutvandringen i 2012 var saliniteten i det indre fjordsystemet lav (**Figur 5**) (to innerste målestasjonene). Den økende vannføringen fra ca 20. april og flommer på dagene 26. til 30. april påvirket saliniteten i hele fjordsystemet fra Songevatn til Sandnesfjorden. Vedvarende vannføring $> 5 \text{ m}^3/\text{s}$ medførte at saliniteten ikke økte før vannføringen ble lav mot slutten av mai da en ny flom inntraff. Denne har antagelig presset saliniteten ned og motvirket økningen i salinitet observert fra slutten av mai. Gjennom hele smoltutvandringsperioden var saliniteten på et nivå hvor Al var akkumulerbart. Det er likevel en tendens til at forholdene var mer belastende i starten av utvandringsperioden da saliniteten var over 2 psu på de to innerste målestasjonene. Saliniteten i det ytre fjordsystemet, Sandnesfjorden, var på et akkumulerbart nivå i starten av smoltutvandringsperioden. Utover i perioden økte saliniteten til et nivå hvor en antar at effekten på smolt er svært liten.



Figur 5. Kontinuerlig logging av salinitet (hver 10 min) på 0,5 (rød) og 2 m (blå) 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. Første smolt ble merket 25. april mens siste ble merket 30. mai.

4.2 Smolt til voksen overlevelse (Smolt to Adult Ratio) for 2012 smoltårgangen

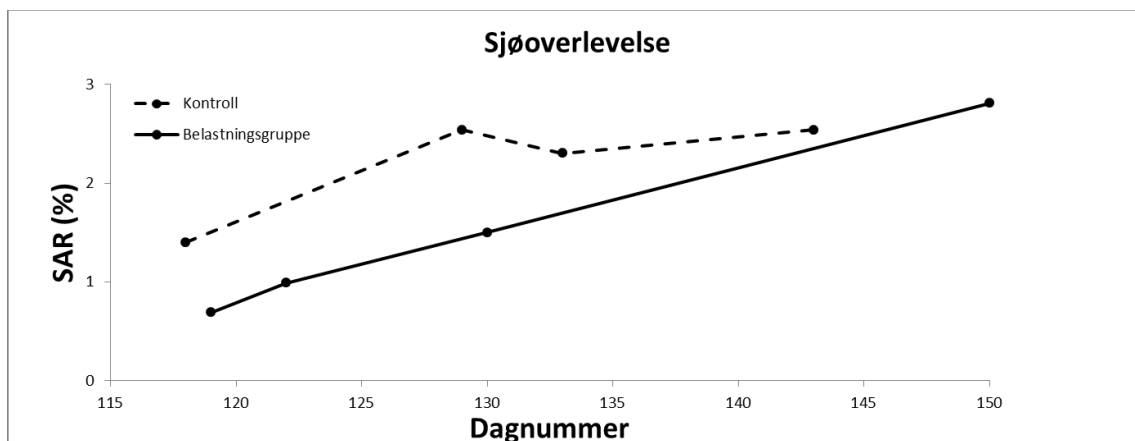
Det er beregnet en sjøoverlevelse (SAR) på 1.8 % for hele 2012 smoltårgangen (**Tabell 2**). Denne er basert på tilbakevandring av en- (1SV) og to-sjøvinterlaks (2SV) til Storelva samt feilvandrerne. Med innvandring av tre-sjøvinterlaks (3SV) i 2015 kan SAR bli noe høyere. Basert på tidligere år utgjør 3SV en liten andel av den returnerende gytelaksbestanden. En sjøoverlevelse på 1.8 % er betydelig lavere enn hva vi observerte for smoltårgang 2009 (4.6 %) og 2010 (4.4 %).

SAR til kontrollgruppene (slep og bil) ligger høyere enn belastningsgruppen (elv- og fjord-gruppen) for smolt som vandret ut i april og tidlig mai (**Figur 6**). I denne perioden er sjøoverlevelsen til belastningsgruppen svært lav (< 1 %). Sjøoverlevelsen til belastningsgruppene øker jevnt utover smoltutvandringsperioden og forskjellen i sjøoverlevelse mellom de to gruppene minker. Sjøoverlevelsen til kontroll-gruppen øker utover i smoltutvandringsperioden, men stabiliserer seg rundt 2 % fra midten av perioden. Det ble dessverre ikke gjennomført slep i den siste perioden (fra dagnummer 134 – 144) slik at det siste punktet i **Figur 6** kun baserer seg på bil-transportert smolt. Hvis en ikke tar hensyn til utsettingstidspunkt er SAR til elv-gruppen 1.9 % og fjordutsatt smolt 1.0 %, samlet gir dette en

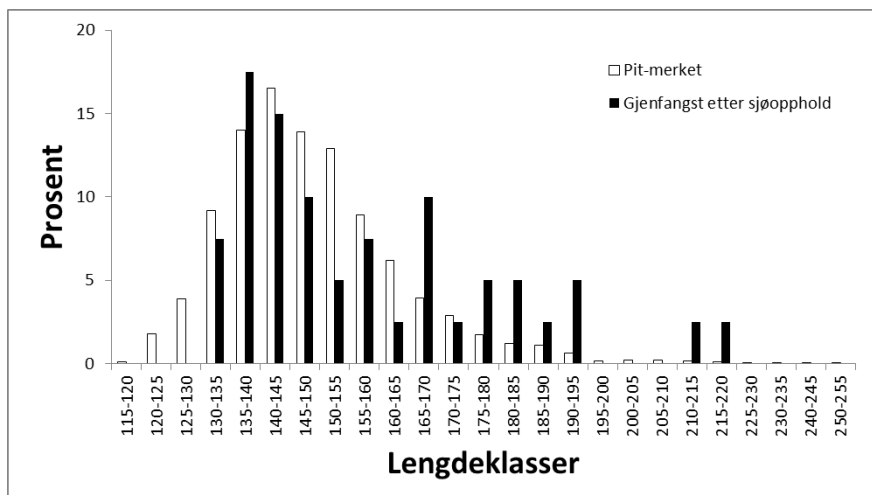
sjøoverlevelse på 1.4 % for belastningsgruppen. Kontrollgruppen har en samlet sjøoverlevelse på 2.1 % med en sjøoverlevelse på 1.6 % og 2.7 % for henholdsvis bil-gruppen og slep-gruppen.

