

Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner

Smoltårgang 2020



HovedkontorGautstadalleen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Region Sør**Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Region Innlandet**Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Region Vest**Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00**NIVA Danmark**Ørestads Boulevard 73
DK-2300 Copenhagen
Telefon (45) 8896 9670Internett: www.niva.no

Tittel Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende tiltak mot estuarine blandsoner. Smoltårgang 2020	Løpenummer 7560-2020	Dato 07.12.2020
Forfatter(e) Tormod Haraldstad Kurt Johansen Jim Güttrup	Fagområde Kalking og forsuring	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Agder	Sider 15

Oppdragsgiver(e) Fylkesmannen i Aust- og Vest-Agder	Oppdragsreferanse Fredrik Gustavsen
	Utgitt av NIVA Prosjektnummer 200127

Sammendrag

I handlingsplanen for kalking av Storelva er estuarine blandsoner med giftig aluminium anført som en utfordring for laksebestanden i elva. Inntil videre betraktes fangst av nedvandrende smolt med påfølgende sleping ut fjorden som en del av kalkingsstrategien. I 2020 ble det fanget totalt 2044 laksesmolt gjennom hele utvandningsperioden, 1627 ved Fosstveit og 417 ved elvemunningen. Lav vannføring i Storelva i april og mai 2020 førte til at saliniteten i de ytre fjordområdene var høy mens den innerst i Songevann var noe lavere, og antagelig på et nivå der en vil forvente at aluminium vil være akkumulerbar på gjeller til utvandrende laksesmolt. Dette vil føre til redusert sjøoverlevelse til naturlig utvandrende smolt. Som et tiltak mot dette ble det derfor gjennomført transport (4 slep, 1 biltransport) med tilsammen 1948 laksesmolt. Vi vil forvente økt sjøoverlevelse for årets smoltårgang som følge av transporten som ble utført. Fangst og slep av laksesmolt er tidkrevende og krever personell med kunnskap og erfaring med denne type arbeid. Vi vil likevel anbefale dette som tiltak ettersom behandling av elvevannet med silikat vil være betydelig mer komplisert og kostnads-krevende.

Fire emneord	Four keywords
1. Laks	1. Atlantic salmon
2. Avbøtende tiltak	2. Mitigation measure
3. Brakkvann	3. Estuary
4. Aluminium	4. Aluminum

Denne rapporten er kvalitetssikret iht. NIVAs kvalitetssystem og godkjent av:

Tormod Haraldstad
Prosjektleder/Hovedforfatter

Trine Dale
Forskningsleder

ISBN 978-82-577-7295-6
NIVA-rapport ISSN 1894-7948

© Norsk institutt for vannforskning. Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse.

**Slep av laksesmolt fra Storelva som avbøtende
tiltak mot estuarine blandsoner
Smoltårgang 2020**

Forord

NIVA ble bedt om å fortsette sin aktivitet i Storelva i 2020. Fylkesmannen ønsket at vi skulle fange og transportere smolt forbi områder med gjedde, samt områder med giftig aluminium i brakkvann. Data skulle samrapporteres med tidligere utvandringsdata fra Storelva (siden 2005) for å danne en del av kunnskapsgrunnlaget knyttet til smoltutvandring. Vår kontaktperson hos Fylkesmannen i Agder har vært Fredrik Gustavsen. Vi vil takke for oppdraget, og for godt samarbeid.

Grimstad, 24.11. 2020

Tormod Haraldstad

Sammendrag

I handlingsplanen for kalking av Storelva (Vegårvassdraget) er estuarine blandsoner med giftig aluminium anført som en utfordring for laksebestanden i Storelva. Det er derfor et ønske om å transportere smolten gjennom områder som kan være skadelige. Erfaringene tilsier at slep av smolt gjennom problemområdene er den foretrukne metoden. Gjedde i vassdraget er videre en utfordring for smoltoverlevelse mellom Fosstveit og elvemunningen. Transport av fisk forbi gjeddeområdene vil øke overlevelsen ut vassdraget. Inntil videre betraktes fangst av nedvandrende smolt med påfølgende sleping ut fjorden som en del av kalkingsstrategien for Storelva. NIVA fikk oppdraget med å gjennomføre fangst og slep av smolt i 2020.

