

Undersøkelser av genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i villaksbestanden i Altaelva

Tonje Aronsen, Sten O.Karlsson, Ola Ugedal, Ola H. Diserud, Eva M. Ulvan, Laila Saksgård og Tor F. Næsje



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Undersøkelser av genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i villaksbestanden i Altaelva

Tonje Aronsen
Sten O. Karlsson
Ola Ugedal
Ola H. Diserud
Eva M. Ulvan
Laila Saksgård
Tor F. Næsje

Aronsen, T., Karlsson, S.O., Ugedal, O., Diserud, O.H., Ulvan, E.M., Saksgård, L. & Næsje, T.F. 2017. Undersøkelser av genetisk innkryssning av rømt oppdrettslaks i villaksbestanden i Altaelva - NINA Rapport 1385. 32 s.

Trondheim, september 2017

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-3112-1

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Ingrid Solberg

ANSVARLIG SIGNATUR

Administrerende direktør Norunn Myklebust (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Grieg Seafoods Finnmark A/S, Miljødirektoratet, Statkraft Energi AS, Cermaq Finnmark, Norway Royal Salmon Finnmark, NINA

FORSIDEBILDE

Sautso om høsten, Foto: Tonje Aronsen

NØKKEORD

- Altaelva
- Laks
- Genetikk
- Rømt oppdrettslaks
- Laksunger

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo
Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø
Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Aronsen, T., Karlsson, S., Ugedal, O., Diserud, O.H., Ulvan, E.M., Saksgård, L. & Næsje, T. 2017. Undersøkelser av genetisk innkryssning av rømt oppdrettslaks i villaksbestanden i Altaelva. NINA Rapport 1385 32 s.

Til tross for tiltak for å bedre forholdene for villaks i øvre deler av lakseførende strekning av Altaelva (Sautso) etter kraftutbyggingen i 1987, har Sautso fortsatt redusert smoltproduksjon og fangster av voksen laks. I tillegg har det i enkelte år i Sautso vært høye andeler oppdrettslaks om høsten rett før villaksens gyteperiode. Andelen rømt oppdrettslaks i fangstene om høsten har i Sautso variert fra 0 % i 2015 til 36 % i 2013, mens tilsvarende andeler i resten av Altaelva har variert fra 2 % i 2015 til 17 % i 2011. En teori er at genetisk innkryssning av oppdrettslaks (genetisk påvirkning som følge av at rømt oppdrettslaks gyter i naturen) sammen med effekter av kraftutbyggingen kan bidra til den reduserte villaksproduksjonen i Sautso, ved at avkom av kryssninger mellom oppdrettslaks og villaks har lavere overlevelse enn ren villaks.

Utfra at det i enkelte år er observert høyere andeler rømt oppdrettslaks i Sautso sammenliknet resten av Altaelva, forventes det større grad av innkryssning av rømt oppdrettslaks i Sautso enn lengre ned i elva. For å undersøke dette har vi undersøkt genetisk innkryssning av rømt oppdrettslaks i 1+ laksunger fra Sautso og nedre deler av Altaelva (Jøra/Vina/Raipas) fra gyteårene 2010, 2011, 2013 og 2014. Videre har vi undersøkt om grad av innkryssning endrer seg med alderen til laksungene for avkom fra gyteårene 2011, 2013 og 2014. Vi undersøkte innkryssning blant 0+, 1+ og 2+ laksunger som var avkom fra 2011 og 2013 og 0+ og 1+ laksunger fra 2014. Til sist har vi undersøkt om det er høyere grad av innkryssning av rømt oppdrettslaks i Sautso enn i nedre deler av Altaelva blant voksen villaks som returnerer til Altaelva for å gyte. Dette ble undersøkt for voksen villaks fanget under høstfisket i 2014.

Vi fant at 1+ laksungene i Sautso hadde signifikant innkryssning av rømt oppdrettslaks i to av de fire årene, 4,5 % innkryssning i 2011 og 6,9 % i 2013. Det var derimot ingen signifikant innkryssning av rømt oppdrettslaks hos 1+ laksunger i noen av årsklassene i nedre deler av Altaelva. Dette tyder på at laksunger i Sautso i større grad enn laksunger i nedre deler av Alta er påvirket av genetisk innkryssning av rømt oppdrettslaks.

I laksungene fra gyteårene 2011 og 2013 fant vi avtagende genetisk innkryssning fra 0+ til 1+ og fra 1+ til 2+. I avkom fra 2011 var det 5,0 % innkryssning i 0+ laksunger, 4,5 % i 1+ og 1,8 % i 2+. I 2013 fant vi 9,6 % innkryssning i 0+ laksunger, 6,9 % i 1+ og 6,0 % i 2+. I disse to årsklassene var den genetiske innkryssningen signifikant i både 0+ og 1+ laksunger og i 2013 var det fremdeles signifikant innkryssning i 2+ laksunger. For gyteåret 2014 var det ikke

signifikant innkrysning i 0+ laksungene (0,5 %) eller 1+ (1,6 %), og det var heller ingen nedgang fra 0+ til 1+. Selv om det ikke var statistisk signifikante endringer mellom aldersklassene for 2011 og 2013 indikerer resultatene våre at avkom med oppdrettslaksgener har høyere dødelighet enn rene villaksunger.

For å undersøke i hvilken grad voksenfisken som kommer tilbake til Altaelva for å gyte er påvirket av genetisk innkrysning, og hvorvidt voksen laks også viser en større grad av innkrysning i Sautso sammenliknet med laks fanget i de nedre delene, undersøkte vi innkrysningen i voksen villaks fanget under høstfisket i Altaelva i 2014. I motsetning til ungfisken, som hadde signifikant innkrysning av rømt oppdrettslaks i to av fire år i Sautso, men ikke i nedre deler av Altaelva, fant vi signifikant genetisk innkrysning både i Sautso (2,3 %) og i nedre deler av Altaelva (4,6 %) blant voksen villaks.

Tonje Aronsen, Sten O. Karlsson, Ola Ugedal, Ola H. Diserud, Eva M. Ulvan, Laila Saksgård og Tor F. Næsje,

Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Torgård, 7485 Trondheim.

e-post: tonje.aronsen@nina.no, sten.karlsson@nina.no, ola.ugedal@nina.no,
ola.diserud@nina.no, eva.ulvan@nina.no, laila.saksgard@nina.no, tor.naesje@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Materialer og metoder	10
2.1 Altaelva	10
2.2 Andel oppdrettslaks om høsten	11
2.3 Undersøkelser av innkrysning av rømt oppdrettslaks i laksunger	13
2.3.1 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant 1+ laksunger i øvre og nedre deler av Altaelva	13
2.3.2 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant ulike aldersklasser fra samme gyteår i øvre og nedre deler av Altaelva.....	14
2.4 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant voksen laks fanget under høstfisket i 2014 ..	15
2.5 Metode for å beregne genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks	15
2.5.1 DNA ekstraksjon og genotyping	15
2.5.2 Innkrysning av oppdrettslaks	15
3 Resultater	18
3.1 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant 1+ laksunger i øvre og nedre deler av Altaelva	18
3.2 Innkrysning av rømt oppdrettslaks hos ulike aldersklasser av samme gyteår i Sautso20	
3.3 Innkrysning av rømt oppdrettslaks hos voksen villaks fanget i Sautso.....	24
4 Diskusjon	26
5 Konklusjoner	29
6 Referanser	30

Forord

I denne rapporten har vi undersøkt genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i laksunger og voksen laks i Altaelva. Vi har undersøkt om det skjer mer innkrysning blant laksunger i øvre del av Altaelva, der det i enkelte år har vært spesielt høye andeler oppdrettslaks om høsten, enn i nedre deler av Altaelva. Det er også i øvre del av Altaelva at bestanden av laks har gått tilbake etter utbyggingen av Alta Kraftverk. Videre har vi undersøkt om forekomsten av individer med oppdrettsopphav endrer seg med alderen til laksungene. Dersom innkrysningen av rømt oppdrettslaks avtar med alderen til laksungene kan dette indikere at det er høyere dødelighet blant laksunger som er avkom av rømt oppdrettslaks enn blant rene villaksunger. I tillegg har vi undersøkt innkrysning av oppdrettslaks blant voksen villaks fanget i Sautso og nedre deler av Altaelva under høstfisket i 2014.

Vi ønsker å takke Grieg Seafood Finnmark A/S, Miljødirektoratet, Statkraft Energi AS, Alta laksefiskeri Interessentskap (ALI), Cermaq Finnmark, Norway Royal Salmon Finnmark og Norsk institutt for naturforskning for finansiering. Videre ønsker vi å takke Line Eriksen Birkeland, Merethe Hagen Spets, Torveig Balstad og Sigrid Skoglund for deres innsats i forbindelse bearbeiding av materialet og genetiske analyser.

Juli 2017,

Tonje Aronsen

1 Innledning

Altaelva er kjent for sin storvokste laksestamme og har en unik historie og kultur knyttet til sportsfiske etter laks. Siden 1981 har det blitt foretatt omfattende biologiske undersøkelser i Altaelva (f.eks Ugedal mfl. 2007, Ugedal mfl. 2016). Altaelva ble regulert for kraftproduksjon i 1987 og formålet med disse undersøkelsene har vært å undersøke og dokumentere eventuelle effekter av kraftreguleringen på laksebestanden (Ugedal mfl. 2007).

Undersøkelsene viser blant annet at det har vært en nedgang i produksjonen av laksunger og gytelaks i øvre deler av Altaelva (Sautso) etter reguleringen, og at dette blant annet kan kobles til redusert isdekke som følge av høyere vanntemperaturer om vinteren rett nedenfor kraftverket (Ugedal mfl. 2007, Hedger mfl. 2013). Etter 2002 har det imidlertid vært gjennomført tiltak som har ført til økt isdekke om vinteren (Asvall 2005). Til tross for dette er smoltproduksjonen og fangstene av voksen laks fortsatt redusert i Sautso (Ugedal mfl. 2016).