Smoltårsklassen 2012 fordeler seg på henholdsvis 27 % 1SV og 73 % 2SV. Dette samsvarer med de tidligere smoltårsklassene der andelen 2SV var 80 % for smoltårgang 2009 og 66 % for smoltårgang 2010. Andelen 1SV og 2SV for smoltårgang 2012 vil bli noe lavere når det foreligger data også på 3SV i 2015.

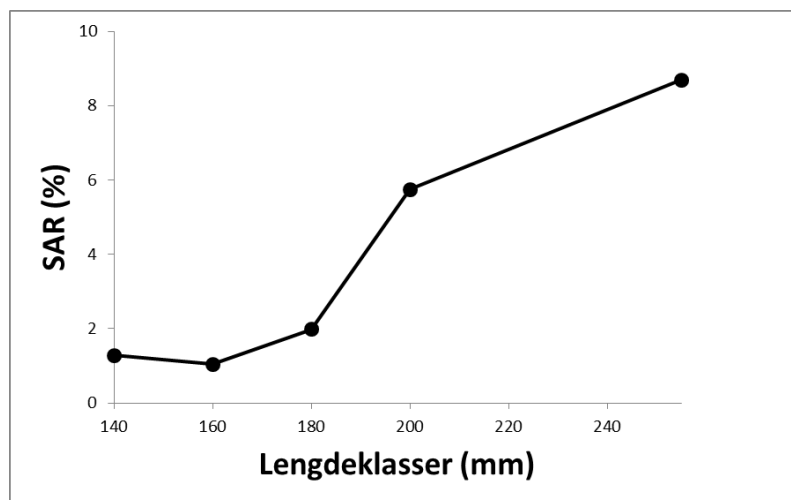
Det er en ulik lengdefordeling mellom utvandrende smolt i 2012 og den smolten som overlevde og returnerte for å gyte i 2013 og 2014 (**Figur 7**). Overlevelsen ser ut til å være prosentvis høyere i de lengste lengdeklassene (**Figur 8**). Det er ikke tatt høyde for dødelighet og størrelsesselektiv dødelighet under vandring ut elva for elv-gruppen.



Figur 6. Sjøoverlevelse (Smolt to Adult Ratio) for smoltgrupper satt ut på ulike datoer (dagnummer) summert etter henholdsvis 25, 50, 75 og 100 % akkumulert utvandring fra elva og fjorden (belastningsgruppe) og slep-gruppe og bilgruppe (kontroll).



Figur 7. Prosentvis bidrag av smolt i ulike lengdeklasser for alle smolt sluppet i 2012 (hvite søyler) og smoltlengde til returnerende gytselaks i 2013 og 2014 (svarte søyler).



Figur 8. Sjøoverlevelse til ulike smolt-lengdeklasser (180 mm =160-179mm).

Tabell 2. Antall smolt i de ulike utsettingsgruppene med prosentvis returnerende gytelaks totalt og feilvandrerer for en-sjøvinter og to-sjøvinter laks. Antall vises i parentes. SAR-beregningene tar utgangspunkt i antall merkede smolt og inkluderer også feilvandrende fisk.

| Utvandrings- grupper | Smolt ut 2012 (n) | 1SV (2013) | | 2SV (2014) | | Total (1 og 2 SV) | | |
|-------------------------|----------------------|------------|---------------|------------|---------------|-------------------|---------------|--------|
| | | SAR | Feilvandrerer | SAR | Feilvandrerer | SAR | Feilvandrerer | |
| Belastning | Elv | 476 | 0,4 (2) | 0 | 1,5 (7) | 29 (2) | 1,9 (9) | 22 (2) |
| | Fjord | 500 | 0,2 (1) | 100 (1) | 0,8 (4) | 75 (3) | 1,0 (5) | 80 (4) |
| Kontroll | Bil | 645 | 0,6 (4) | 265 (1) | 0,9 (6) | 67 (4) | 1,6 (10) | 50 (5) |
| | Slep | 630 | 0,6 (4) | 0 | 2,1 (13) | 46 (6) | 2,7 (17) | 35 (6) |
| Sum | 2251 | 0,5 (11) | 18,2 (2) | 1,3 (30) | 50 (15) | 1,8 (41) | 41 (17) | |

4.3 Innvandring av gytelaks

Innvandringen av gytelaks til Storelva var relativt sein i 2014 og seinere en det vi observerte for 2 SV laks fra smoltårgang 2010 (Figur 10). Det er mest relevant å sammenlikne tilbakevandringstidspunkt mellom laks av lik sjøalder da disse antagelig har oppholdt seg i samme oppvekstområde i havet. 50 % kumulativ innvandring av gytelaks til Storelva ble passert 28. september, lenge etter at sportsfiske etter laks avsluttes i regionen (fiske etter laks var forbudt i Storelva i 2014). Det var svært lav vannføring gjennom sommeren 2014 i forhold til i 2012, der det vannføringen var noe høyere, med definerte små flomtopper (Figur 11).