Det ble fanget totalt 2044 laksesmolt gjennom hele utvandningsperioden, 1627 ved Fosstveit og 417 ved elvemunningen. Totalantallet er på nivå med det foregående år, men andelen som er tatt ved Fosstveit er høyere enn i 2018. Utvandningsforløpet våren 2020 var relativt tidlig og preget av lav vannføring med en tydelig smoltutvandringstopp under den lille flommen i månedsskifte april-mai.

Smolt fanget ved Fosstveit ble transportert i kar til elvemunningen der de ble satt over i slepebur. Smolt som ble fanget i smoltskruen ved elvemunningen ble satt direkte over i slepeburet. Buret ble slept etter motorbåt gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før buret ble åpnet i Sandnesfjorden. Smolten ble sluppet i saltvann med over 20 promille. Det ble gjennomført 4 slep med til sammen 1389 laksesmolt i tillegg ble 565 smolt transportert med bil og sluppet i Lagstrømmen. Høy utvandring i løpet av få dager førte til at vi måtte transportere noe fisk med bil for å unngå at mye smolt ble stående å «vente» på transport.

Lav vannføring i Storelva under smoltutvandringen førte til at saliniteten i de ytre fjordområdene var høy, og over det nivået en vil forvente at tilstandsformen til aluminium vil være akkumulerbar på fiskegjelle. De indre fjordområder hadde likevel lavere salinitet og antagelig på et nivå der en vil forvente at aluminium vil være akkumulerbar på gjeller til utvandrende laksesmolt. Tidligere forsøk har påvist redusert sjøoverlevelse hos laksesmolt som vandrer gjennom fjorden under slike forhold. Vi vil derfor forvente økt sjøoverlevelse for årets smoltårgang som følge av slepene som ble utført. Fangst og slep av laksesmolt er tidkrevende og krever personell med kunnskap og erfaring med denne type arbeid. Vi vil likevel anbefale dette som tiltak siden behandling av elvevannet med silikat vil være betydelig mer kostnadskrevende.

Summary

Title: Towing of Atlantic salmon smolts from River Storelva as a mitigation measure –Smolt cohort 2020

Year: 2020

Author: Tormod Haraldstad, Kurt Johansen and Jim Güttrup

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN 978-82-577-7295-6

Aluminum (Al) in estuaries is known to affect fish health and survival within aquaculture pens. NIVA have provided information demonstrating how Al originating in freshwater is mobilized to toxic forms of Al that can accumulate on fish gills at increasing salinities. Gill-Al concentrations increase rapidly when salinity is in the range from 1 to 4 psu. Moreover, concentrations decrease when salinity increases from 5 to 7 psu, and drop to low levels at salinities higher than 10 psu. Survival is reduced when the gill-Al concentrations are high. Telemetry studies performed in 2007 and 2008 demonstrated that fewer smolts migrated through the fjord and reached saline coastal waters when the inner basin contained brackish water. Later tag-recapture studies from River Storelva have documented that Al in the estuaries could reduce smolt-to-adult survival of wild Atlantic salmon. To mitigate this problem and increase smolt survival, we caught and towed smolts by boat past the inner fjord basin that contained brackish water and released them in the Sandnesfjorden with salinities above 20. A total of 1948 Atlantic salmon smolts were transported during the 2020 smolt run. The total number of smolts caught at the two catch stations seems to stabilize around 2000 individuals annually in River Storelva.

Innholdsfortegnelse

1 Innledning	5
2 Områdebeskrivelse	6
3 Metoder	7
4 Resultater	9
4.1 Smoltutvandring 2020	9
4.2 Salinitet i fjorden	13
5 Diskusjon	14
6 Referanser	15