I tillegg til redusert smoltproduksjon og lave fangster av laks i Sautso, har det i de senere år vært høye innslag av oppdrettslaks i enkelte år i høstfisket i Altaelva. Spesielt i Sautso har det i enkelte år blitt registrert høye andeler oppdrettslaks i fangstene. Andelen rømt oppdrettslaks i fangstene om høsten har variert fra 0 % i 2015 til 36 % i 2013, mens andelen i resten av Altaelva har variert fra 2 % i 2015 til 17 % i 2011.

Andelen oppdrettslaks i fangstene vil påvirkes av når på året og hvor i elva det fiskes. Oppdrettslaksen vandrer senere inn i fjordene og opp i vassdragene enn villaksen (Fiske mfl. 2001, Aronsen mfl. 2015, Næsje mfl. 2015). Oppdrettslaks og villaks fordeler seg også ulikt i elva. I Altaelva i 2013 var andelen rømt oppdrettslaks omtrent lik i øvre og nedre deler av elva i midten av september. I månedsskiftet september/oktober ble det imidlertid ikke fanget oppdrettslaks i nedre deler av elva, mens andelen rømt oppdrettslaks var høy i Sautso (Ugedal mfl. 2016). En undersøkelse av merket oppdrettslaks og villaks viser også at mye av oppdrettslaksen som går opp i Altaelva vandrer til øvre deler av Alta, til de ikke kommer lengre (Heggberget mfl. 1996). Dette har også blitt observert i Namsen, der radiomerket oppdrettslaks i stor grad vandret opp til det første vandringshinderet, i motsetning til villaksen som spredte seg mer jevnt over den undersøkte elvestrekningen (Moe mfl. 2016).

Rømt oppdrettslaks anses som en av de viktigste truslene mot villaksbestandene (Taranger mfl. 2015, Anon. 2016, Anon. 2017, Forseth mfl. 2017). Genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks (genetisk påvirkning som følge av at rømt oppdrettslaks gyter i naturen) i villaksbestander er dokumentert i mange norske vassdrag (Anon. 2016, Karlsson mfl. 2016,

Diserud mfl. 2017), og graden av innkrysning er korrelert med beregnet andel oppdrettslaks i vassdragene (Karlsson mfl. 2016).

Oppdrettslaksen har i fangenskap blitt selektert for egenskaper som blant annet høy vekst og forsinket kjønnsmodning (Gjedrem mfl. 1991, Gjølén & Bentsen 1997, Gjedrem 2010). Som en konsekvens av dette er oppdrettslaksen genetisk forskjellig fra villaksen (Theodorou & Couvet 2004, Hutchings & Fraser 2008, Karlsson mfl. 2011) og har lavere genetisk variasjon (Mjølnerød mfl. 1997, Skaala mfl. 2005, Karlsson mfl. 2010a). Innkrysning av oppdrettslaks kan derfor potensielt ha negative effekter på ville laksepopulasjoner ved at villaksen som har oppdrettslaksopphav er dårligere tilpasset det lokale miljøet. Eksperimentelle studier har vist at avkom mellom oppdrettslaks og villaks kan ha lavere overlevelse enn rene villaksunger (McGinnity mfl. 1997, Fleming mfl. 2000, McGinnity mfl. 2003). Videre har en nylig studie vist at innkrysning av oppdrettslaks kan føre til store endringer i alder og størrelse ved kjønnsmodning hos villaks (Bolstad mfl. 2017).

Basert på den eksisterende kunnskapen kan vi dermed forvente at avkom mellom oppdrettslaks og villaks har lavere vinteroverlevelse enn rene villaksunger som er tilpasset de lokale forholdene i elva. Undersøkelser av atferd og energetikk (fettlagring og fettforbruk) hos laksunger om vinteren viser at laksunger har lokale tilpasninger i ulike egenskaper som er viktig for vinteroverlevelse, slik at nordlige bestander har genetiske tilpasninger som gjør at de kan overleve en 5-6 måneder lang vinterperiode (Finstad & Forseth 2006, Finstad mfl. 2010). Det er påvist høyere dødelighet av laksunger i Sautso fra 1+ til 2+ og fra 2+ til 3+ enn i de midtre deler av elva (Ugedal mfl. 2007, Ugedal mfl. 2016). Dersom dødeligheten av eldre laksunger i Sautso blant annet skyldes høyere dødelighet hos oppdrettslaks X villaks hybrider, vil vi forvente at graden av innkrysning av oppdrettslaks vil være lavere blant eldre enn yngre laksunger fra det samme gyteåret i Sautso. Dette vil også kunne bidra til den reduserte smoltproduksjonen i Sautso de senere årene.

Et sett med genetiske markører (SNPer) som skiller mellom oppdrettslaks og villaks uavhengig av stammeopphavet til oppdrettslaksen og villaksen har blitt identifisert (Karlsson mfl. 2011), og en statistisk metode for å kvantifisere innkrysning av rømt oppdrettslaks med villaks har blitt utviklet (Karlsson mfl. 2014). Disse genetiske markørene og statistiske metodene har blitt benyttet til en landsomfattende kartlegging av innkrysning av rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2016, Diserud mfl. 2017).

Formålet med prosjektet *Innkrysning av oppdrettslaks i villaksbestanden i Altaelva* er å:

1. Undersøke om det er genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i laksunger i Altaelva

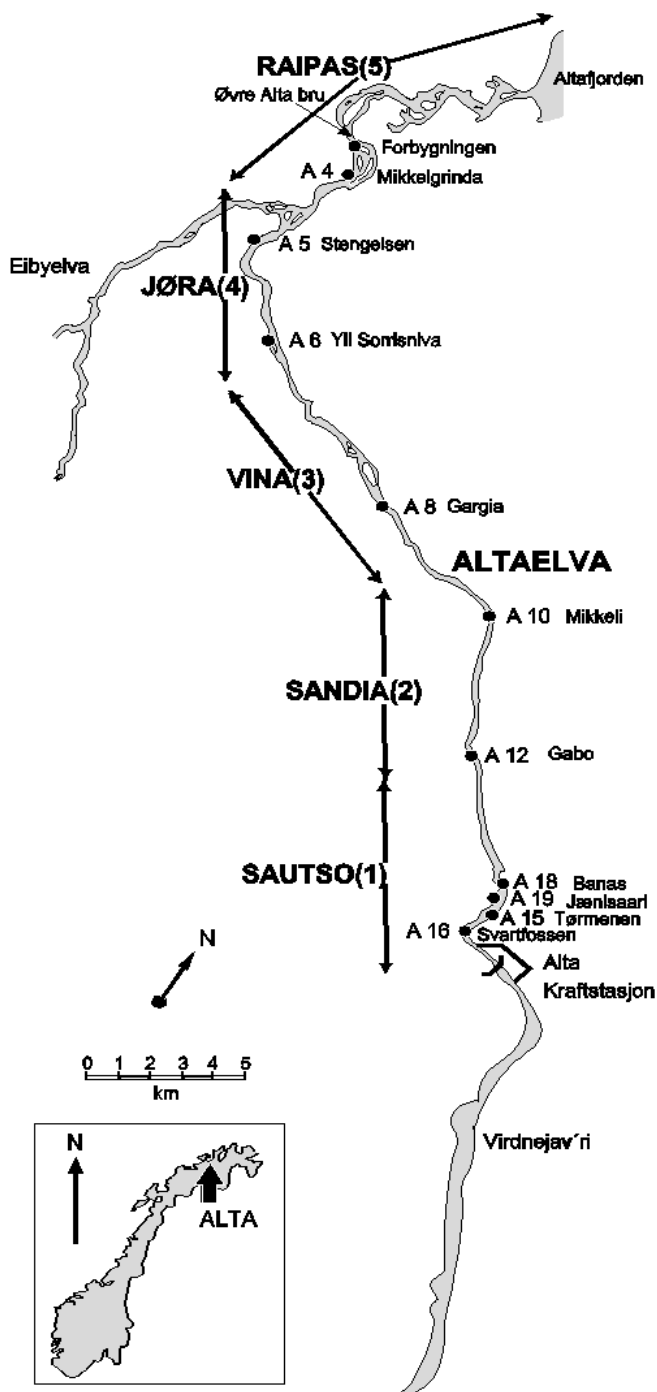
2. Undersøke om det skjer mer genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i laksunger i Sautso (øvre del av elva) enn i Jøra/Vina/Raipas (midtre og nedre deler av elva)
3. Undersøke om det er variasjoner mellom år i graden av innkrysning hos ungfisk, og om denne variasjonen kan relateres til andelen oppdrettslaks i gyteåret
4. Undersøke variasjon i grad av innkrysning av rømt oppdrettslaks mellom ulike aldersklasser (fra 0+ til 2+) fra samme gyteår (årsklasse)

I tillegg har vi inkludert undersøkelser av innkrysning blant voksen laks fanget i høstfisket i Sautso og nedre deler av Altaelva i 2014. Dersom det skjer en større grad av innkrysning blant laksunger i Sautso enn i de nedre delene av elva forventes det at dette kan observeres også blant voksen laks, under forutsetning at villaksen søker tilbake til stedet i elva der den vokste opp for å gyte (Heggberget mfl. 1986, Heggberget mfl. 1988, Garant mfl. 2000, Verspoor mfl. 2005).

2 Materialer og metoder

2.1 Altaelva

Altaelva renner ut i Alta kommune i Finnmark (70° N, 23°E). Elva har sitt utspring i Kautokeino og har et nedbørsfelt på 7389 km². Altaelva er lakseførende opp til utløpet av Alta Kraftstasjon, en strekning på ca. 47 km. Dette var også lengden på den lakseførende strekningen før kraftutbyggingen i 1987. Sportsfisket etter laks er inndelt i fem soner Raipas (nederst), Jøra, Vina, Sandia og Sautso, den eneste sideelva er Eibyelva (**Figur 1**). Sautso er den øverste sonen i Altaelva og er i større grad enn resten av elva påvirket av kraftreguleringen (Ugedal mfl. 2016). I tillegg til laks har Altavassdraget består av sjøaure, aure, sjørøye, røye, harr, sik, skrubbe, trepigget stingsild, nipigget stingsild, ørekyt, gjedde, lake, abbor og ål (Næsje mfl. 1998).