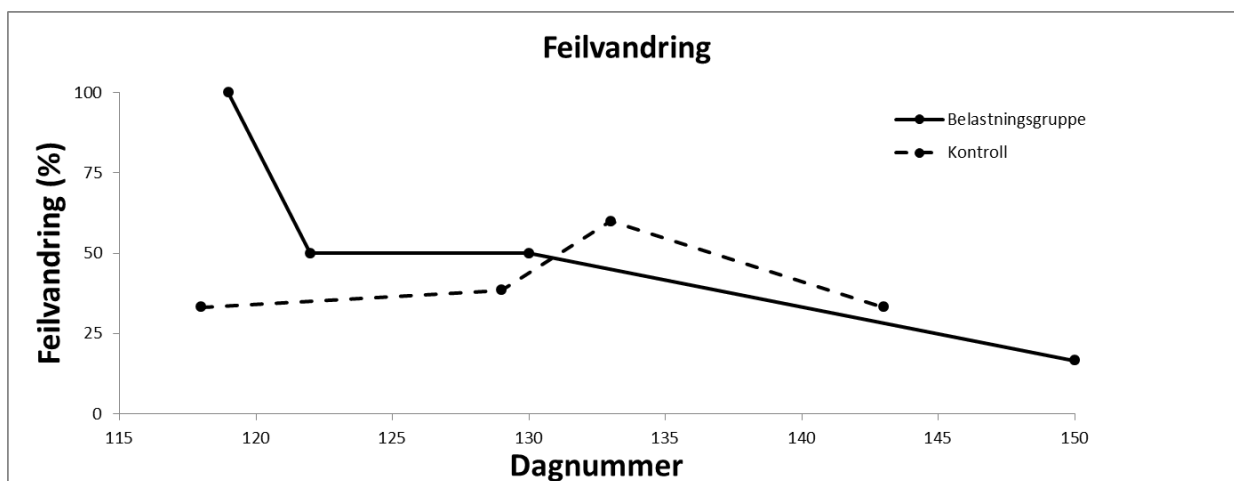
De fleste individene beveger seg raskt fra elvemunningen og opp til Angelstad (11t +/- 8) med en hastighet på 1,2 m/s (+/-0,12). To individer demonstrerer likevel hvordan dette kan variere sterkt mellom individer; disse brukte henholdsvis 14 og 27 dager på den samme avstanden (disse er ikke inkludert i gjennomsnittsmålingene).

4.4 Feilvandring

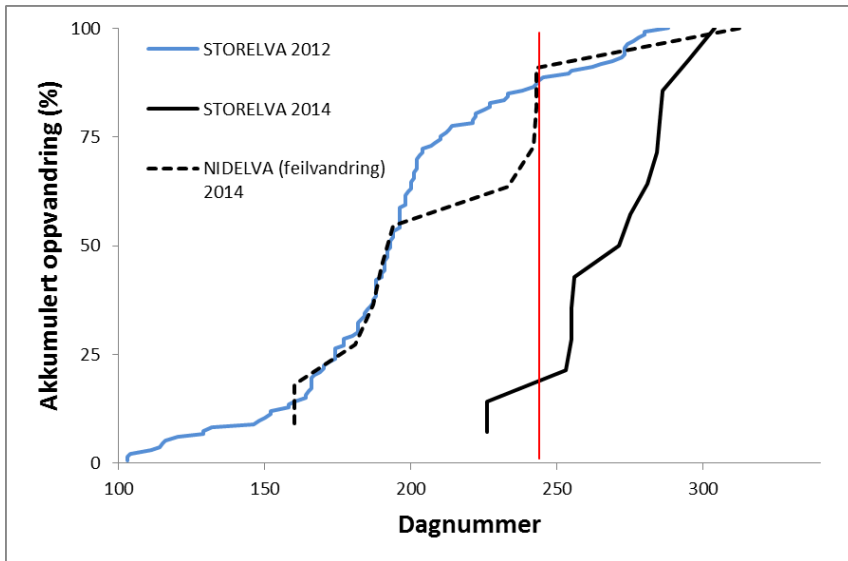
Feilvandring blant 1SV er på 18 % mens hele 50 % blant 2SV. For hele 2012 smoltårsklassen sett under ett er feilvandringen på 42 %. Feilvandringen er hovedsakelig registrert i PIT-antennen ved Rygene i Nidelva (n=11) i 2014. Denne antennen er kun driftet i 2014. Registreringer av PIT-merket laks under sportsfiske er gjennomført i Nidelva siden 2010 og dekker dermed smoltårsklassene 2009, 2010 og 2012. Av returnerende gytelaks fra smoltårsklassen 2009 er 7 % fanget under sportsfiske i Nidelva (n=5), for smoltårsklassen 2010 er 2 % fanget under sportsfiske i Nidelva (n=5) og for smoltårsklassen 2012 er 10 % fanget under sportsfiske i Nidelva (n=4).

Feilvandringen av smolt tilhørende belastningsgruppen (slep og bil-gruppen) ligger rundt 40-60 % gjennom hele utvandningsforløpet (**Figur 9**). Kontrollgruppen (elv- og fjord-gruppen) viser en avtagende feilvandring basert på smoltutvandringstidspunkt. Dette samsvarer med trenden en observerte for sjøoverlevelse, der denne økte utover i smoltutvandningsperioden. For de ulike utsetningsgruppene er feilvandringen henholdsvis 50 % for bil-gruppen, 35 % for slep-gruppen, 80 % for fjord-gruppen og 22 % for elv-gruppen. For 2SV alene er fordelingen 67, 46, 75 og 29 % for henholdsvis bil-, slep, fjord og elv-gruppen. Det er gjennomgående slep- og elv-gruppen som har lavest feilvandring.

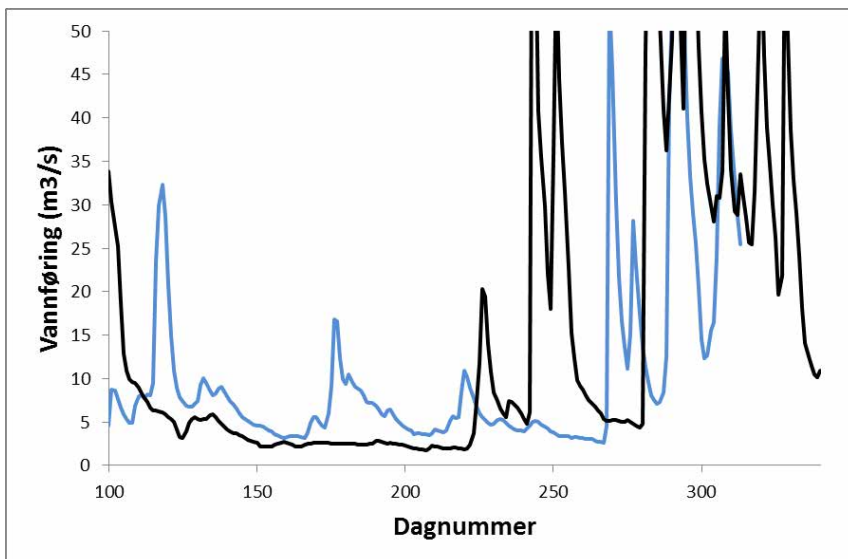
Innvandring av feilvandret 2 SV laks til Nidelva i 2014 skjer tidligere på sesongen en det gytelaksen ankommer Storelva (**Figur 10**). Sammenlikner vi innvandringstidspunktet med 2SV fra 2010 smoltårgangen, ankom de Storelva tidligere enn gytelaksen ankom Storelva i 2014, men på samme tidspunkt som feilvandrerne ankom Nidelva i 2014.