1 Innledning

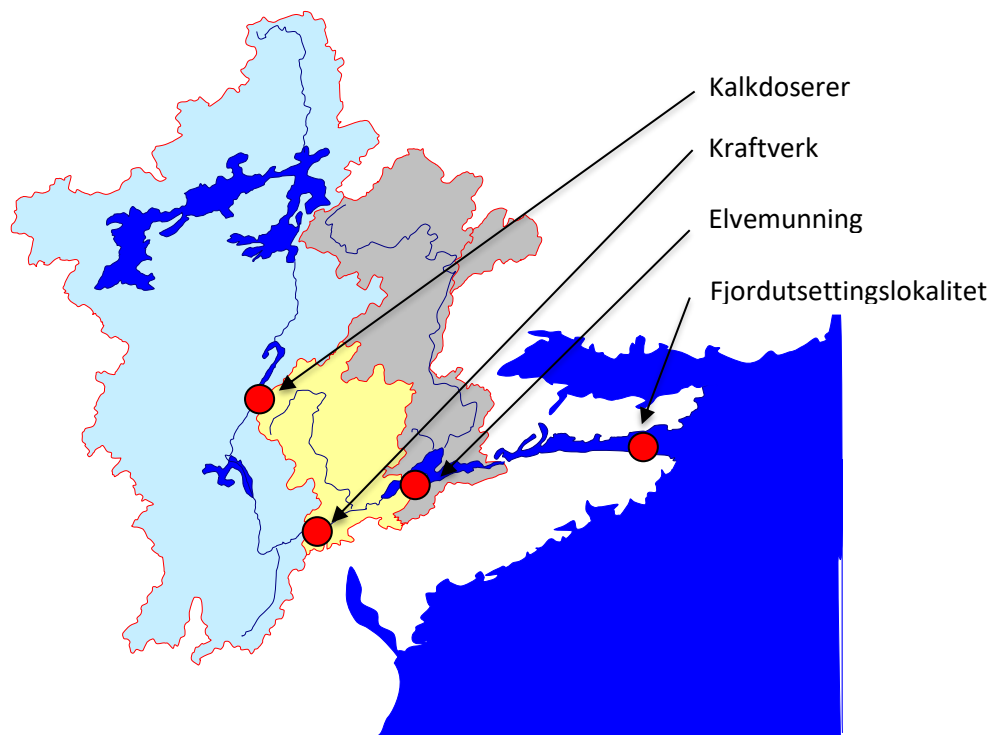
I forsurede vassdrag som Storelva mobiliseres det aluminium (Al) fra nedbørfeltet som en del av forsuringsprosessen. Al i vann kan foreligge på ulike tilstandsformer, som blant annet er regulert av vannets pH og innhold av humus og partikler. Storelva har i lang tid vært kalket for å avgifte Al. Kalkingen sørger for en pH-økning som igjen transformerer lavmolekylære monomere former av Al til ikke gjellereaktive polymerer. Det er observert at Al som er bundet til organiske eller uorganiske overflater, eller Al-polymerer dannet ved kalking, kan mobiliseres til gjellereaktive former ved innblanding av sjøvann (Teien et al. 2006). Undersøkelser av mobilisering av bioreaktivt Al har vist at akkumuleringen av Al på fiskegjeller er høyest når saliniteten er i området 1-10 psu (Kroglund et al. 2011).

Den første dokumentasjonen på at Al i brakkvann kan drepe fisk stammer fra 1993 ved Marine Harvest sitt oppdrettsanlegg ytterst i Fedafjorden (Rosseland 2005). 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). Laksen har ulike toleransegrenser for dårlig vannkjemi i ulike deler av livssyklusen, der smoltstadiet er det mest utsatte. Variasjon i individuelt vandringmønster og den dynamiske utbredelsen av kritisk vannkjemi gjør det komplisert å dokumentere effekter på sjøoverlevelse hos utvandrende vill smolt. Resultater fra undersøkelser i Sandnesfjorden utenfor Storelva indikerer likevel at smolt eksponert for akkumulert Al i brakkvann hadde redusert sjøoverlevelse og brukte lang tid på å forlate de nære fjordområdene (Kroglund mfl, 2011ab). Graden av belastning vil variere mellom år på grunn av variasjoner i smoltutvandringstidspunkt og utbredelsen til det kritiske salinitetsnivået (Kroglund et al. 2011ab; 2012, 2013).

I handlingsplanen for kalking av Vegårvassdraget er estuarine blandsoner anført som en utfordring for laksebestanden i Storelva. Vannkjemiske tiltak for å unngå dette problemet kan være å tilsette natrium-silikat i ellevannet for å kompleksbinde Al. Denne metoden vurderes i dag som en for usikker og kostbar metode i større vassdrag. Dette tiltaket er derfor utsatt. En metode som sikrer at fisken hjelpes ut av/forbi fjorden er å transportere smolt forbi problemområdene. Transport kan foregå med bil, alternativt som slep. Begge er utprøvd som årlige tiltak siden 2010. Erfaringene tilsier at slep av smolt gjennom problemområdene er den foretrukne metoden. Slep gir antagelig bedre pregning for smolt slik at feilvandringen minimeres. Samtidig er aluminiumspåslag på gjellene dynamisk, og selv om fisken skulle få noe påslag under slep, vil dette raskt normaliseres når saliniteten økes til over 10 psu. Gjerdde i vassdraget er en utfordring for smoltoverlevelse mellom Fosstveit og elvemunningen (Kristensen mfl. 2010; Haraldstad mfl. 2020). Transport av fisk forbi gjerddeområdene vil øke overlevelsen ut vassdraget. Inntil videre betraktes fangst av nedvandrende smolt med påfølgende sleping ut fjorden som en del av kalkingsstrategien for Storelva. NIVA hadde oppdraget med å gjennomføre fangst og slep av smolt i 2020.