Figur 1. Oversiktskart over Altaelva inndelt i fiskesoner og med innsamlingsstasjoner for biologiske undersøkelser. Kartet er hentet fra Ugedal mfl. (2016).

2.2 Andel oppdrettslaks om høsten

I 2009-2011 ble det gjennomført merke-gjensyns undersøkelser for å estimere antall gytelaks i Sautso. I forkant av gytesesongen (september/tidlig oktober) ble det utført et stang-

fiske for å fange laks til merkeforsøket. Det ble tatt skjellprøver av fangstene slik at undersøkelsene også ga informasjon om andelen oppdrettslaks i fangstene. I 2013-2015 ble det etter sportsfiskesesongen gjennomført et overvåkningsfiske/høstfiske (september og starten av oktober) i hele Alta. Formålet med dette fisket var å tallfeste andel rømt oppdrettslaks i fangster om høsten før gytetiden. Et representativt høstfiske skal foregå i alle deler av elva for å unngå at det fiskes kun der det er mye eller eventuelt lite oppdrettslaks (Næsje mfl. 2015). Det bør også fiskes samtidig i hele elva slik at det ikke fiskes på laks på oppvandring flere ganger (Næsje mfl. 2015). Det ble tatt skjellprøver av all fanget laks (både antatt villaks og antatt oppdrettslaks). Visuelt klassifisert oppdrettslaks ble avlivet, mens villaks ble satt ut igjen i elva. Andelen oppdrettslaks i høstfisket er basert på analyse av skjellprøven av den fangede laksen.

Oppdrettslaks i fangenskap har en stabil næringstilgang i motsetning til laks i naturen, der vekstforholdene varierer mellom årets ulike sesonger (Dahl 1910). Forskjellene i næringstilgangen gjenspeiles i vekstmønsteret i skjellet, og dermed kan analyser av skjell brukes blant annet til å skille rømt oppdrettslaks fra villaks (Lund & Hansen 1991, Fiske mfl. 2005).

I denne rapporten har vi undersøkt innkrysning i laksunger som er avkom fra laks som gyttet i 2010, 2011, 2013 og 2014. I disse årene var det henholdsvis 14 %, 12 %, 36 % og 19 % rømt oppdrettslaks i Sautso, og i 2011, 2013 og 2014 var det henholdsvis 17 %, 13 % og 9 % i resten av Altaelva (**Tabell 1**). I 2012 ble det ikke gjennomført høstfiske i Altaelva, og i 2010 har vi kun data på andel oppdrettslaks i Sautso. Merk at i 2011 var det en høyere andel rømt oppdrettslaks i resten av Altaelva (17 %) enn i Sautso (12 %). Vi kan imidlertid ikke utelukke at disse oppdrettslaksene var på vandring oppover i elva, siden en tidligere undersøkelse har vist at andelen rømt oppdrettslaks i nedre deler av elva er mindre i midten av september enn i månedsskiftet september/oktober. De rømte oppdrettslaksene i nedre del av Altaelva i 2011 ble fanget mellom 22. til 25. september. I 2015 ble det ikke registrert oppdrettslaks i Sautso under høstfisket, men det må bemerkes at det ble observert sel under høstfisket som forstyrret fisket og førte til lave fangster (Bremset mfl. 2015).

Tabell 1. Antall laks fanget, antall rømte oppdrettslaks og andel rømt oppdrettslaks i fangster om høsten i Sautso og i resten av elva ved merking av laks (2009-2011) eller prøvefiske om høsten (2013-2015). Tallene i tabellen er hentet fra Ugedal mfl. (2016).

År	Lokalitet	Antall laks	Antall oppdrett	% oppdrett
2009	Sautso	109	5	5
2010	Sautso	158	22	14
2011	Sautso	76	9	12
	Resten av Altaelva	91	15	17
2013	Sautso	45	16	36
	Resten av Altaelva	93	12	13
2014	Sautso	69	13	19
	Resten av Altaelva	138	12	9
2015	Sautso*	19	0	0
	Resten av Altaelva	155	3	2

*Sel førte til lave fangster av laks i Sautso 2015

2.3 Undersøkelser av innkrysning av rømt oppdrettslaks i laksunger

I denne undersøkelsen har vi benyttet materiale fra ungfiskundersøkelser gjort i forbindelse med fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva. Dette materialet er samlet inn med elektrisk fiske for å undersøke tetthet av ungfisk. To ganger årlig (sensommer og høst) fiskes det på 10 stasjoner spredt langs elva og fire av disse stasjonene ligger i Sautso (Ugedal mfl. 2016).

Et utvalg av laksungene fra hver stasjon og hvert innsamlingstidspunkt ble avlivet og frosset ned for videre bearbeiding. Deretter ble laksungene lengdemålt og aldersbestemt basert på lengde og vekstmønster i skjell og otolitter (øresteiner). Etter bearbeidingene ble laksungene sortert på alder og fiksert på sprit. For de genetiske undersøkelsene i denne rapporten ble det plukket ut en gjellebue fra hver laksunge med en pinsett (sterilisert mellom hver laksunge) for videre genetiske analyser.

2.3.1 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant 1+ laksunger i øvre og nedre deler av Altaelva

På grunn av de høye høstprosentene av rømt oppdrettslaks i enkelte år i Sautso ønsket vi å undersøke om dette gir en høyere grad av innkrysning av rømt oppdrettslaks i Sautso enn i nedre del av Altaelva. Materiale av ettårige laksunger (1+) fra fire el-fiskestasjoner i Sautso

(A15, A16, A18 og A19, **Figur 1**) ble sammenlignet med fire stasjoner i sonene Jøra/Vina/Raipas i samme år (A4, A5, A6 og A8, **Figur 1**). Mellom 81 og 100 1+ laksunger ble analysert for hver lokalitet de ulike årene (**Tabell 2**). Sandia-sonen ble utelatt for å minimere sjansen for at laksunger som har spredd seg nedstrøms fra Sautso ble med i materialet (**Figur 1**). I denne delen av undersøkelsen ble det brukt materiale fra ettårige laksunger samlet inn i 2012, 2013, 2015 og 2016, som vil være avkom fra gyteårene 2010, 2011, 2013 og 2014.

2.3.2 Innkryssning av rømt oppdrettslaks blant ulike aldersklasser fra samme gyteår i øvre og nedre deler av Altaelva

For å undersøke om laksunger som er «hybrider» mellom rømt oppdrettslaks og villaks har høyere dødelighet enn rene villaksunger i Sautso, har vi undersøkt innkryssningen blant 0+ og 1+ fra samme gyteår (2011, 2013 og 2014). Vi har også undersøkt innkryssningen i 2+ laksunger fra gyteårene 2011 og 2013 (**Tabell 2**). Det vil si at vi undersøkte hvorvidt nivået av innkryssning av rømt oppdrettslaks, på grunn av høyere dødelighet hos oppdrettslaks X villaks hybrider, ble lavere etter hvert som laksungene innen samme årsklasse ble eldre. Mellom 75 og 100 laksunger ble analysert fra hver lokalitet og aldersklasse (**Tabell 2**). Materialet av 0+ og 2+ laksunger ble samlet inn fra de samme fire el-fiskestasjoner i Sautso som 1+ laksungene.

Tabell 2. Oversikt over antall prøver av laksunger (N) fra ulike gyteår (årsklasser), aldersklasser og lokaliteter som er analysert med hensyn til genetisk innkryssning av oppdrettslaks i laksunger.

Gyteår	År innsamlet	Alder laksunge	N	Lokalitet i Alta
2010	2012	1+	100 + 100	Sautso + Nedre del
2011	2012	0+	95	Sautso
2011	2013	1+	100 + 100	Sautso + Nedre del
2011	2014	2+	75	Sautso
2013	2014	0+	93	Sautso
2013	2015	1+	94+96	Sautso + Nedre del
2013	2016	2+	100	Sautso
2014	2015	0+	93	Sautso
2014	2016	1+	81 + 96	Sautso + Nedre del

2.4 Innkryssning av rømt oppdrettslaks blant voksen laks fanget under høstfisket i 2014

For å undersøke om det er forskjeller i innkryssning av rømt oppdrettslaks blant voksen laks som gyter i Sautso eller i nedre deler av Altaelva ble det brukt materiale fra høstfisket i 2014. Høstfisket i 2014 ble utført i perioden 18. september til 4. oktober. Genetisk innkryssning ble undersøkt for henholdsvis 47 og 50 skjellprøver fra Sautso og nedre deler av Altaelva (Jøra/Vina/Raipas). Samtlige laks hadde et vekstmønster som tydet på at laksen var villaks (vokst opp i naturen).

Materialet fra høstfisket ble benyttet fordi det er større sannsynlighet for at villaksen som blir fanget på høsten enn under sportsfisket om sommeren planlegger å gyte i det området de blir fanget. Det er forventet at eventuelle forskjeller i innkryssningsgrad blant laksunger i Sautso og i de nedre delene av Altaelva opprettholdes hos voksen laks. Dette er fordi det antas at laksen søker tilbake til det området i elva den vokste opp i for å gyte. Eventuelt kan forskjeller i innkryssning oppstå dersom avkom etter rømt oppdrettslaks fortrinnsvis gyter i Sautso eller i de nedre delene av Altaelva og ikke i like stor grad oppsøker oppvekstområdet for å gyte. Det siste kan ikke testes i denne studien, men vi undersøkte en mulig genetisk sub-strukturering mellom Sautso og de nedre delene ved å estimere genetisk distanse (F_{ST}) og teste for allelfrekvensforskjeller i 81 SNPer i kjerne-DNA i programmet Genepop v. 4.1.4 (Raymond & Rousset 1995).

2.5 Metode for å beregne genetisk innkryssning av rømt oppdrettslaks

2.5.1 DNA ekstraksjon og genotyping

DNA fra gjelleprøven fra laksungene ble ekstrahert ved bruk av et Qiagen DNeasy®, blood and tissue kit (Qiagen). Nittiseks enkelt-nukleotide-polymorfe-markører (SNPer) ble genotypet på en EP1™ 96.96 Dynamic array IFCs (Fluidigm, San Fransisco, CA.). Av disse SNPene er 81 lokalisert i kjerne-DNA og tidligere identifisert som diagnostiske til å skille mellom oppdrettslaks og villaks (Karlsson mfl. 2011). De resterende 15 SNPene er lokalisert i det mitokondrielle DNA (Karlsson mfl. 2010b).