Figur 9. Feilvandring (%) for smoltgrupper satt ut på ulike datoer (dagnummer) for belastningsgruppen (elv- og fjord-gruppen) og kontrollgruppen (slep- og bil-gruppen).



Figur 10. Akkumulert oppvanding (%) for 2-sjøvinterlaks til Storelva i 2012 (blå) og 2014 (svart) samt feilvandret laks til Nidelva i 2014 (stiplet linje). Rød vertikal linje illustrerer normal stopp av sportsfiske etter laks i regionen (01.09). Dagnummer 182=01. juli og 213=01.september



Figur 11. Vannføring (m³/s) i Storelva i 2012 (blå) og 2014 (svart). Dagnummer 182=01. juli og 213=01.september

5. Diskusjon

Har remobilisering av aluminium i brakkvann effekt på smolt?

Sjøoverlevelsen til belastningsgruppen øker utover i smoltutvandringsperioden. Dette samsvarer med en senkning av salinitet i de indre fjordområdene og en øking i salinitet i de ytre fjordområdene. Vi har tidligere erfart at smolt påvirkes negativt når saliniteten i fjordområdene utenfor elvemunningen 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. Det er registrert saliniteter under 1 i de indre fjordområdene og over 10 i de ytre områdene mot slutten av utvandringsperioden. Kontrollgruppen har en høyere sjøoverlevelse i den tidlige utvandringsperioden, og forskjellen mellom belastningsgruppen og kontrollgruppen avtar utover i perioden. Dette styrker antagelsen om at fjordmiljøet påvirket «belastningssmolten» negativt i starten av utvandringsperioden, mens kontrollfiskene unngikk denne belastningen. Vi observerer samtidig en nedgang i feilvandringen blant «belastningssmolten» utover i smoltutvandringsperioden. Det er tidligere vist at Al kan akkumulere på luktorganer til utvandrende laksesmolt. Lukt er avgjørende for nærorientering i forbindelse med gytevandring mot hjemme-elv. Vår konklusjon er derfor at salinitetsnivået og dermed akkumulerbar Al i fjorden påvirket molten negativt under den første delen av utvandringsforløpet. Dette gav seg utslag i lavere sjøoverlevelse enn kontrollfiskene og høy feilvandring.

Vi har gjennom mange år dokumentert redusert sjøoverlevelse til laksesmolt fra Storelva og relatert dette til remobilisering av aluminium i fjorden utenfor elvemunningen (bla. Kroglund mfl. 2012). Gitt dagens kunnskap anbefaler vi at det iverksettes tiltak for å begrense effektene. Vi anbefaler i første omgang at det fanges et betydelig antall smolt som slepes ut fjorden før de slippes i de ytre fjordområdene. Sjøoverlevelsen til denne gruppen (slep-gruppen) har vært høy i alle år. PIT-merking av smolt bør likevel opprettholdes slik at man kan kontrollere effekten av tiltaket og samtidig undersøke overlevelsen til smolt som vandrer naturlig ut av elva. Dynamikken i blandingen av elvevannet inn i kystvannet og giftigheten til aluminium er ikke fullt forklart, dette gjelder spesielt for hvilken vannkjemi molten erfarer og hvor stor belastning den blir utsatt for. Ideelt sett vil det være mulig å dosere silikat i elvevannet i en relativt kort periode om våren om en har full kontroll på når molten utvandrer og hvordan vannføringen påvirker vannkjemien i fjorden. Slep av smolt er et godt tiltak, men ikke et fullverdig tiltak da molten bør klare å utvandre på egenhånd under gode naturlige eller behandlede vannkjemiske forhold.

Sjøoverlevelse

Det ser ut til at sjøoverlevelsen øker med økende smoltlengde. Dette er også funnet i tidligere år (Kroglund mfl 2013) og i andre vassdrag (Lundqvist et al. 1994). Den høyere overlevelsen blant den store molten kan antagelig relateres til økt evne til å unngå predatorer i kystområdene og under vandring mot oppvekstområdene (Jonsson and Jonsson 2011).

Den generelle sjøoverlevelsen for 2012 smoltårsklassen er svært lav og betydelig lavere enn hva vi observerte for de tidligere smoltårsklassene fra Storelva (2009 og 2010). Den observerte nedgangen kan ikke relateres til forhold i fjordsystemet, da nedgang også er tilstede blant kontrollgruppene. Nedgangen kan skyldes forhold i elva som kan ha påvirket smoltkvaliteten, endring i næringstilgang og/eller temperatur i eller under vandring til oppvekstområdene i havet (Jonsson and Jonsson 2004). På grunn av tidlig smoltutvandring kan også molten ha ankommet saltvann før temperaturen ble tilstrekkelig høy (Hvidsten et al. 1998). Sjøoverlevelsen påvirker antall gytelaks i elva. Det er fastsatt gytebestandsmål (GBM) for alle lakseelver i Norge, som indikerer hvor mange kilo hunnlaks som må gyte i elva for at elvas bæreevne skal oppnås. Høstingspotensiale for laks i elvene er derfor differansen mellom innvandrende gytelaks og GBM. En økning i sjøoverlevelsen gir dermed en økning i det høstbare overskuddet. En god forvaltning av laksepopulasjonene krever derfor en god kontroll på årlig innsig av laks. Innsiget er et resultat av antall utvandrende smolt og deres sjøoverlevelse. Som NIVA har vist gjennom flere år varierer dette svært mye mellom år. Det er derfor avgjørende å ha god kontroll på disse parameterne. Sjøoverlevelsen vil antagelig være relativt likt over et større geografisk område, da man antar at laksen fra

nærliggende elver bruker samme oppvekstområde i havet. I dag mangler vi tall på sjøoverlevelse på laksepopulasjonene på Sørlandet, og forvaltningen baserer innsiget av laks på sportsfiske i elvene. Dette er ikke et tilstrekkelig godt mål. I 2014 observerer vi at kun halvparten av Storelva-laksen hadde vandret inn i elva 28.september. Det vil si at over halvparten av laksen vandret inn i elva etter at fiskesesongen var ferdig. PIT-merking av smolt med registrering av tilbakevandring i Storelva vil være en godt egnet lokalitet for overvåking av smoltutvandring, sjøoverlevelse og tidspunkt for tilbakevandring. Vi må anta at sjøoverlevelsen til smolt fra Storelva også representerer de andre elvene i regionen.