2 Områdebeskrivelse

Vegårvassdraget (Storelva) ligger i Agder og munner ut i Sandnesfjord-systemet (Songevann-Nævestadfjorden-Sandnesfjorden) 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 (**Figur 1**). Begge elvene påvirker 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 det til tidligere rapporter fra prosjektet (f.eks. Kroglund mfl. 2013).



Figur 1. Kart over Storelva med nedbørfelt, fjordsystemet og kystlinjen. Felt farget lyseblått 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

Fangst av laksesmolt i sideløpet ved Fosstveit kraftverket

Smolt kan passere Fosstveit kraftverket ved å benytte seg av en fluktrute (H:41cm, B:68cm) eller den kan følge hovedvannstrømmen gjennom kraftverksturbinen. Andelen av smolten som bruker fluktruten ligger i størrelsesorden 60-90 % (Haraldstad mfl. 2018). Fisken som benytter fluktruten ble fanget i et oppsamlingsbasseng. Vi har montert en rist i utløpet av oppsamlingsbassenget slik at smolt kan vandre videre over en vannavskiller (Wolf-felle), og over i et oppsamlingskar (**Figur 2**). Vinterstøinger (utgytt fisk) ble værende igjen i oppsamlingsbassenget. Oppsamlingskaret ble røktet daglig og laksesmolten ble transportert med bil til elvemunningen og flyttet over i en slepekasse i påvente av slep.



Figur 2. Fosstveit kraftverk med fluktrute for utvandrende smolt, oppsamlingsbasseng, Wolf-felle og oppsamlingskar for smolt (Foto: T. Haraldstad).

Fangst av laksesmolt i smoltskrue ved Elvemunningen (Strømmen)

Smoltskruen står plassert i elvemunningen der elva renner inn i Songevatn (**Figur 3**). Denne lokaliteten er benyttet siden 2005. For utfyllende detaljer se f.eks. Kroglund mfl. (2010). Fangsteffektiviteten for laksesmolt er omkring 20 %, men vil variere med vannføring og elvetemperatur (Haraldstad mfl. 2016).



Figur 3. Elvemunningen av Storelva (Strømmen) med smoltskrue for fangst av utvandrende smolt (Foto: T. Haraldstad).

Slep av laksesmolt ut fjorden

Det ble gjennomført slep omtrent hver tredje dag avhengig av antall fisk som ble fanget. Buret ble slept etter motorbåt ved 2-3 knops fart gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen. Det ble ikke observert dødelighet på smolt under slepet. Slepet tok omtrent 1,5 t før smolten ble sluppet i saltvann med 13 til 23 promille i Sandnesfjorden.

Fysisk-kjemiske data

Vannføring og vanntemperaturdata for Storelva ble hentet fra NVEs overvåkningsstasjon 18.4.0 og 18.13.0. Salinitetsmålinger er hentet fra NIVAs overvåkningsstasjoner ved Kviteberg i Nævestadfjorden.

4 Resultater

4.1 Smoltutvandring 2020

Smoltskruen i elvemunningen (Strømmen) ble satt i drift 15.04 og Wolf-fella ved Fosstveit den 19.04. Dette er svært tidlig sammenliknet med mange av de tidligere årene, kun i 2012 var fella ute tidligere. Tidlig vår med høye temperaturer var årsaken til den tidlige oppstarten (**Figur 4**).

Utvandringsforløpet våren 2020 var relativt tidlig og preget av lav vannføring med en tydelig smoltutvandringstopp under den lille flommen i månedsskifte april-mai.