2.5.2 Innkryssning av oppdrettslaks

Av de 81 SNPene identifisert som diagnostiske til å skille mellom oppdrettslaks og villaks (Karlsson mfl. 2011) har 48 blitt benyttet i en landsomfattende kvantifisering av innkryssning (Karlsson mfl. 2016), og disse ble også brukt i denne studien. Det har også blitt utviklet en standardisert analytisk metode for å beregne innkryssning av oppdrettslaks basert på disse genetiske markørene (Karlsson mfl. 2014).

Enkelt beskrevet så beregnes sannsynligheten for å tilhøre en referansepopulasjon av oppdrettslaks og en referansepopulasjon av villaks for hvert enkelt individ. Deretter sammenliknes sannsynlighetsfordelingen for en stikkprøve med sannsynlighetsfordelingen hos et stort referansemateriale av ren oppdrettslaks og ren villaks. Oppdrettsreferansen består av stikkprøver fra avlskjernene fra AquaGen AS, Salmobreed og Marine Harvest, og villaksreferansen består av historiske stikkprøver fra mange Finnmarkselver (Alta, Tana, Kongsfjordelva, Neiden, Reisa, Repparfjord og Vestre Jakobselv) med en samlet stikkprøvestørrelse på 443 individer (Finnmark referanse) ved analyser av innkryssning i Finnmarkselver. Metoden beregner sannsynligheten for at enkeltindivider har rent villaksopphav $P(\text{wild})$ og utfra dette kan også den gjennomsnittlige innkryssningen (andelen av det samlede arvestoffet i bestanden som har opphav i oppdrettslaks), beregnes i den ville bestanden representert av stikkprøven. Beregningene tar hensyn til stikkprøvestørrelse og hvorvidt man har tilgang til et villaksreferansemateriale fra den spesifikke elven eller ikke. For Alta finnes et historisk referansemateriale av 44 villaks samlet in i 1981 og 1982 (Alta referanse). Dette øker presisjonen og sikkerheten i estimatet av genetisk innkryssning av oppdrettslaks. Det ble også testet om gjennomsnittlig innkryssning er statistisk signifikant forskjellig fra null ved å teste gjennomsnittlig estimert innkryssning i stikkprøven mot den historiske referansen fra Alta. For nærmere detaljer om metodene for beregning av genetisk innkryssning se Karlsson mfl. (2014).

I tillegg til estimat og test av gjennomsnittlig innkryssning av rømt oppdrettslaks har vi også testet hvorvidt en andel av de undersøkte individene har en lavere sannsynlighet for villaksopphav ($P(\text{wild})$) enn det en skulle forvente fra historiske referanseprøver av villaks.

Siden estimat av persentiler er sensitive for små stikkprøvestørrelser har vi benyttet historiske referanseprøver fra de mange lakseelvene i Finnmark (Finnmark referanse) for denne testen istedenfor den lokale referanseprøven fra Alta med en begrenset stikkprøvestørrelse. Sannsynligheten for å observere en gitt 5-persentil mindre enn den i referansematerialet ble estimert ved å tilfeldig trekke likt antall som det i stikkprøven fra referansematerialet og for hver trekking beregne 5-persentilen, og andelen av 1000 trekkinger med en 5-persentil lavere enn den observerte er sannsynligheten.

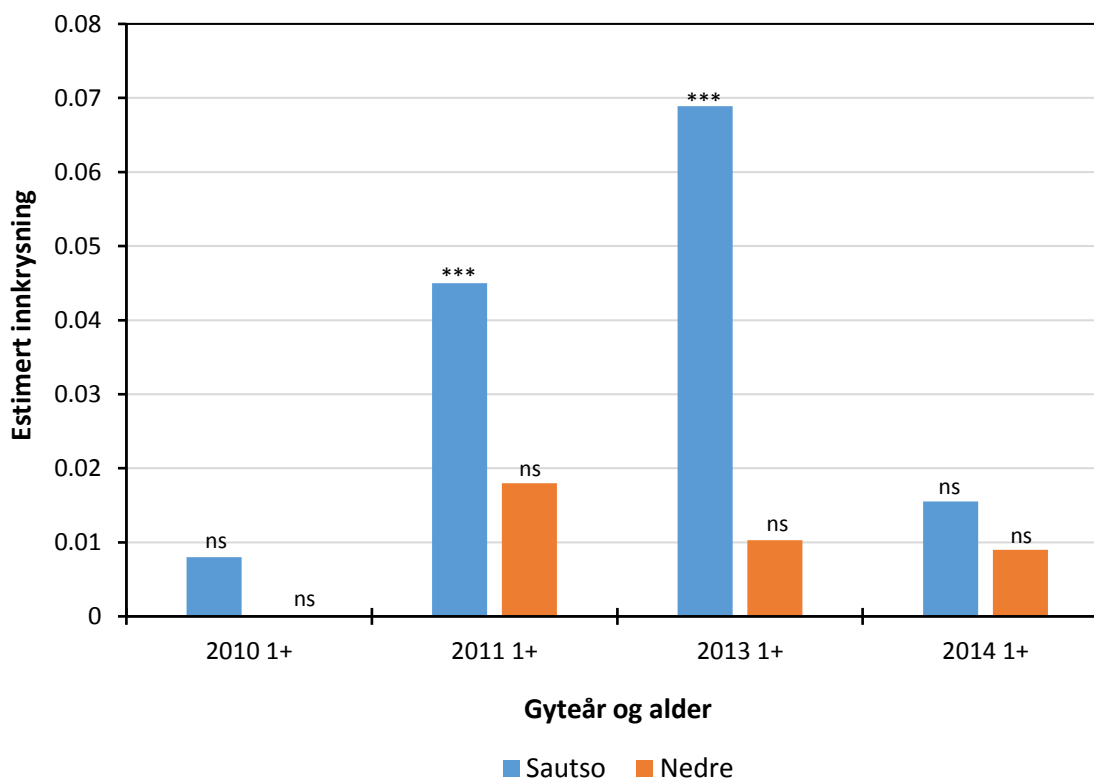
Oppdrettslaksen fra de tre store avlselskapene i Norge (Aqua Gen AS, Salmobreed og Marine Harvest) har opphav i forskjellige elver fra Midt-Norge og fra Vestlandet, men ikke fra Finnmark (Gjedrem mfl. 1991, Gjøen & Bentsen 1997). Laksen i Finnmarkselvene tilhører en annen genetisk gruppe enn laksen fra resten av Norge (Bourret mfl. 2013, Jensen mfl. 2014) og er derfor også mer forskjellig fra oppdrettslaks. Dette betyr at det er forholdvis

enklere å spore innkrysning av rømt oppdrettslaks i Finnmarkselver enn i andre deler av Norge.

3 Resultater

3.1 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant 1+ laksunger i øvre og nedre deler av Altaelva

I nedre deler av Altaelva var det ikke signifikant innkrysning av oppdrettslaks blant 1+ laksunger fra noen av gyteårene, hverken basert på estimert innkrysning eller test for 5-persentilen for P(wild) (**Figur 2 og 3, Tabell 3**). Estimert innkrysning i nedre deler av Altaelva var 0,0 %, 1,8 %, 1,0 % og 0,9 % for 1+ laksunger som var avkom av foreldre som gytte i henholdsvis 2010, 2011, 2013 og 2014 (**Figur 2, Tabell 3**). I øvre del av Altaelva (Sautso) var det signifikant innkrysning i 1+ laksungene fra gyteårene 2011 og 2013, men ikke fra gyteårene 2010 og 2014 (**Figur 2 og 3, Tabell 3**). Estimert innkrysning i Sautso var 0,8%, 4,5 % 6,9 % og 1,8% for 1+ laksunger fra foreldre som gytte i henholdsvis 2010, 2011, 2013 og 2014 (**Figur 2 og Tabell 3**).