Feilvandring

Feilvandring av 2SV laks fra smoltårgang 2012 er svært høy og høyere en vi noen gang har registrert. Det har ikke tidligere vært driftet PIT-antennor i nabovassdrag, så det er usikkert om dette også kan ha vært like høyt i tidligere år. Vi har likevel hatt registrering av PIT-merket laks i Nidelva under sportsfiske gjennom mange år. Hvis vi sammenlikner data fra dette, indikerer det at feilvandringen av 2012 smoltårsklassen (10 %) er noe høyere en hva som er registrert for de to andre smoltårsklassene (7 % og 2 %). Den skiller likevel så lite at en må anta at det tidligere også ha vært en betydelig innvandring av Storelvalaks til Nidelva. Etter oppvandring i fiskeslusa på Rygene (Nidelva) vil gytelaksen ha store problemer med å vandre ut av elva igjen (kraftverksdam og turbin hindrer nedvandring). Det er vist i andre merkeforsøk at laks kan vandre opp i «feil» elv for så å vandre ut og opp i sin hjemme-elv før gytingen tar til. Dette har vi også dokumentert i 2014. En gytelaks ble registrert i antennen på Rygene for så å bli registrert i Storelva 10 dager seinere. Det er usikkert om flere feilvandrede gytelaks ville ha vandret ut av Nidelva og opp i Storelva om ikke nedvandring ved Rygene kraftverk hindre dette.

Det har i mange tiår vært en diskusjon om andelen feilvandrede laks fra kalka elver er høyere enn i ukalka vassdrag. En vider merking av smolt i Storelva med tilhørende PIT-antennor i naboelver vil kunne gi oss gode data på dette. Feilvandring, som vi observerte i 2014 er høy og vil påvirke gytebestanden i både Nidelva og Storelva. Siden reetablering av laks i Nidelva er basert på stamfisk fra Storelva vil det ha liten genetisk betydning for bestanden på kort sikt, men begrenser likevel oppbyggingen av en genetisk særegen bestand i Nidelva.

Det totale antallet smolt som forlater Storelva er tidligere estimert til å ligge et sted mellom 12 000 og 15 000 smolt (Kroglund mfl. 2010, 2011, 2012). Tilsvarende tall for Nidelva er om lag 2 000 (Haraldstad mfl. 2014; Kroglund mfl. 2013). Det er ikke usannsynlig at produksjonen av smolt i Storelva er betydelig høyere en hva elva får tilbake av gytelaks. En hypotese er at små til mellomstore vassdrag kan ha svært stor smoltproduksjon uten at dette gir seg utslag i like store fangster blant sportsfisker og at disse elvene kan være betydelig bidragsyttere til sportsfiskefangstene i naboelver, og også gytebestandene i disse.

Oppvandring av 2SV laks fra 2010 smoltårsklassen sammenfaller med oppgangen av feilvandrede laks til Nidelva i 2014, mens oppvandring av 2SV laks til Storelva var betydelig seinere for 2SV i 2014. Det er vist at økt vannføring kan være en trigger for at laksen forlater kysten for å vandre opp i elvene. Oppvandringssesongen i Storelva 2014 var preget av svært lav vannføring i hele juni, juli og deler av august. De ulike aldersgruppene av laks ankommer kystområden (nær elvemunningen) på relativt lik tid hvert år. Resultatene fra 2014 indikerer at laksen ankom kysten på «normal» tid. Lav vannføring gjorde at laksen vegret seg for å vandre opp ev. ikke fant Storelva pga lav vannføring og heller vandret opp i Nidelva (høyere vannføring). Økt vannføring i august/september trigget oppvandring til Storelva.

Konklusjonen vår er at lav vannføring om sommeren førte til sen oppvandring av gytelaks til Storelva. Det er en god sammenheng mellom vannføring og sportsfiskefangst i små til mellomstore vassdrag på Sørlandet (bla. Søgneelva, Audna og Lygna). Og i slike år er det ofte gode fangster i de større elvene med høyere og mer stabil vannføring (f.eks Otra og Mandalselva). Det er viktig å forstå denne dynamikken slik at vi høster bestandene riktig. Det vil si at ved lav vannføring i små til mellomstore vassdrag vil fisken vandre opp etter fiskesesongen. Dette gir seg utslag i lave sportsfiskefangster. Sportsfiskefangstene danner bakgrunn for det estimerte gytebestandsmålet. Lavt estimert GBM gir begrensninger på fiske. Dette vil være en ond spiral basert på feil bakgrunnstall (sportsfiske som indikator på GBM). PIT-merking av smolt og registrering av tilbakevandring vil gi økt kunnskap om dette.