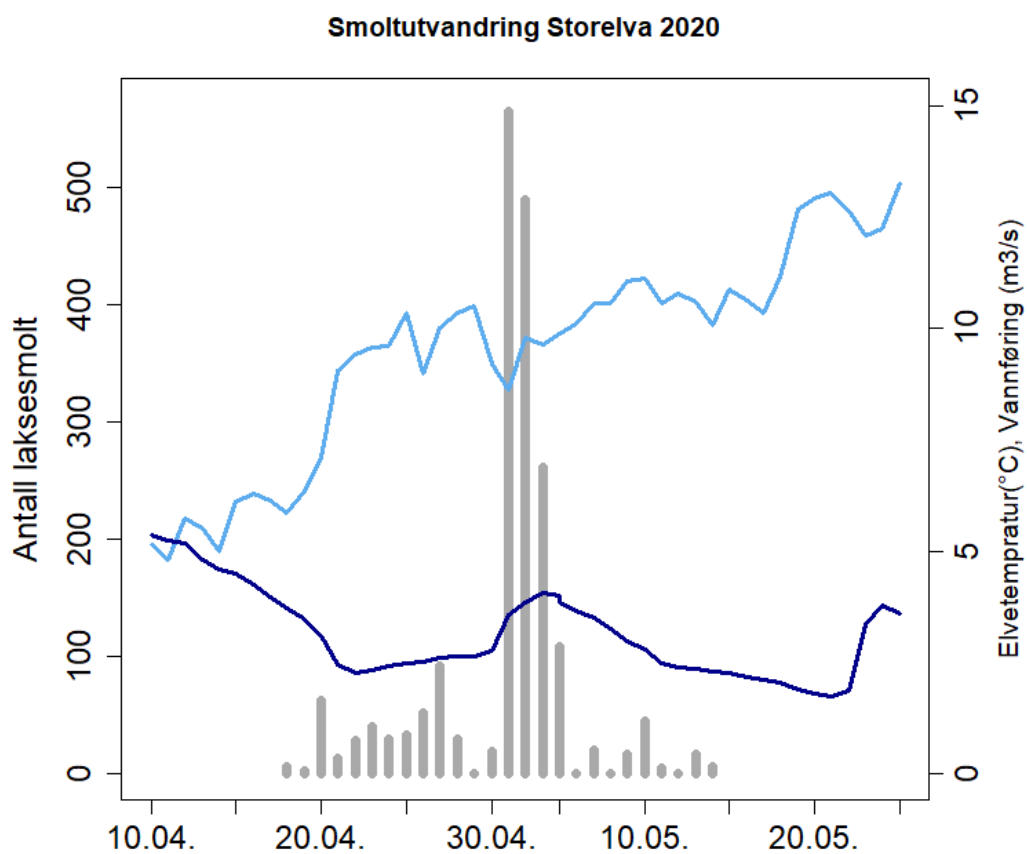
Kraftverket ble satt ut av drift i perioden 20.04-01.05 på grunn av lav vannføring. Fangst av smolt i felle på Fosstveit var fremdeles mulig, men den tydelige vannstrømmen mot kraftverksinntaket uteble og vi antar at den del smolt kan ha vandret over damkronen uten å bli fanget. Høye fangster i dagene etter at kraftverket startet opp (01-03.05) kan indikere at en del smolt også kan ha blitt stående å vente i inntaksbassenget oppstrøms dammen, alternativt er økt vannføring i seg selv en trigger for at smolten har startet vandringen fra områdene høyere opp i vassdraget.

Det er utfordrende å fange fisk når utvandringstoppen kommer så konsentrert i tid og under en flom. Ved høy vannføring vil fangsteffektiviteten gå ned. I tillegg vil det bli svært høy vannhastighet inni fella og trær og greiner kan sette dem ut av drift.

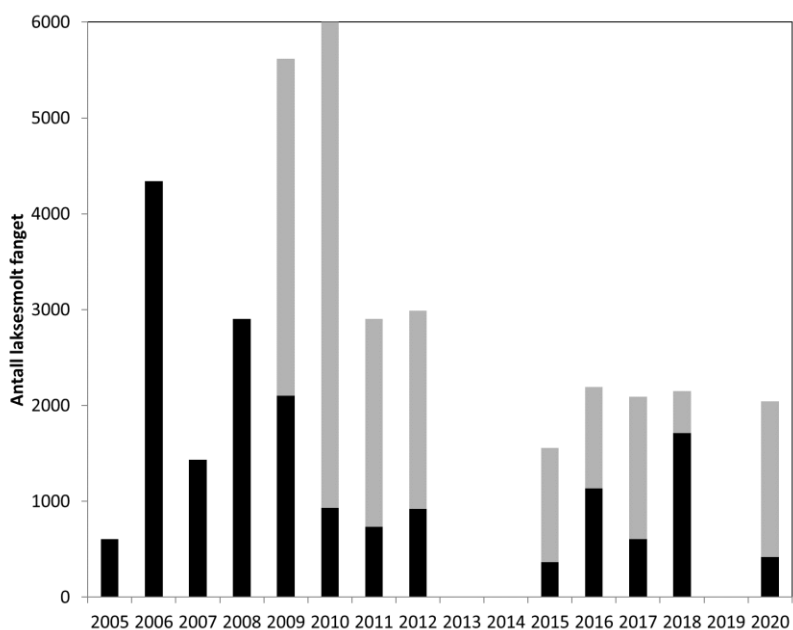
Det ble fanget totalt 2044 laksesmolt gjennom hele utvandringsperioden, 1627 ved Fosstveit og 417 ved Strømmen. Totalantallet er på nivå med det foregående år (**Figur 5**).