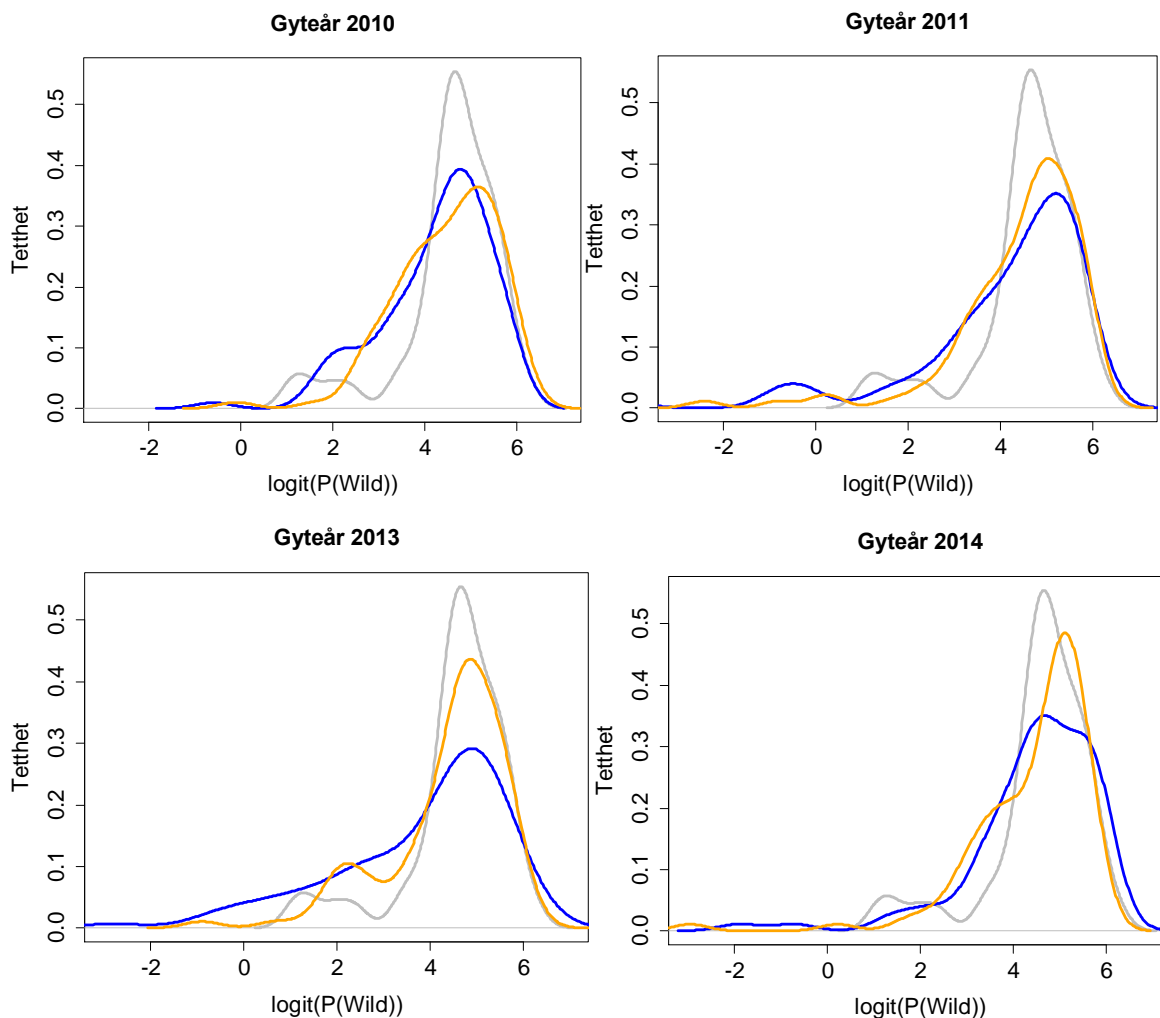


Figur 2. Estimert innkrysning i 1+ laksunger fra Sautso (blå søyler) og nedre deler av Altaelva (oransje søyler). Laksungene er avkom av foreldre som gytte i 2010, 2011, 2013 og 2014. ns= ikke signifikant innkrysning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Tabell 3. Beregning av genetisk innkrysning i 1+ laksunger samlet inn i Sautso eller nedre del av Altaelva (Jøra/Vina/Raipas) for avkom fra gyteårene 2010, 2011, 2013 og 2014. For hver lokalitet og gyteår er det angitt antall prøver, gjennomsnittlig estimert innkrysning med test for signifikans og nedre 5 persentil for $P(wild)$ med test for signifikans. Estimert innkrysning er testet mot en historisk prøve fra Alta, 5-persentilen for $P(wild)$ er testet mot en historisk prøve fra Finnmarkselver.

Prøvetakingsår 1+	Gyteår	Lokalitet	Antall prøver	Estimert innkrysning	5-persentil
2012	2010	Sautso	100	0,008 ^{ns}	0,880 ^{ns}
2012	2010	Nedre del	100	0,000 ^{ns}	0,934 ^{ns}
2013	2011	Sautso	100	0,045 ^{***}	0,413 ^{***}
2013	2011	Nedre del	100	0,018 ^{ns}	0,836 ^{ns}
2015	2013	Sautso	94	0,069 ^{***}	0,411 ^{***}
2015	2013	Nedre del	96	0,010 ^{ns}	0,873 ^{ns}
2016	2014	Sautso	81	0,016 ^{ns}	0,813 ^{ns}
2016	2014	Nedre del	96	0,009 ^{ns}	0,914 ^{ns}

ns= ikke signifikant innkrysning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$



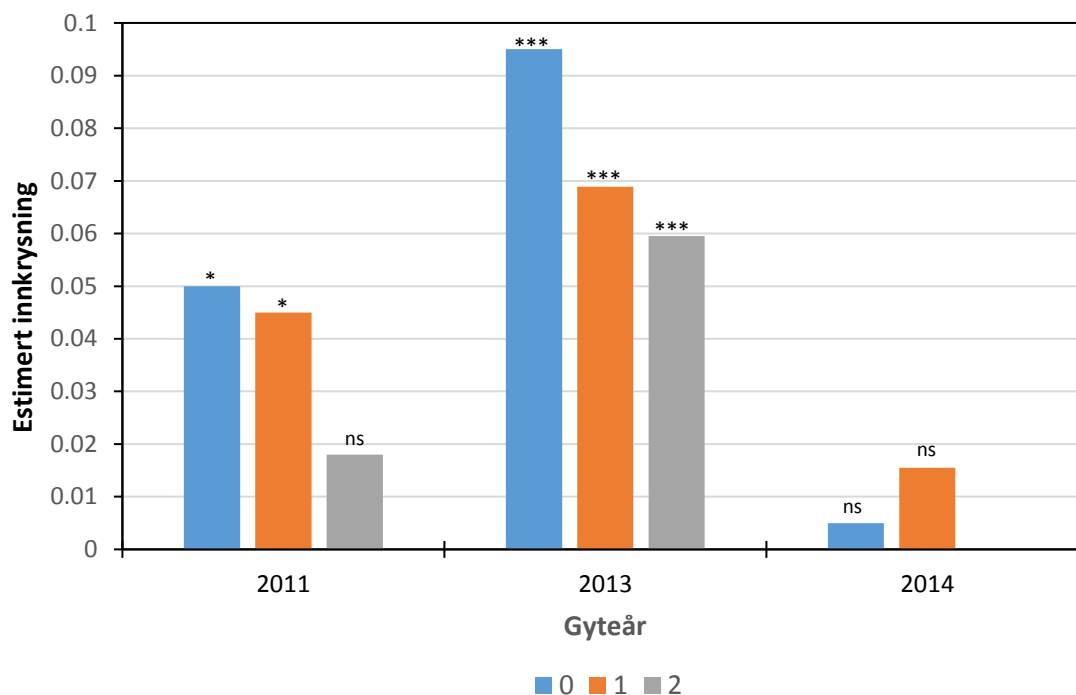
Figur 3. Fordelingen av sannsynligheten for å tilhøre en vill populasjon av laks ($P(\text{wild})$) for referansematerialet fra Alta (grå kurve) og 1+ laksunger fra gyteårene 2010-2014 fra Sautso (blå kurve) og nedre deler av Altaelva (oransje kurve). Økende $P(\text{wild})$ betyr en større sannsynlighet for å være en ren villaks. På x-aksen i figuren er det brukt en logit-transformasjon av $P(\text{Wild})$ -verdiene, som er gitt ved $\log(P(\text{Wild})/(1-P(\text{Wild})))$. Y-aksen (tetthet) angir den relative andelen individer med ulike $P(\text{Wild})$ verdier.

3.2 Innkrysning av rømt oppdrettslaks hos ulike aldersklasser av samme gyteår i Sautso

Estimert genetisk innkrysning var signifikant for 0+ laksunger fra gyteårene 2011 og 2013. For begge disse to gyteårene ble det videre estimert en suksessivt lavere innkrysning fra 0+ til 1+ laksunger og fra 1+ til 2+ laksunger (**Figur 4, Figur 5, Tabell 4**). For gyteåret 2011 ble innkrysningen estimert til 5,0%, 4,5% og 1,8% for henholdsvis 0+, 1+ og 2+. For gyteåret 2013 ble innkrysningen estimert til 9,5%, 6,9% og 6,0% for henholdsvis 0+, 1+ og 2+. Denne trenden ble ikke observert for gyteåret 2014, men i dette året var det heller ikke en signifikant

innkrysning blant 0+ laksunger. Innkrysningen i laksunger fra gyteåret 2014 var henholdsvis 0,5 % og 1,6 % i 0+ og 1+ **Figur 4, Figur 5, Tabell 4**).

Ved å teste eventuelle forskjeller i gjennomsnittlig innkrysning mellom de ulike aldersklassene fra hvert gyteår (toutvalgs t-test) er det ingen signifikante forskjeller (alle p-verdier > 0,05). Allikevel viser de to komplette årsklassene den samme trenden (avtagende innkrysning ved økende alder på laksungene) (**Figur 4**).