Referanser

- Anon. 2012. Lakselus og effekter på vill laksefisk – fra individuell respons til bestandseffekter. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3, 56 s.
- Bjerknes, V., Fyllingen, I., Holtet, L., Teien, H.C., Rosseland, B.O. and Kroglund, F., 2003. Aluminium in acidic river water causes mortality of farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Norwegian fjords. *Marine Chemistry*, 83(3-4): 169-174.
- Bjerknes, V., Kroglund, F., Åtland, Å., Barlaup, B.T. and Stefansson, S., 2008. Aluminium som trusselfaktor i brakkvann. I: Barlaup, Bjørn T. (redaktør). Nå eller aldri for Vossolaksen – anbefalte tiltak med bakgrunn i bestandsutvikling og trusselfaktorer . DN-utredning 2008-9.
- Bjerknes, V., Åtland, Å., Kristensen, T., Kroglund, F., 2005. Eksponering av torsk i estuarine blandsoner. Effekter av lav salinitet og aluminium. NIVA. Rapport 1. nr OR-5032. 17 s.
- Bjørn, P.A., Finstad, B., Nilsen, R., Uglem, I., Asplin, L., Skaala, Ø., Boxaspen, K.K. and Øverland, T., 2009. Nasjonal lakselusovervåking 2008 på ville bestander av laks, sjøørret og sjørøye langs Norskekysten samt i forbindelse med evaluering av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder. NINA Rapport 447: 52 pp.
- Carlin, B., 1969. Salmon tagging experiments. . Swedish Salmon -Res. Inst. Rep., 3: 8-13.
- Diserud, O.H., Kroglund, F., Teien, H.C. and Tjomsland, T., 2012. Modelling av gjellealuminium.
- Finstad, B., F. Kroglund b, P.A.B.c., R. Nilsen c, K. Pettersen a, B.O. Rosseland d, H.-C. Teien d, T.O. Nilsen e, and S.O. Stefansson e, B.S.d, P. Fiske a, L.O.E. Ebbesson e,f, 2012. Salmon lice-induced mortality of Atlantic salmon postsmolts experiencing episodic acidification and recovery in freshwater. *Aquaculture* 362–363 (2012) 193–199.
- Finstad, B., Iversen, M. and Sandodden, R., 2003. Stress-reducing methods for releases of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in Norway. *Aquaculture*, 222(1-4): 203-214.
- Finstad, B. and Jonsson, N., 2001. Factors influencing the yield of smolt released in Norway. *Nordic J. Freshw. Res.*, 75: 37-55.
- Finstad, B., Kroglund, F., Strand, R., Stefansson, S.O., Bjorn, P.A., Rosseland, B.O., Nilsen, T.O. and Salbu, B., 2007. Salmon lice or suboptimal water quality - Reasons for reduced postsmolt survival? *Aquaculture*, 273(2-3): 374-383.
- Gunnerød, T., Hvidsten, N. and Heggberget, T., 1988. Open sea releases of Atlantic salmon smolts, *Salmo salar*, in central Norway, 1973-83. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 45(8): 1340-1345.
- Haraldstad, T., Güttrup, J. 2015. Sjøoverlevelse til sjøaure i Storelva –En oppsummering av resultater fra Pit-merkeforsøk. NIVA-rapport under arbeid.
- Haraldstad, T., Güttrup, J., Haugen, T. O. 2014. Smoltutvandring i Nidelva 2014 –Utprøving av tiltak for nedvandrende laksesmolt ved Rygene kraftverk. NIVA-rapport 6760, 39 s.
- Haraldstad, Ø. and Matzow, D., Hesthagen, T.H., Haugland, S., Barlaup, B.T., Hindar, A., Hindar, K., Johnsen, B.O., Kroglund, F., Langåker, R.M., Larsen, B.M., Sandøy, S. & Balstad, T. , 2005. Strategies for re-establishing Atlantic salmon (*Salmo salar*) in two limed rivers in southern Norway Poster. 7th International Conference on Acid Rain, Prague, Czech Republic June 12-17, 2005
- Heggberget, T.G., Hvidsten, N.A., Gunnerød, T.B. and Mokkalgerd, P.I., 1991. Distribution Of Adult Recaptures From Hatchery-Reared Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*) Smolts Released In And Offshore Of The River Surna, Western Norway. *Aquaculture*, 98(1-3): 89-96.
- Hesthagen, T. and Hansen, L.P., 1991. Estimates of the annual loss of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in Norway due to acidification. *Aquacult.Fish.Manage.*, 22: 85-91.
- Hesthagen, T., Larsen, B.M. and Fiske, P., 2011. Liming restores Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations in acidified Norwegian rivers. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences*, 68(2): 224-231.
- Hvidsten, N.A, Heggberget, T. G. Jensen, A. J. 1998 Sea Water temperatures at Atlantic Salmon smolt entrance. *Nordic Journal of Freshwater Research* 74: 79-86