Halvparten av smolten hadde vandret ut innen 02.05 (**Figur 6**). Dette er relativt tidlig og seks dager tidligere enn gjennomsnittet for de siste 11 årene. Selve utvandringsforløpet var relativt kortvarig og har nok en sammenheng med den lille flomtoppen som kom på et tidspunkt da elvetemperaturen var såpass høy at hovedandelen av smolten var klar for å vandre. Også i år ser vi en god sammenheng mellom utvandringstidspunktet og elvetemperaturen (**Figur 7**). I gjennomsnitt starter smoltutvandringen (dagen for 25 % akkumulert utvandring) 14 dager (SD 4.9) etter at elvetemperaturen har passert 6 grader, i 2020 tok det 16 dager.

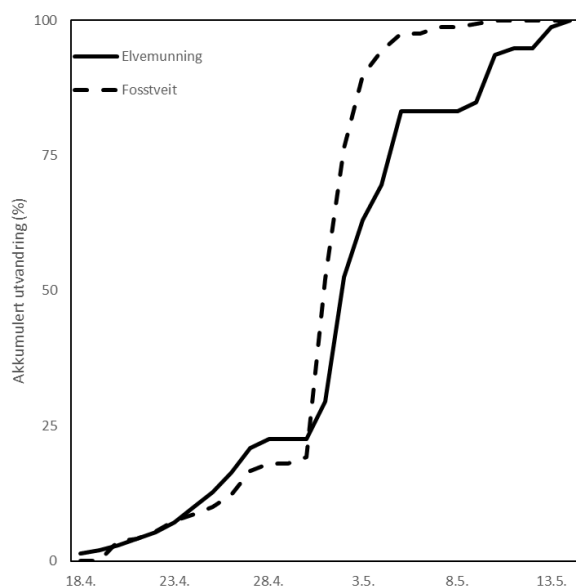
Smolt fanget ved Fosstveit ble transportert i kar til elvemunningen der de ble satt over i slepebur. Smolt som ble fanget i smoltskruen ved elvemunningen ble satt direkte over i slepeburet. Buret ble slept etter motorbåt gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før buret ble åpnet i Sandnesfjorden. Smolten ble sluppet i saltvann over 20 promille. Det ble gjennomført 4 slep med til sammen 1389 laksesmolt i tillegg ble 565 smolt transportert med bil og sluppet i lagstrømmen (**Tabell 1**). Høy utvandring i løpet av få dager førte til at vi måtte transportere noe fisk med bil for å unngå at mye smolt ble stående å «vente» på transport.



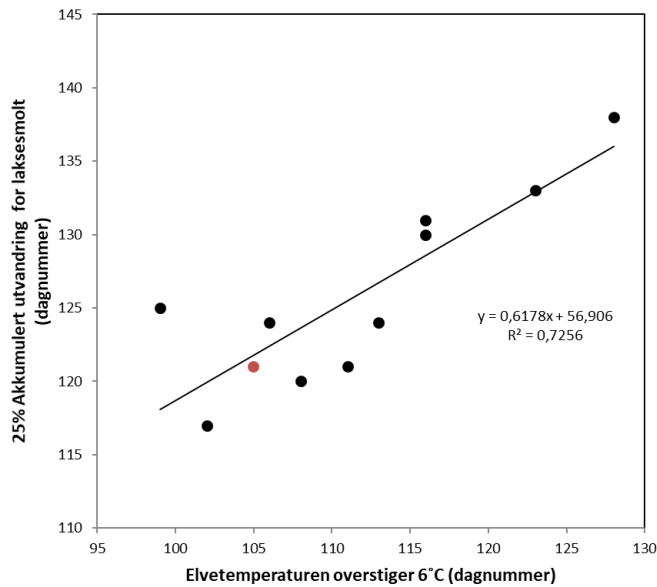
Figur 4. Antall laksesmolt (grå søyler) fanget ved Fosstveit og Strømmen, med vannføring (mørk blå) og elvetemperatur (lys blå) i Storelva våren 2020.