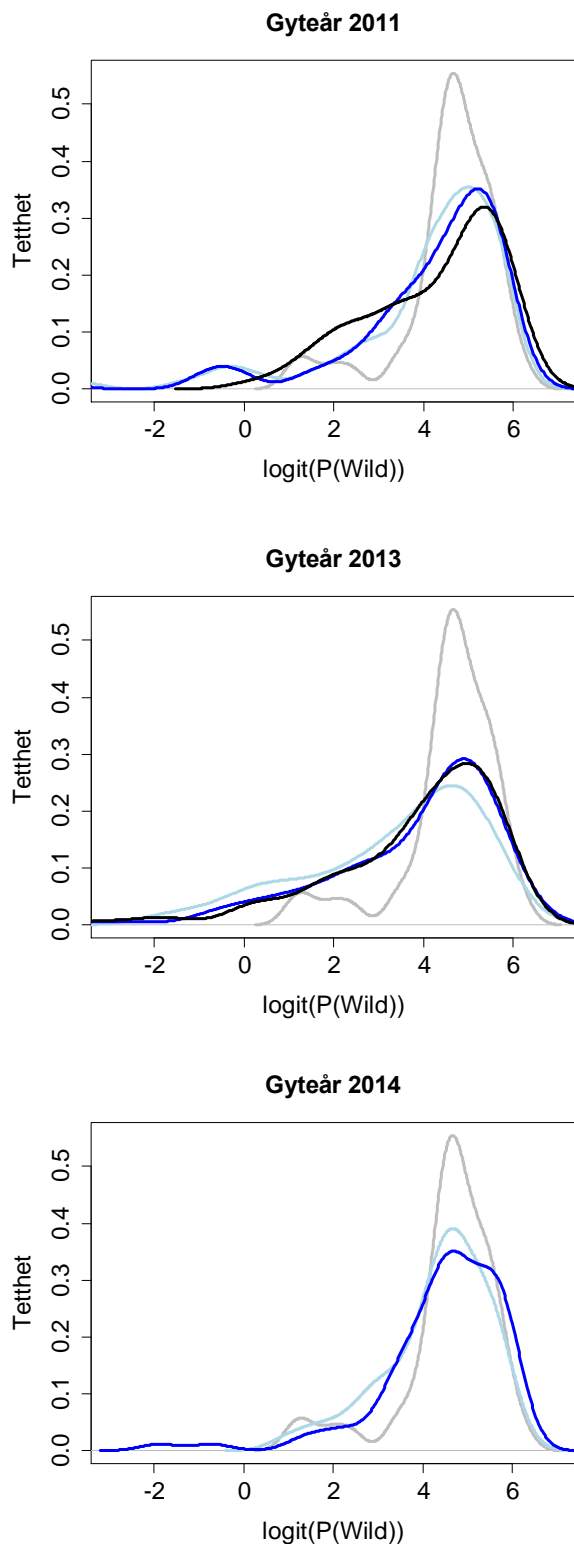


Figur 4. Estimert innkrysning i laksunger fra Sautso (0+ blå søyler, 1+ oransje søyler og 2+ grå søyler) som er avkom av foreldre som gytte i 2011, 2013 og 2014. ns= ikke signifikant innkrysning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Tabell 4. Beregning av genetisk innkrysning i laksunger samlet inn i Sautso fra gyteårene 2011, 2013 og 2014. For gyteårene 2011 og 2013 er genetisk innkrysning undersøkt for 0+, 1+ og 2+, mens for gyteåret 2014 er genetisk innkrysning undersøkt for 0+ og 1+. For hver aldersklasse fra hvert gyteår er det angitt antall prøver, gjennomsnittlig estimert innkrysning med test for signifikans og nedre 5 persentil for $P(\text{wild})$ med test for signifikans. Estimert innkrysning er testet mot en historisk prøve fra Alta, 5-persentilen for $P(\text{wild})$ er testet mot en historisk prøve fra Finnmarkselver.

Prøvetakingsår	Gyteår	Alder	N	Estimert innkrysning	5-persentil
2012	2011	0+	95	0,05*	0.440***
2013	2011	1+	100	0,045*	0.413***
2014	2011	2+	75	0,018 ^{ns}	0,801 ^{ns}
2014	2013	0+	93	0,095***	0.434***
2015	2013	1+	94	0,069***	0.411***
2016	2013	2+	100	0,060***	0,508**
2015	2014	0+	93	0,005 ^{ns}	0,848 ^{ns}
2016	2014	1+	81	0,016 ^{ns}	0,813 ^{ns}

ns= ikke signifikant innkrysning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$



Figur 5. Fordelingen av sannsynligheten for å tilhøre en vill populasjon av laks $P(wild)$ for referansematerialet fra Alta (grå kurve) og for laksunger av ulike aldre (0+ lyseblå, 1+ mellomblå og 2+ svart) fra gyteår 2011 (øverst), 2013 (midten) og 2014 (nederst). Alle laksungene er fra Sautso. Økende $P(wild)$ betyr en større sannsynlighet for å være en ren villaks. På x-aksen i figuren er det brukt en logit-transformasjon av $P(Wild)$ -verdiene, som er gitt ved $\log(P(Wild)/(1-P(Wild)))$. Y-aksen (tetthet) angir den relative andelen individer med ulike $P(Wild)$ verdier.

3.3 Innkryssning av rømt oppdrettslaks hos voksen villaks fanget i Sautso

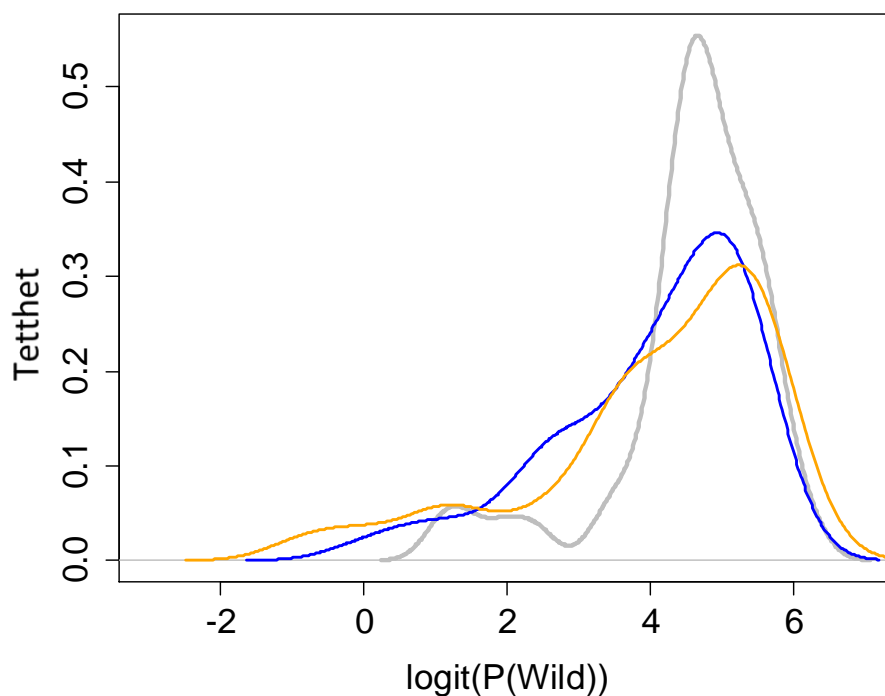
Estimert innkryssning var signifikant forskjellig fra null både i Sautso og nedre deler av Altaelva i prøvene fra villaks fanget under høstfisket i 2014. Innkryssningen var 2,3 % i Sautso og 4,6 % i nedre deler av Altaelva (**Tabell 5**). Test for 5-persentilen viser derimot i signifikans i nedre deler av Altaelva, men ikke i Sautso (**Tabell 5, Figur 7**). Årsaken til at de to testene har ulike resultater er at nedre Altaelva har flere individer med lave $P(\text{wild})$ verdier (individer som har lav sannsynlighet for være en ren villaks) enn Sautso, mens Sautso har flere individer med $P(\text{wild})$ verdier som ligger i «midt-intervallet» enn nedre deler av Altaelva (**Figur 7**). I voksenfisk fra 2014 var det dermed ingen indikasjoner på at laks fanget i Sautso under høstfisket hadde høyere innkryssning enn laks fanget i nedre deler av Altaelva. Isteden ble det estimert en høyere grad av innkryssning i de nedre delene med en sterkere statistisk konfidens for innkryssning.

Tabell 5. Beregning av genetisk innkryssning i voksen villaks fanget i Sautso og nedre deler av Altaelva under høstfisket i 2014. Antall prøver, gjennomsnittlig estimert innkryssning med test for signifikans og nedre 5 persentil for $P(\text{wild})$ med test for signifikans er oppgitt separat for Sautso og nedre deler av Altaelva. Estimert innkryssning er testet mot en historisk prøve fra Altaelva, 5-persentilen for $P(\text{wild})$ er testet mot en historisk prøve fra Finnmarkselver.

	Sautso	Nedre
Antall prøver	47	50
Estimert innkryssning	0,023*	0,046*
5-persentil	0,674 ^{ns}	0,414*

ns= ikke signifikant innkryssning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Estimert genetisk distanse var liten ($F_{ST}=0,0044$) og ikke signifikant ($P=0,16$) mellom stikkprøvene fra Sautso og de nedre delene av Altaelva under høstfisket i 2014. Dette tyder på at det ikke var noen genetiske forskjeller mellom voksen laks fanget i Sautso sammenlignet med voksen laks fra nedre deler av Altaelva.



Figur 7. Fordelingen av sannsynligheten for å tilhøre en vill populasjon av laks ($P(\text{wild})$) for referansematerialet fra Alta (grå kurve), voksen villaks fanget i Sautso (blå kurve) og nedre del av Altaelva (oransje kurve) under høstfisket i 2014. Økende $P(\text{wild})$ betyr en større sannsynlighet for å være en ren villaks. På x-aksen i figuren er det brukt en logit-transformasjon av $P(\text{Wild})$ -verdiene, som er gitt ved $\log(P(\text{Wild})/(1-P(\text{Wild})))$. Y-aksen (tetthet) angir den relative andelen individer med ulike $P(\text{Wild})$ verdier.

4 Diskusjon

Denne undersøkelsen viser at det har forekommet genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i Altaelva, både utfra analyser av laksunger og av voksenfisk. Vi fant imidlertid ikke signifikant genetisk innkrysning i alle årene. Blant 1+ laksunger som er avkom fra gyteårene 2010 og 2014 var det ingen signifikant innkrysning av rømt oppdrettslaks i Sautso eller nedre deler av Altaelva. Det var heller ingen signifikant innkrysning av oppdrettslaks blant 1+ som er avkom fra gyteårene 2011 og 2013 i nedre deler av Altaelva, men i disse to gyteårene var det signifikant innkrysning i 1+ laksunger i Sautso. Det ble med andre ord funnet signifikant innkrysning av rømt oppdrettslaks hos 1+ laksunger i to av fire år i Sautso, men ikke blant 1+ laksunger i nedre del av Altaelva i noen av de fire undersøkte årene.

Ikke bare andelen oppdrettslaks, men også hva slags oppdrettslaks som er i vassdraget vil kunne påvirke grad av innkrysning i laksunger. En nærmere undersøkelse av den rømte oppdrettslaksen som ble fanget om høsten i Sautso i 2010, viser at fem av seks oppdrettslakshunner med oppgitt modningstadium ikke var kjønnsmodne. Dette kan forklare hvorfor det var lite innkrysning blant 1+ som var avkom fra gyteåret 2010, til tross for at det var 14 % rømt oppdrettslaks i Sautso om høsten 2010. Basert på skjellanalysen hadde kun 4 av 22 oppdrettslaks (18 %) tilbragt minst en vinter i sjøen etter rømming, hvilket tyder på at mesteparten av oppdrettslaksen var nyrømt (rømt samme år som de ble fanget). I 2014 var det 19 % rømt oppdrettslaks i fangstene i Sautso om høsten, men ikke signifikant innkrysning i 0+ eller 1+ laksunger. Blant den rømte oppdrettslaksen som ble fanget i høstfisket og under utfisking av rømt oppdrettslaks i Sautso i 2014 var det en høy andel oppdrettslaks som manglet vintersoner i skjellet (77 %, 69 av 82 rømt oppdrettslaks). Imidlertid var samtlige oppdrettslaks angitt som gytemodne. Det er forventet at oppdrettslaks som har tilbragt lang tid i sjøen etter rømming vil ha større gytesuksess enn oppdrettslaks som har rømt nylig, siden de som har oppholdt seg lengre i sjøen er mer lik villaksen i adferd (Fleming mfl. 1997) og utseende (Fiske mfl. 2005). Den høye andelen nyrømt oppdrettslaks i 2014 kan forklare hvorfor det ikke var signifikant innkrysning blant laksungene som er avkom fra gyteåret 2014.