- Hvidsten, N.A., Finstad, B., Kroglund, F., Johnsen, B.O., Strand, R., Arnekleiv, J.V. and Bjorn, P.A., 2007. Does increased abundance of sea lice influence survival of wild Atlantic salmon post-smolt? *Journal of Fish Biology*, 71(6): 1639-1648.
- Hyne, R.V. and Wilson, S.P., 1997. Toxicity of acid-sulphate soil leachate and aluminium to the embryos and larvae of Australian bass (*Macquaria novemaculeata*) in estuarine water. *Environ. Pollution*, 97: 221-227.
- Jonsson, B., and N. Jonsson. 2004. Factors affecting marine production of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 61(12):2369-2383.
- Jonsson, B., and N. Jonsson. 2011. Recruitment, Mortality and Longevity. Pages 415-471 *in Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout*, volume 33. Springer Netherlands.
- 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 l. nr OR-6085. 31 s.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Güttrup, J. 2014 Sjøoverlevelse til smolt eksponert for aluminium i brakkvann Tilbakevandring av gytelaks til Storelva i 2010-2013. NIVA-rapport 6663 56 s.
- Kroglund, F. and Finstad, B., 2003. Low concentrations of inorganic monomeric aluminum impair physiological status and marine survival of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 222(1-4): 119-133.
- Kroglund, F., Finstad, B., Stefansson, S.O., Nilsen, T.O., Kristensen, T., Rosseland, B.O., Teien, H.C. and Salbu, B., 2007a. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture*, 273(2-3): 360-373.
- Kroglund, F., Guttrup, J., Kleiven, E., Stefansson, S., Barlaup, B. and Teien, H.C., 2007b. Aluminium, et miljøproblem for laks i Sandnesfjorden, Aust-Agder? NIVA rapport 5366-2007: 47.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Haugem, T., Rosten, C., Hawley, K., Guttrup, J. and Johansen, Å., 2012. Påvirkning av laksemolt av aluminium i brakkvann? Gjenfangst av oppvandrende laks merket og satt ut som smolt i Storelva i Holt, Aust-Agder i 2009 og 2010. . NIVA rapport 6291. 45 s.
- Kroglund, F., Rosseland, B.O., Teien, H.C., Salbu, B., Kristensen, T. and Finstad, B., 2008. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminum simulating episodes. *Hydrology And Earth System Sciences*, 12(2): 491-507.
- Kroglund, F., Teien, H.C., Rosseland, B.O. and Salbu, B., 2001. Time and pH-Dependent detoxification of aluminum in mixing zones between acid and non-acid rivers. *Water Air And Soil Pollution*, 130: 905-910.
- Kroglund, F., Wright, R.F. and Burchart, C., 2002. Acidification and Atlantic salmon: critical limits for Norwegian rivers. NIVA-rapport nr. 4501: 61pp.
- Kroglund, F., Åtland, Å., Bjercknes, V. and Barlaup, B.T., 2004. Aluminium som trusselfaktor i brakkvann. Vossolaksen, bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak. DN Utredning 2004-7.
- Lundqvist, H., S. McKinnell, H. Fångstam, and I. Berglund. 1994. The effect of time, size and sex on recapture rates and yield after river releases of *Salmo salar* smolts. *Aquaculture* 121(1-3):245-257.
- McCormick, S.D., Lerner, D.T., Monette, M.Y., Nieves-Puigdoller, K., J.T., K. and Björnson, T.B., 2009. Taking It with You When You Go: How Perturbations to the Freshwater Environment, Including Temperature, Dams, and Contaminants, Affect Marine Survival of Salmon. *American Fisheries Society Symposium* 69:195-214, 2009, 69: 195-214.
- Moore, A., A.P. Scott, N. Lower, I. Katsiadaki, and L. Greenwood, 2003. The Effects of 4-Nonylphenol and Atrazine on Atlantic Salmon (*Salmo salar* L) Smolts. *Aquaculture* 222:253-263.
- Moore, A., Lower, N., Mayer, I. and Greenwood, L., 2007. The impact of a pesticide on migratory activity and olfactory function in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts. *Aquaculture* 273 (2007), 273: 350-359.
- Otero, J., Jensen, A.J., L'Abée-Lund, J.H., Stenseth, N.C., Storvik, G.O. and Vøllestad, L.A., 2011. Quantifying the Ocean, Freshwater and Human Effects on Year-to-Year Variability of One-Sea-Winter Atlantic Salmon Angled in Multiple Norwegian Rivers. *PLoS One*, 6(8): e24005.
- Rosseland, B.O., Bjercknes, 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 (Bjercknes, V., red), Juul forlag, pp 9-55.

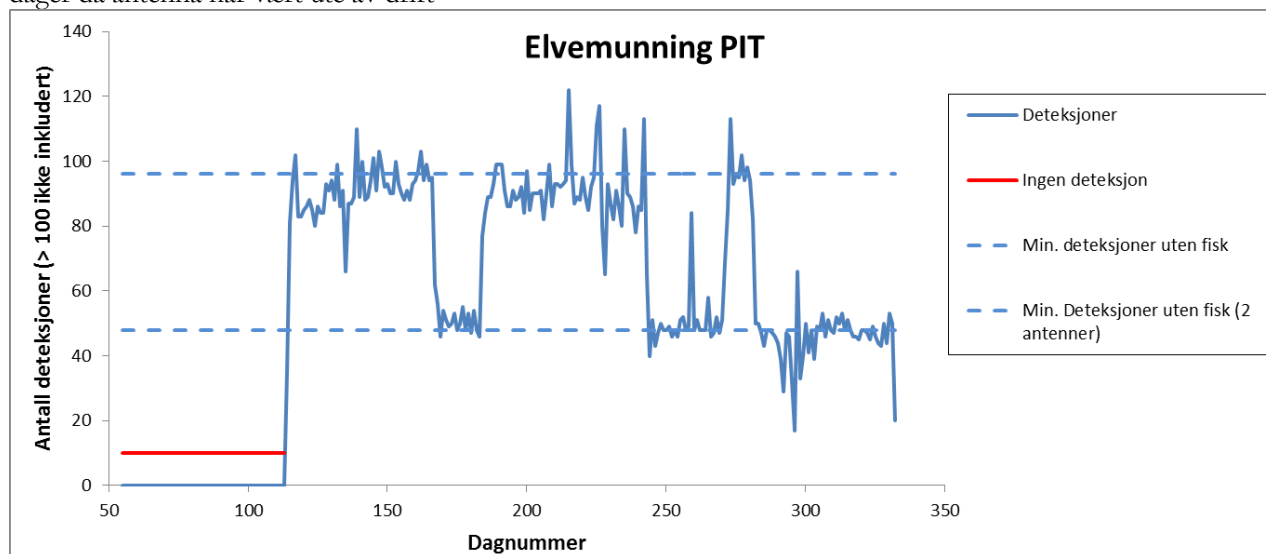
- Rosseland, B.O. and Kroglund, F., 2010. Ecological consequences of pollution: lessons from acidification and pesticides. I: Salmon Ecology (Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skuldal, J. red). . Wiley, Blackwell Publishing Ltd. ISBN: 978-1-4051-9769-4. 496 s.
- Rosseland, B.O., Salbu, B., Kroglund, 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*.
- Staurnes, M., Hansen, L.P., Fugelli, K. and Haraldstad, O., 1996. Short-term exposure to acid water impairs osmoregulation, seawater tolerance, and subsequent marine survival of smolts of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can.J.Fish.Aquat.Sci*, 53, no. 08: 1695-1704.
- Staurnes, M., Kroglund, F. and Rosseland, B.O., 1995. Water quality requirement of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in water undergoing acidification or liming in Norway. *Water Air And Soil Pollution*, 85: 347-352.
- Teien, H.C., André, 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 l. nr OR-6049. 31 s.
- White GC, Burnham KP. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46: 120-139.
- Wilson, S.P. and Hyne, R.V., 1997. Toxicity of acid-sulfate soil leachate and aluminum to embryos of the Sydney Rock oyster. *Ecotoxicology And Environmental Safety*, 37(1): 30-36.