Figur 5. Antall smolt fanget i smoltskruen ved elvemunningen (svart) og oppstrøms (grå). Det er brukt samme felle ved elvemunningen hvert år (ikke 2005) plassert på samme lokalitet. Fangsteffektivitet for denne fella ligger rundt 20 %, men vil kunne variere mellom år. Antall fangstlokaliteter oppstrøms og hvor mye fisk som er transportert ut elva varierer mellom år (totalfangst i 2010 var 11700).



Figur 6. Akkumulert smoltutvandring ved Fosstveit (stiplet linje) og elvemunningen (heltrukken linje).



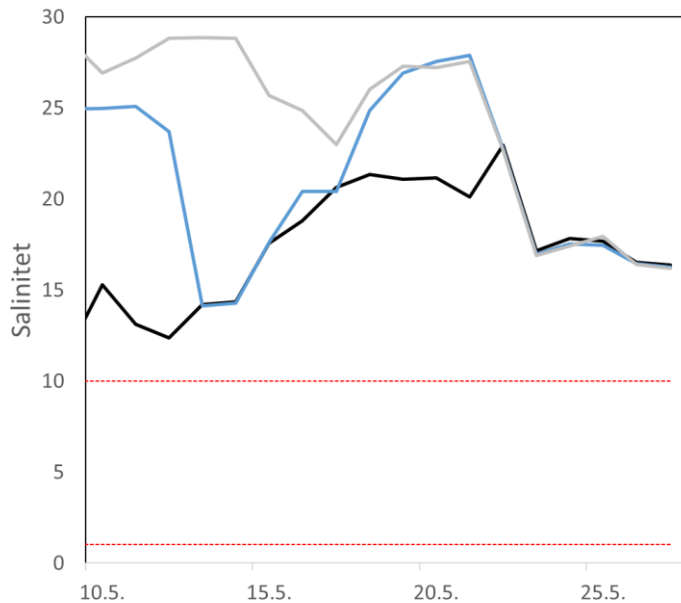
Figur 7. Sammenhengen mellom elvetemperatur (dagnummer der elvetemperaturen passerer 6 grader) og utvandringstidspunkt for laksesmolt (25 % akkumulert utvandring) 2006-2010, 2012, 2015-2018, 2020 (datapunktet for 2020 er illustrert med rødt).

Tabell 1. Antall smolt slept ut fjorden for ulike datoer gjennom smoltutvandringsperioden i 2020. Smolt som ble fanget ved Fosstveit ble kjørt med bil til elvemunningen. Sleppe gikk gjennom Songevann, Nævestadfjorden og Lagstrømmen før fisken ble sluppet i Sandnesfjorden på saliniteter over 20 psu. *Svart mye smolt ble fanget under flomtappen 30.april-02.mai. For å sikre rask transport og minimere «ventetid» i kar, ble 565 smolt kjørt med bil og sluppet ved lagstrømmen.

Slipp dato	Transportert (n)	Salinitet ved slipplokalitet
27.04	263	22,6
01.05	565*	>20
02.05	538	23,2
07.05	492	>20
14.05	90	>20
Sum	1948	

4.2 Salinitet i fjorden

Saliniteten i Nævestadfjorden var så høy at vi ikke vil forvente akkumulering av aluminium på gjeller til utvandrende laksesmolt (**Figur 8**). Feltnmålinger under slep viser likevel saliniteter mellom 1-10 i det indre fjordbassengene Songevann og nær elvemunningen. I Sandnesfjorden var saliniteten derimot høy i den aktuelle perioden (feltnmålinger under slep), slik at en ikke vil forvente belastning på slept fisk som ble sluppet i og like utenfor Lagstrømmen.



Figur 8. Kontinuerlig måling (dag middel) av salinitet på tre dyp i Nævestadfjorden gjennom smoltutvandringsperioden (1m svart, 2.5 m blå og 4 m grå). Stiplede røde linjer indikerer områder (mellom 1 og 10) der aluminium er på tilstandsformen der en forventer belastning på utvandrende smolt.

5 Diskusjon

Lav vannføring under smoltutvandringen i april og mai 2020 førte til at saliniteten i de ytre fjordområdene var høy, og over det nivået en vil forvente at tilstandsformen til aluminium vil være akkumulerbar på fiskegjelle. Indre fjordområder, Songevann, hadde likevel lavere salinitet og antagelig på et nivå der en vil forvente at aluminium vil være akkumulerbar på fiskegjeller. Utvandring gjennom dette fjordområdet vil antagelig være en betydelig belastning for smolten. Tidligere forsøk har påvist redusert sjøoverlevelse hos laksesmolt som vandrer gjennom fjorden under slike forhold. Det ble derfor gjennomført fire slep og en biltransport med tilsammen 1948 vill laksemolt fanget i Storelva. Vi vil forvente økt sjøoverlevelse for smoltårgang 2020 som følge av slepene som ble utført. Fangst og slep av laksesmolt er tidkrevende og krever personell med kunnskap og erfaring med denne type arbeid. Vi vil likevel anbefale dette som tiltak siden behandling av ellevannet med silikat vil være betydelig dyrere.

Utvandringsforløpet til smolten våren 2020 var relativt tidlig og preget av lav vannføring med en tydelig utvandring topp under en liten flom i månedsskifte april-mai. Vanntemperatur ser fremdeles ut til å være en god indikator for når smoltutvandringen starter i Storelva. Det er kostnadsbesparende å etablere en modell for hvilke miljøvariabler som styrer smoltutvandringen i de kalkede elvene slik at perioden med forhøyet pH-mål blir tilpasset fiskens utvandringsforløp samt at feller for fangst av smolt blir satt ut i rett tid.

Antall laksesmolt fanget de siste årene ser ut til å stabilisere seg på rundt 2000 individer. Noe høyere fangst kunne vært oppnådd hvis en hadde unngått driftsstans ved Fosstveit kraftverk. Det er imidlertid vanskelig å gjøre noe med. For lav vannføring tilhører sjeldenhetene i april/mai og har ikke inntruffet tidligere.

6 Referanser

- 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.
- Haraldstad, T., Kroglund, F., Kristensen, T., Jonsson, B., & Haugen, T. O. (2016). Diel migration pattern of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and sea trout (*Salmo trutta*) smolts: an assessment of environmental cues. *Ecology of Freshwater Fish*.
- Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Haugen, T. O., & Forseth, T. (2018). Common mechanisms for guidance efficiency of descending Atlantic salmon smolts in small and large hydroelectric power plants. *River Research and Applications*, 34(9), 1179-1185.
- Haraldstad, T., Höglund, E., Kroglund, F., Olsen, E. M., Hawley, K. L., & Haugen, T. O. (2020). Anthropogenic and natural size-related selection act in concert during brown trout (*Salmo trutta*) smolt river descent. *Hydrobiologia*, 1-14.
- Kristensen, T. and Rustadbakken, A., Kroglund, F., Guttrup, Jim., Johansen, Åsmund., Hawley, K., Rosten, C., Kjøsnes, Arne Jørgen., 2010. Gjeddas betydning som predator på laksemolt: Populasjonsstørrelse, adferd og predasjonsomfang på laksemolt i Storelva, Aust-Agder.. NIVA. Rapport I. nr OR-6085. 31 s.
- Kroglund, F., 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. Påvirkes laksemolt av aluminium i brakkvann? Gjenfangst av oppvandrende laks merket og satt ut som smolt i Storelva i Holt, Aust-Agder i 2009 og 2010. . NIVA rapport 6291. 45 s.
- Rosseland, B.O., Bjerknes, V., Guldberg, 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 produksjonsslidelse eller tap av fisk. I: Vannkvalitet og smoltproduksjon (Bjerknes, V., red), Juul forlag, pp 9-55.
- Rosseland BO. 2005. Vann og gjelleanalyser av laks i forbindelse med fiskedød i Fedafjorden. NIVAnotat.
- Teien, H. C., Standring, W. J., & Salbu, B. (2006). Mobilization of river transported colloidal aluminium upon mixing with seawater and subsequent deposition in fish gills. *Science of the total environment*, 364(1), 149-164.
- Tjomsland, T. and Kroglund, F., 2010. Modelling av strøm og saltholdighet i Sandnesfjorden ved Risør. NIVA. Rapport I. nr OR-6049. 31 s.

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 samfunnsniv.



Norsk institutt for vannforskning

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