I 2011 var det 12 % rømt oppdrettslaks i fangster om høsten, 8 av 9 rømte oppdrettslaks hadde et modningstadium basert på gonadeutvikling som indikerte at de ville kunne gyte. Kun to av de fangede oppdrettslaksene var hunner, men begge disse var nært gytemodne når de ble fanget i første halvdel av september. Videre hadde åtte (89 %) av oppdrettslaksene tilbragt minst ett år i sjøen etter rømming (dvs. ikke nyrømt oppdrettslaks). I 2013 var det 36 % rømt oppdrettslaks under høstfisket i Sautso. Kun 5 av 18 (28 %) oppdrettslaks manglet vintersone i skjellet etter rømming. Modningstadium var bare oppgitt for seks individer, men alle disse var gytefisk. De to årsklassene med signifikant innkrysning i laksunger

kjennetegnes altså av at det var relativt høye andeler oppdrettslaks i fangster om høsten og at oppdrettslaksen i stor grad var gytemoden og hadde tilbragt lengre tid i sjøen etter rømming. Avkom fra gyteåret 2013 hadde høyest genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks av de undersøkte årsklassene i dette studiet, og dette var også det året med høyest andel oppdrettslaks i høstfisket (36 %).

Oppsummert tyder våre resultater på at Sautso i enkelte år har høyere grad av innkrysning blant laksunger enn nedre del av Altaelva. Dette er som forventet siden Sautso i noen år har hatt relativt høye innslag av rømt oppdrettslaks om høsten like før gyteperioden (Bremset mfl. 2015, Ugedal mfl. 2016). En undersøkelse av genetisk innkrysning i 109 norske elver viste at det var en positiv sammenheng mellom graden av innkrysning i et vassdrag og gjennomsnittlig årlig andel rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2016). Våre resultater tyder på at det kan forekomme en høyere grad av genetisk innkrysning av oppdrettslaks i laksunger i de delene av elva der det er observert høye andeler rømt oppdrettslaks om høsten.

Vi undersøkte også genetisk innkrysning av oppdrettslaks i laksunger ved ulike aldre fra den samme årsklassen. Innkrysningen i årsklassene (gyteårene) 2011 og 2013 ble undersøkt blant laksunger i aldersklassene fra 0+ til 2+, og innkrysningen i laksunger fra årsklassen 2014 ble undersøkt i 0+ og 1+ laksunger. Vi fant signifikant innkrysning i 0+ laksunger fra 2011 og 2013 årsklassene, men ikke i 2014 årsklassen. Videre var innkrysningen avtagende fra 0+ til 1+, og 1+ til 2+ i både 2011 og 2013 årsklassene. Selv om det ikke var statistisk signifikante forskjeller mellom aldersklassene var det en konsistent trend i begge årsklassene med signifikant innkrysning som støtter vår teori om at det er større dødelighet hos laksunger med oppdrettslaksopphav enn hos rene villaksunger. Denne studien støtter at «hybridisering» mellom rømt oppdrettslaks og villaks i naturen kan gi lavere overlevelse hos laksungene, noe som er tidligere vist i eksperimentelle studier (McGinnity mfl. 1997, Fleming mfl. 2000, McGinnity mfl. 2003). I tillegg til at dødeligheten hos laksunger med oppdrettslaks gener er høyere enn villaksunger, vil også laksunger som er avkom av rømt oppdrettslaks kunne påvirke produksjonen av laksunger ved at de utkonkurrerer villaksunger på tidlige stadier (McGinnity mfl. 1997, Sundt-Hansen mfl. 2015). Våre resultater viser også at det mest sannsynlig vil være mindre genetisk innkrysning hos smolten som vandrer ut av elva enn i laksungene.

Genetiske analyser av voksen villaks fanget i høstfisket i 2014 viser at det var signifikant innkrysning av oppdrettslaks også i voksenfiskbestanden. Gjennomsnittlig innkrysning var signifikant forskjellig fra null både for Sautso og nedre deler av Altaelva, men dataene ga ikke grunnlag for å hevde at innkrysningen i voksen laks var større i Sautso enn i nedre deler av Altaelva (2,3 % innkrysning i Sautso og 4,6 % i nedre deler av Altaelva). Resultatene fra

analysene av voksen laks stemmer altså ikke med resultatene fra 1+ laksunger hvor innkryssingen av rømt oppdrettslaks var signifikant i Sautso, men ikke nedre deler av Altaelva i to av fire år. Dette kan ha flere årsaker som f.eks: 1. Høyere dødelighet blant laksunger med oppdrettslaksopphav i Sautso, 2. Individuer med oppdrettslaksopphav kommer seinere til vassdraget og var på oppvandring i vassdraget, 3. At avkom etter rømt oppdrettslaks i mindre grad enn avkom etter ren villaks søker tilbake til oppvekstområdet for å gyte, eller at laksen (også laks med rent villaksopphav) i Altaelva ikke har en sterk «homing» til oppvekstområdet. Det siste ble støttet av en meget liten og ikke signifikant forskjell i allelfrekvenser (liten genetisk distanse) mellom Sautso og de nedre delene av Altaelva. Dette utelukker ikke at det kan forekomme en viss grad av tilbakevandring til oppvekstområde, men tyder på at denne «homingen» ikke er sterk nok til å føre til genetisk differensiering. Sammenligninger av vekstmønsteret hos laksunger og voksenlaks fra ulike deler av elva tyder på at presmolt som har vokst opp i Sautso vender tilbake til Sautso som voksen (Heggberget mfl. 1986). I tillegg viser merkeforsøk at laks på gytegrunn i Altaelva som flyttes, vil vandre tilbake til stedet i elva der den ble flyttet fra (Heggberget mfl. 1988). Dette tyder på at det er lokal «homing» i Altaelva selv om dette ifølge våre resultater ikke har gitt opphav til genetiske subpopulasjoner.

Smoltalder og sjøalder for laksen fanget under høstfisket i 2014 kunne leses ut fra skjellene til 80 individer. Blant disse hadde 41 individer klekkeår i 2009 (gyteår 2008). Det ble kun samlet inn 17 prøver om høsten (i nedre deler av elva) i 2008 (Bremset mfl. 2015). Dette er for få prøver til å gi et godt estimat på andelen oppdrett. Det er derfor mulig at det var en høyere andel oppdrettslaks i nedre deler av elva enn i Sautso dette året. Det må også bemerkes at de genetiske analysene av voksen laks er utført på et relativt lavt antall individer fra de to områdene i elva (47 fra Sautso og 50 fra nedre deler av Altaelva), og at de genetiske analysene undersøker akkumulert innkryssning. Å koble innkryssning av oppdrettslaks opp mot et spesifikt år med mye oppdrettslaks i fangstene kan være problematisk siden graden av innkryssning i bestanden vil være et resultat av innkryssning over flere generasjoner (akkumulert innkryssning), og fordi sammensetningen av oppdrettslaksen som rømmer sannsynligvis vil ha stor betydning for hvor suksessrike de er under gytingen.

Undersøkelsen i denne rapporten burde følges opp med genetiske undersøkelser av den voksne laksen som returnerer til elva fra gyteårene 2011 og 2013 som er årsklassene med signifikant innkryssning i Sautso blant laksungene. Utfra observasjonene om en gradvis lavere innkryssningsgrad fra 0+ til 2+ forventes det at de voksne individene fra disse årsklassene viser en enda lavere grad av innkryssning og dette kan si noe om naturlig seleksjon mot innkryssning av rømt oppdrettslaks i bestanden og hvilken ekstra dødelighet dette tilsvarer.

5 Konklusjoner

Oppsummert viser denne undersøkelsen av genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i Altaelva følgende:

- Det var signifikant innkrysning av rømt oppdrettslaks både hos laksunger og voksen laks i Altaelva.
- Blant 1+ laksunger var det signifikant innkrysning i Sautso i to av fire år, mens det ikke ble funnet innkrysning hos laksunger i nedre deler av Altaelva. Dette tyder på at genetisk innkrysning av oppdrettslaks i laksunger foregår i større grad i Sautso enn i nedre deler av Altaelva.
- Genetisk innkrysning av oppdrettslaks hos laksunger viste en trend med avtagende innkrysning med økende alder på laksungene, hvilket indikerer høyere dødelighet hos laksunger med helt eller delvis opphav i oppdrettslaks.
- Blant voksen villaks fanget i høstfisket i 2014 var det signifikant innkrysning i både øvre (Sautso) og nedre deler av Altaelva. Dette er i kontrast til resultatene fra 1+ laksungene.
- Det var ingen betydelige genetiske forskjeller mellom voksen villaks i øvre og nedre del av Altaelva basert på laks fanget under høstfisket i 2014.

6 Referanser

Anon. (2016). "Klassifisering av 104 laksebestander etter kvalitetsnorm for villaks." Temarapport nr 4: 85.

Anon. (2017). "Status for norske laksebestander i 2017." Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 10: 1-152.

Aronsen, T., T. F. Næsje, E. M. Ulvan, P. Fiske, A. Jørrestol, G. M. Østborg, R. Krogdahl & T. Rognes (2015). "Tiltaksrettet overvåking av villaks og rømt oppdrettslaks i Trondheimsfjorden og tilsluttende elver. Resultater fra undersøkelsene i 2014, 2013 og 2012." NINA-Rapport 1194: 1-82.

Asvall, R. P. (2005). "Altautbyggingen. Vanntemperatur- og isforhold ved bruk av øvre inntak om vinteren." Norges vassdrags- og energidirektorat Oppdragsrapport A nr. 21-2005: 1-40.