Vedlegg A

Deteksjon på PIT-antenn

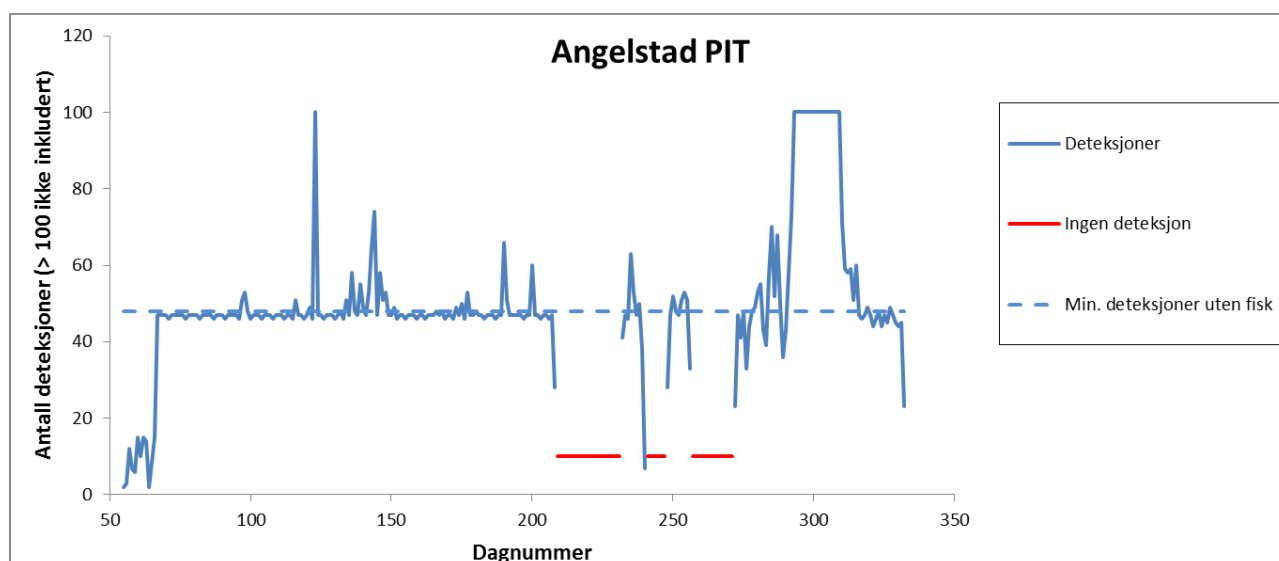
Elvemunning (PIT-1870)

Antall deteksjoner per dag. Deteksjoner rundt 96 indikerer at begge de to antennene har fungert som normalt. Deteksjoner rundt 48 indikerer at kun en av antenne har vært i drift. For 2014 skyldes dette hovedsakelig at merker-taggen gikk tom for batteri (antennen fungerte, men indikatoren fungerte ikke). Et høyere antall deteksjoner indikerer at det har vært fiskepasseringer denne dagen. Røde streker indikerer dager da antenne har vært ute av drift



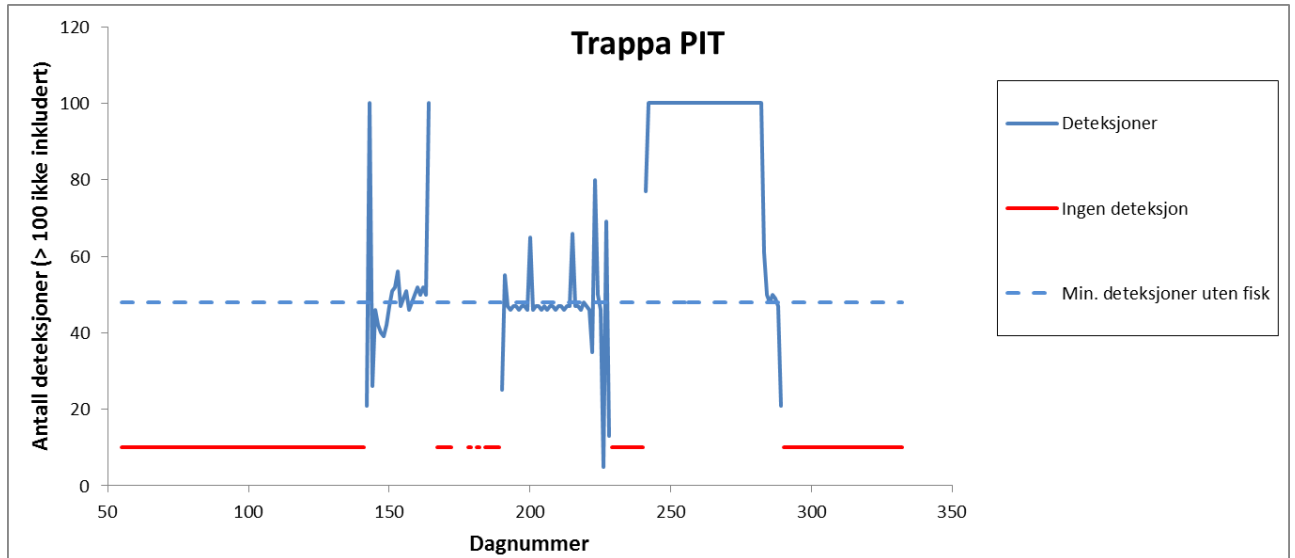
Angelstad

Antall deteksjoner per dag. Deteksjoner rundt 48 angir at antennen har fungert som normalt. Et høyere antall deteksjoner indikerer at det har vært fiskepasseringer denne dagen. Røde streker indikerer dager da antenne har vært ute av drift



Trappa

Antall deteksjoner per dag. Deteksjoner rundt 48 angir at antennen har fungert som normalt. Et høyere antall deteksjoner indikerer at det har vært fiskepasseringer denne dagen. Antennen ved laksetrappa ble frastjålet i slutten av oktober. Røde streker indikerer dager da antenna har vært ute av drift



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