Bolstad, G. H., K. Hindar, G. Robertsen, B. Jonsson, H. Sægrov, O. Diserud, P. Fiske, A. J. Jensen, K. Urdal, T. F. Næsje, B. T. Barlaup, B. Florø-Larsen, H. Lo, E. Niemelä & S. Karlsson (2017). "Gene flow from domesticated escapes alters the life history of wild Atlantic salmon." *Nature: Ecology & Evolution* 1.

Bouret, V., M. P. Kent, C. R. Primmer, A. Vasemagi, S. Karlsson, K. Hindar, P. McGinnity, E. Verspoor, L. Bernatchez & S. Lien (2013). "SNP-array reveals genome-wide patterns of geographical and potential adaptive divergence across the natural range of Atlantic salmon (*Salmo salar*)." *Molecular Ecology* 22(3): 532-551.

Bremset, G., G. M. Østborg, T. Aronsen, L. Saksgård & T. F. Næsje (2015). "Innslag av rømt oppdrettslaks i Altaelva og Repparfjordelva i 2015." NINA - Rapport 1213: 1-37.

Dahl, K. (1910). Alder og vekst hos laks og ørret belyst ved studiet av deres skjæl. Kristiania, Centraltrykkeriet.

Diserud, O. H., K. Hindar, S. Karlsson, K. A. Glover & Ø. Skaala (2017). "Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – status 2017." NINA rapport 1337: 1-55.

Finstad, A. G., O. K. Berg, T. Forseth, O. Ugedal & T. F. Naesje (2010). "Adaptive winter survival strategies: defended energy levels in juvenile Atlantic salmon along a latitudinal gradient." *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 277(1684): 1113-1120.

Finstad, A. G. & T. Forseth (2006). "Adaptation to ice-cover conditions in Atlantic salmon, *Salmo salar* L." *Evolutionary Ecology Research* 8(7): 1249-1262.

Fiske, P., R. A. Lund & L. P. Hansen (2005). Identifying fish farm escapees. *Stock Identification Methods; Applications in Fishery Science*. S. X. Cadrin, K. D. Friedland and J. R. Waldman. Amsterdam, Elsevier Academic Press: 659-680.

Fiske, P., R. A. Lund, G. M. Østborg & L. Fløystad (2001). "Rømt oppdrettslaks i sjø- og elvefisket i årene 1989-2000." NINA Oppdragsmelding 704: 1-26.

Fleming, I. A., K. Hindar, I. B. Mjølnerød, B. Jonsson, T. Balstad & A. Lamberg (2000). "Lifetime success and interactions of farmed salmon invading a native population." *Proc. R. Soc. Lond. B* 267: 1517-1523.

Fleming, I. A., A. Lamberg & B. Jonsson (1997). "Effects of early experience on the reproductive performance of Atlantic salmon." *Behavioral Ecology* 8(5): 470-480.

Forseth, T., B. T. Barlaup, B. Finstad, P. Fiske, H. Gjøsæter, M. Falkegård, A. Hindar, T. A. Mo, A. H. Rikardsen, E. B. Thorstad, L. A. Vøllestad & V. Wennevik (2017). "The major threats to Atlantic salmon in Norway." *ICES J Mar Sci (fsx020)*: 1-18.

- Garant, D., J. J. Dodson & L. Bernatchez (2000).** "Ecological determinants and temporal stability of the within- river population structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.)." *Molecular Ecology* **9**(5): 615-628.
- Gjedrem, T. (2010).** "The first family-based breeding program in aquaculture." *Reviews in Aquaculture* **2**(1): 2-15.
- Gjedrem, T., H. M. Gjøen & B. Gjerde (1991).** "Genetic origin of Norwegian farmed Atlantic salmon." *Aquaculture* **98**: 41-50.
- Gjøen, H. M. & H. B. Bentsen (1997).** "Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture." *Ices Journal of Marine Science* **54**(6): 1009-1014.
- Hedger, R. D., T. F. Naesje, P. Fiske, O. Ugedal, A. G. Finstad & E. B. Thorstad (2013).** "Ice-dependent winter survival of juvenile Atlantic salmon." *Ecology and Evolution* **3**(3): 523-535.
- Heggberget, T. G., L. P. Hansen & T. F. Næsje (1988).** "Within-River Spawning Migration of Atlantic Salmon (*Salmo salar*)." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **45**(10): 1691-1698.
- Heggberget, T. G., R. A. Lund, N. Ryman & G. Ståhl (1986).** "Growth and Genetic Variation of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) from Different Sections of the River Alta, North Norway " *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **43**(10): 1828-1835.
- Heggberget, T. G., F. Økland & O. Ugedal (1996).** "Prespawning migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a north Norwegian river." *Aquaculture Research* **27**: 313-322.
- Hutchings, J. A. & D. J. Fraser (2008).** "The nature of fisheries- and farming-induced evolution." *Molecular Ecology* **17**(1): 294-313.
- Jensen, A. J., S. Karlsson, P. Fiske, L. P. Hansen, G. M. Ostborg & K. Hindar (2014).** "Origin and life history of Atlantic salmon (*Salmo salar*) near their northernmost oceanic limit." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **71**(11): 1740-1746.
- Karlsson, S., O. Diserud, P. Fiske & K. Hindar (2016).** "Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations." *ICES Journal of Marine Science* **73**(10): 2488-2498.
- Karlsson, S., O. H. Diserud, T. Moen & K. Hindar (2014).** "A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression." *Ecology and Evolution* **4**(16): 3256-3263.
- Karlsson, S., T. Moen & K. Hindar (2010).** "Contrasting patterns of gene diversity between microsatellites and mitochondrial SNPs in farm and wild Atlantic salmon." *Conservation Genetics* **11**(2): 571-582.
- Karlsson, S., T. Moen & K. Hindar (2010).** "An extended panel of single nucleotide polymorphisms in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) mitochondrial DNA." *Conservation Genetics* **11**(3): 1171-1175.
- Karlsson, S., T. Moen, S. Lien & K. Hindar (2011).** "Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip." *Molecular Ecology Resources* **11** (Suppl. 1): 247-253.
- Lund, R. A. & L. P. Hansen (1991).** "Identification of wild and reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., using scale characters." *Aquaculture and Fisheries Management* **22**: 499-508.
- McGinnity, P., P. Prodöhl, A. Ferguson, R. Hynes, N. Ó Maoiléidigh, N. Baker, D. Cotter, B. O'Hea, D. Cooke, G. Rogan, J. Taggart & T. Cross (2003).** "Fitness reduction and potential

extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon." Proceedings of the Royal Society of London B **270**: 2443-2450.

McGinnity, P., C. Stone, J. B. Taggart, D. Cooke, D. Cotter, R. Hynes, C. McCamley, T. Cross & A. Ferguson (1997). "Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment." ICES JOURNAL OF MARINE SCIENCE **54**(6): 998-1008.

Mjølnertod, I. B., U. H. Refseth, E. Karlsen, T. Balstad, K. S. Jakobsen & K. Hindar (1997). "Genetic differences between two wild and one farmed population of Atlantic salmon (*Salmo salar*) revealed by three classes of genetic markers." Hereditas **127**(3): 239-248.

Moe, K., T. F. Næsje, T. O. Haugen, E. M. Ulvan, T. Aronsen, T. Sandnes & E. B. Thorstad (2016). "Area use and movement patterns of wild and escaped farmed Atlantic salmon before and during spawning in a large Norwegian river." Aquaculture Environment Interactions **8**: 77-88.

Næsje, T. F., T. Aronsen, E. M. Ulvan, K. Moe, P. Fiske, F. Økland, G. M. Østborg, O. Diserud, L. Skorstad, T. Sandnes & F. Staldvik (2015). "Villaks og rømt oppdrettslaks i Namsfjorden og Namsenvassdraget: Fangst, atferd og andeler rømt oppdrettslaks 2012-2014." NINA-Rapport **1138**: 1-106.

Næsje, T. F., R. Olsen & R. Stenbro (1998). "Fiskebestand i Sautsovvann. Prøvefiske i 1997." Statkraft Engineering, Altaelva-rapport **7**: 1-24.

Raymond, M. & F. Rousset (1995). "Genepop (version 2.1): Population genetics software for exact tests and ecumenicism." Journal of Heredity **86**: 248-249.

Skaala, O., J. B. Taggart & K. Gunnes (2005). "Genetic differences between five major domesticated strains of Atlantic salmon and wild salmon." Journal of Fish Biology **67**: 118-128.

Sundt-Hansen, L., J. Huisman, H. Skoglund & K. Hindar (2015). "Farmed Atlantic salmon *Salmo salar* L. parr may reduce early survival of wild fish." Journal of Fish Biology **86**(6): 1699-1712.

Taranger, G. L., O. Karlsen, R. J. Bannister, K. A. Glover, V. Husa, E. Karlsbakk, B. O. Kvamme, K. K. Boxaspen, P. A. Bjorn, B. Finstad, A. S. Madhun, H. C. Morton & T. Svasand (2015). "Risk assessment of the environmental impact of Norwegian Atlantic salmon farming." Ices Journal of Marine Science **72**(3): 997-1021.

Theodorou, K. & D. Couvet (2004). "Introduction of captive breeders to the wild: Harmful or beneficial?" Conservation Genetics **5**(1): 1-12.

Ugedal, O., T. F. Næsje, L. Saksgård & E. B. Thorstad (2016). "Fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva. Samlerapport for 2011- 2015." NINA-Rapport **1265**: 1-102.

Ugedal, O., E. B. Thorstad, A. G. Finstad, P. Fiske, T. Forseth, N. A. Hvidsten, A. J. Jensen, J. I. Koksvik, H. Reinsertsen, L. Saksgård & T. F. Næsje (2007). "Biologiske undersøkelser i Altaelva 1981-2006. Oppsummering av kraftreguleringens konsekvenser for laksebestanden." NINA-Rapport **281**: 1-106.

Verspoor, E., J. A. Beardmore, S. Consuegra, C. G. De Leaniz, K. Hindar, W. C. Jordan, M. L. Koljonen, A. A. Mahkrov, T. Paaver, J. A. Sanchez, Ø. Skaala, S. Titov & T. F. Cross (2005). "Population structure in the Atlantic salmon: insights from 40 years of research into genetic protein variation." Journal of Fish Biology **67**: 3-54.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-3112-1

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>

Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger