

1853

NINA Rapport

Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen laks fra samme årsklasse i Altaelva

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



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære 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 engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. 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 forskningsresultater i internasjonale vitenskapelige journaler og i populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen laks fra samme årsklasse i Altaelva

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

Wacker, S., Næsje, T.F., Karlsson, S., Ugedal, O., Diserud, O.H., Ulvan, E.M., Saksgård, L., Aronsen, T. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen laks fra samme årsklasse i Altaelva. NINA Rapport 1853. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, juni 2020

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4620-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Ingrid Solberg

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Ingebrigt Uglem (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Grieg Seafood Finnmark A/S, Cermaq Finnmark, Norway Royal Salmon Finnmark, Miljødirektoratet, og Norsk institutt for naturforskning

FORSIDEBILDE

Hannlaks fra Sautso © Tor F. Næsje

NØKKEWORD

- Altaelva
- Laks
- Genetikk
- Rømt oppdrettslaks
- Laksunger

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor
Postboks 5685 Torgarden
7485 Trondheim
Tlf: 73 80 14 00

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

NINA Tromsø
Postboks 6606 Langnes
9296 Tromsø
Tlf: 77 75 04 00

NINA Lillehammer
Vormstuguvegen 40
2624 Lillehammer
Tlf: 73 80 14 00

NINA Bergen
Thormøhlens gate 55
5006 Bergen
Tlf: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Wacker, S., Næsje, T.F., Karlsson, S., Ugedal, O., Diserud, O.H., Ulvan, E.M., Saksgård, L., Aronsen, T. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen laks fra samme årsklasse i Altaelva. NINA Rapport 1853. Norsk institutt for naturforskning.

Genetisk innkryssing av oppdrettslaks kan i tillegg til effekter av kraftutbygging potensielt ha bidratt til redusert smoltproduksjon i Sautso. I enkelte år har den øvre delen av Altaelva (Sautso) hatt en høy andel rømt oppdrettslaks i fangster om høsten. I Norge regnes genetisk innkryssing som en av de mest alvorlige truslene mot villaksen, siden innkryssing kan påvirke bestandenes lokale genetiske tilpasning og potensielt også levedyktighet. Denne undersøkelsen viser sammen med en tidligere studie, en høyere grad av genetisk innkryssing i Sautso enn i nedre deler av Altaelva. Undersøkelsene tyder også på redusert overlevelse i elva for ungfisk som er avkom av rømt oppdrettslaks sammenliknet med ren villaks.

I den første delen av rapporten har vi undersøkt den genetiske innkryssingen i årsyngel (0+) fra Sautso og fra nedre deler av Altaelva fra gyteårene 2015-2017. Andelen rømt oppdrettslaks var fra og med 2015 lav i hele Altaelva. Vi observerte likevel en signifikant grad av innkryssing i årsyngelen i Sautso fra disse årene, men ikke i de nedre delene av Altaelva. I fravær av rømt oppdrettslaks vil den genetiske innkryssingen i årsyngelen være et resultat av gyting av tilbakevandrende villaks med oppdrettsopphav. Antall prøver samlet inn i Sautso i disse årene var forholdsvis lavt og vi kan derfor ikke konkludere om genetisk innkryssing i ungfisk hovedsak skyldes gyting av rømt oppdrettslaks eller tilbakevandrende villaks med oppdrettsopphav. Innkryssing av oppdrettslaks i ungfisk har dermed vedvart i den undersøkte perioden 2008 til 2017, men i all hovedsak i Sautso.

Den andre delen av rapporten undersøker genetisk innkryssing i ungfisk og tilbakevandrende voksen fisk fra de samme gyteårene; 2008, 2009 og 2011. Gyteårene 2008 og 2009 ble valgt ut fordi vi tidligere har påvist genetisk innkryssing i voksen laks fanget i 2014, og majoriteten av disse var fra gyteårene 2008 og 2009. Gyteåret 2011 ble valgt ut fordi innkryssing i 0+ ungfisk fra dette gyteåret var relativt høy i Sautso.

I Sautso var graden av genetisk innkryssing høyere i ungfisk enn i tilbakevandrende voksen fisk for alle tre gyteårene (2008, 2009 og 2011). Genetisk innkryssing i ungfisk var signifikant for to av tre gyteår, mens genetisk innkryssing i voksen fisk ikke var signifikant for noen gyteår. Dette tyder på lavere overlevelse for individer med genetisk innslag av oppdrettslaks. Overlevelsen av individer med genetisk innslag av oppdrettslaks fra gyteårene 2008 og 2009 kan ha vært redusert enten i elva eller i havet. Resultatene for fisk fra gyteåret 2011 antyder at høyere dødelighet blant individer med helt eller delvis oppdrettsopphav i størst grad skjedde i tidlig i ferskvannsfasen (0+ til 2+) og i mindre grad i den siste livsfasen i elva eller etter de vandret ut i havet. Graden av genetisk innkryssing var relativt høy i årsyngelen, redusert i 2+ ungfisk, men ble ikke ytterligere redusert i tilbakevandrende voksen fisk. Graden av genetisk innkryssing var lav og ikke signifikant i 2+ ungfisk, og det var derfor liten mulighet til å observere ytterlig reduksjon av innkryssing til tilbakevandrende voksen fisk. Vi kan derfor ikke utelukke at vi ved en høyere grad av innkryssing i eldre laksunger også kunne ha observert en redusert grad av innkryssing i voksen laks og at også overlevelsen i havet blir påvirket av genetisk innkryssing.

I nedre deler av Altaelva fant vi ingen signifikant genetisk innkryssing i ungfisk fra gyteårene 2008, 2009 og 2011. Det var derfor ikke forventet at genetisk innkryssing var redusert i tilbakevandrende voksen fisk. I motsetning til Sautso tydet resultatene på en svak oppgang i graden av genetisk innkryssing fra ungfisk til voksen fisk. En viktig forutsetning for tolkningen av resultatene er at prøvene av voksen laks fanget i henholdsvis Sautso og i de nedre delene er laks som også ble født i disse områdene i elven og derfor kan sammenliknes med ungfisken. Det er ikke kjent om laks som er født i de øvre (Sautso) og de nedre delene av Altaelva vil vandre tilbake for å gyte som voksen laks i de samme områdene («homing» innad i elven). I tillegg er laks fanget i Sautso sannsynligvis laks som også vil gyte i dette området, mens laks fanget i de nedre delene

kan ha innslag av laks som er på tur opp til Sautso. Det kan heller ikke utelukkes at egenskapen til å vandre tilbake til fødestedet for å gyte vil kunne være påvirket av innkrysning av oppdrettslaks.

Wacker, S., Næsje, T.F., Karlsson, S., Ugedal, O., Diserud, O.H., Ulvan, E.M., Saksgård, L., Aronsen, T.

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

e-post: sebastian.wacker@nina.no, tor.nasje@nina.no, sten.karlsson@nina.no, ola.ugedald@nina.no, ola.diserud@nina.no, eva.ulvan@nina.no, laila.saksgard@nina.no, tonje.aronsen@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Metoder	9
2.1 Altaelva	9
2.2 Andel rømt oppdrettslaks.....	9
2.3 Genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks blant 0+ laksunger i Sautso og nedre deler av Altaelva	10
2.4 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen fisk fra samme gyteår .	10
2.5 Estimering av genetisk innkrysning	11
3 Resultater	12
3.1 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant 0+ laksunger i Sautso og nedre deler av Altaelva	12
3.2 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen fisk fra samme gyteår .	13
4 Diskusjon	16
4.1 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant laksunger i Sautso og nedre deler av Altaelva	16
4.2 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen fisk fra samme gyteår .	16
5 Konklusjoner	18
6 Referanser	19

Forord

I denne rapporten har vi videreført undersøkelser av genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i laksunger fra senere årsklasser enn de som er rapportert i NINA Rapport 1385 (2015, 2016 og 2017), samt undersøkt innkrysning i ungfisk og tilbakevandrende voksen villaks fra samme årsklasse. Dette gir innsikt i utviklingen av innkrysning hos villaks etter flere år med en lav andel rømt oppdrettslaks i fangstene i sportsfisket og høstfisket, samt kunnskap om grad av innkrysning ved ulike aldre og livsstadier hos villaks fra samme gyteår.

Vi ønsker å takke Grieg Seafood Finnmark A/S, Cermaq Finnmark, Norway Royal Salmon Finnmark, Miljødirektoratet, og Norsk institutt for naturforskning for finansiering. Videre ønsker vi å takke Alta Laksefiskeri Interessentskap (ALI) for hjelp med innsamling av prøver og utvikling av prosjektets innhold. Laila Saksgård, Line Eriksen Birkeland, Merethe Hagen Spets, Hege Brandsegg, Gunnel Østborg og Sigrid Skoglund takkes for deres innsats i forbindelse innsamling og bearbeiding av materialet samt genetiske analyser.

Juli 2020,

Sebastian Wacker

1 Innledning

Rømt oppdrettslaks er en av de viktigste truslene mot villaksbestandene i Norge (Forseth mfl. 2017, Glover mfl. 2017). Genetisk innkrysning fra rømt oppdrettslaks som gyter med villaks er dokumentert i mange norske villaksbestander og graden av innkrysning er korrelert med andel rømt oppdrettslaks i elva (Karlsson mfl. 2016, Anon. 2018, Diserud mfl. 2019). Oppdrettslaks har blitt selektert for egenskaper som er fordelaktig i matproduksjon, som rask vekst og forsinket kjønnsmodning. I tillegg har oppdrettslaks opphav i ett begrenset antall bestander, mens villaksbestander er genetisk differensierte og tilpasset lokale forhold (Gjedrem mfl. 1991, Solberg mfl. 2013). Oppdrettslaks er derfor genetisk forskjellig fra villaksen og har lavere genetisk variasjon (Theodorou & Couvet 2004, Hutchings & Fraser 2008, Karlsson mfl. 2011). Genetisk innkrysning av oppdrettslaks i villaksbestander påvirker viktige biologiske egenskaper ved de lokalt tilpassede bestandene, for eksempel laksens alder ved kjønnsmodning, som er et viktig livshistorietrekk (Bolstad mfl. 2017). Avkom av krysninger mellom villaks og oppdrettslaks (hybrider) er derfor dårligere tilpasset det lokale miljøet og kan ha lavere overlevelse og reproduksjonssuksess enn villaks. Innkrysning av rømt oppdrettslaks kan derfor påvirke bestandsutviklingen negativt (Forseth mfl. 2017, Glover mfl. 2017).

Altaelva har en storvokst villaksbestand og en lang sportsfisketradisjon og historie av fiskebiologiske undersøkelser. Etter regulering av Altaelva for kraftproduksjon i 1987 ble produksjon av laksunger og gytefisk redusert i den øvre delen av elva (Sautso) (Ugedal mfl. 2007, Ugedal mfl. 2016). Samtidig var innslaget av rømt oppdrettslaks i enkelte av de senere årene relativt høye i Sautso, og ofte høyere enn i nedre deler av elva (Ugedal mfl. 2016, Ugedal mfl. 2019). Den høyere andelen rømt oppdrettslaks i Sautso er sannsynligvis et resultat av at rømt oppdrettslaks har en tendens til å vandre langt opp i elva til vandringshindre, som observert i Altaelva (Heggberget mfl. 1993) og i Namsen (Moe mfl. 2016). Genetiske undersøkelser viste at det høye innslaget av oppdrettslaks i Sautso førte til en høyere grad av genetisk innkrysning blant laksunger sammenliknet med nedre deler av elva (Aronsen mfl. 2017).

Tidligere undersøkelser har også vist at laksunger med høy grad av genetisk innkrysning sannsynligvis har lavere overlevelse enn villaksunger i Sautso (Aronsen mfl. 2017). Redusert overlevelse for hybrider mellom villaks og rømt oppdrettslaks har også blitt observert i Canada (Wringe mfl. 2018, Sylvester mfl. 2019). Lavere overlevelse for hybrider og avkom av rømt oppdrettslaks i tidlige livsstadier har også blitt vist i eksperimentelle undersøkelser utført i naturlige elver i Norge og Irland (Fleming mfl. 2000, McGinnity mfl. 2003, Skaala mfl. 2012, Skaala mfl. 2019). Hybrider hadde lavere egg-overlevelse i disse eksperimentene (Fleming mfl. 2000, McGinnity mfl. 2003) mens resultater for parr overlevelse var blandet (Hindar mfl. 2006, Glover mfl. 2017). De eksperimentelle undersøkelsene i Irland viste også redusert overlevelse i havet for hybrider sammenliknet med ren villaks (McGinnity mfl. 2003) mens tilsvarende undersøkelser i Norge viste blandete resultater (Fleming mfl. 2000, Skaala mfl. 2019). Overlevelse og reproduksjonssuksess hos individer med opphav i oppdrettslaks er av stor betydning for påvirkning av rømt oppdrettslaks på villaksbestander. Lavere overlevelse for avkom av oppdrettslaks er forventet å påvirke bestandsutvikling negativt ved å redusere rekruttering. Samtidig begrenser lavere overlevelse for individer med oppdrettslaksopphav genetisk innkrysning i bestanden i etterfølgende generasjoner, men kan gjøre bestandene mere sårbare for ytterligere genetisk innkrysning (Hindar mfl. 2006, Glover mfl. 2020).

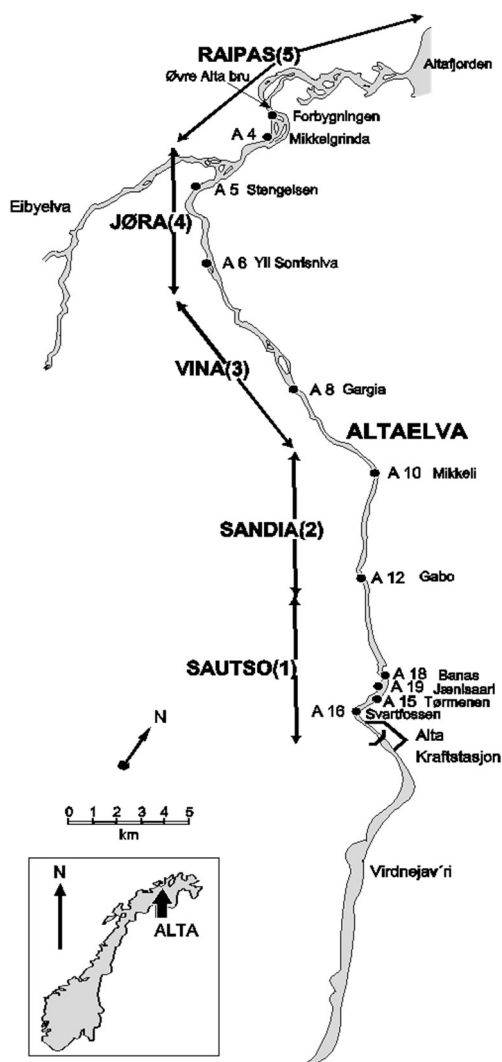
Formålet med denne rapporten er å videreføre undersøkelsene av genetisk innkrysning i Sautso og i nedre deler av Altaelva. En tidligere undersøkelse har vist høyere grad av genetisk innkrysning i laksunger i Sautso enn i nedre deler av elva (Aronsen mfl. 2017). I den første delen av rapporten viderefører vi denne undersøkelsen med analyser av laksunger fra gyteårene 2015 – 2017. Andelen rømt oppdrettslaks var lav fra og med 2015 i Altaelva (variasjonsbredde 0-2 %, Tabell 1). Genetisk innkrysning i ungfisk kan likevel forekomme på grunn av gyting av tilbakevandrende villaks med oppdrettsopphav.

I den andre delen av rapporten undersøker vi genetisk innkrysning i tilbakevandrende voksen fisk sammenliknet med ungfisk fra samme gyteår. Dette vil kunne dokumentere endringer i genetisk innkrysning som følge av den relative overlevelse for individer med oppdrettslaksopphav. Tidligere resultater viste genetisk innkrysning i tilbakevandrende voksen fisk i 2014 i Sautso, og også i nedre deler av Altaelva (Aronsen mfl. 2017). Majoriteten av disse voksen fiskene var fra gyteårene 2008 og 2009. Vi undersøkte derfor genetisk innkrysning i ungfisk fra gyteårene 2008 og 2009 og i tilbakevandrende voksen fisk fra disse gyteårene. Prøver av tilbakevandrende voksen fisk fra disse gyteårene ble innsamlet 2013–2017. En relativ høy grad av genetisk innkrysning ble tidligere funnet i ungfisk fra gyteår 2011 (5 % i 0+ laksunger fanget i Sautso)(Aronsen mfl. 2017), og vi undersøkte genetisk innkrysning i tilbakevandrende voksen fisk fra dette gyteåret (innsamlet 2016–2019).

2 Metoder

2.1 Altaelva

Altaelva har utspring i Kautokeino kommune og renner ut i Alta kommune i Finnmark (70° N, 23°E). Elva har et nedbørsfelt på 7389 km². Den lakseførende strekningen av Altaelva er på ca. 47 km og stopper ved utløpet av Alta Kraftstasjon. Sportsfiske i Altaelva er inndelt i fem soner, hvorav Sautso er den øverste sonen (**Figur 1**).



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

2.2 Andel rømt oppdrettslaks

Andel rømt oppdrettslaks om høsten i Altaelva fra 2009 til 2019 er vist i **Tabell 1**. Andelen rømt oppdrettslaks ble bestemt fra skjellprøver fra fisk fanget etter sportsfiskesesongen (Ugedal mfl. 2016). Skjellprøvene ble undersøkt for vekstsoner for å skille mellom villaks og rømt oppdrettslaks. For estimater av genetisk innkryssing i voksen laks ble individer klassifisert som rømt oppdrettslaks ikke inkludert.

Tabell 1. Antall laks fanget, antall rømte oppdrettslaks og andel rømt oppdrettslaks i fangster om høsten i Sautso og i nedre deler av elva. Tallene i tabellen er hentet fra fiskebiologiske undersøkelser (Ugedal mfl. 2016, Ugedal mfl. 2017, Ugedal mfl. 2018, Ugedal mfl. 2019, Skoglund mfl. 2020).

År	Lokalitet	Antall laks	Antall oppdrett	% oppdrett
2009	Sautso	109	5	5
2010	Sautso	158	22	14
2011	Sautso	76	9	12
	Nedre del	91	15	17
2013	Sautso	45	16	36
	Nedre del	93	12	13
2014	Sautso	69	13	19
	Nedre del	138	12	9
2015	Sautso	19	0	0
	Nedre del	155	3	2
2016	Sautso	32	0	0
	Nedre del	155	2	1
2017	Sautso	32	0	0
	Nedre del	139	1	<1
2018	Sautso	--	--	--
	Nedre del	63	2	1
2019	Sautso	13	0	0
	Nedre del	50	1	<1

2.3 Genetisk innkryssing av rømt oppdrettslaks blant 0+ laksunger i Sautso og nedre deler av Altaelva

Innslaget av rømt oppdrettslaks var spesielt høyt i Sautso i enkelte av gyteårene (**Tabell 1**). En tidligere undersøkelse viste høyere grad av genetisk innkryssing i laksunger i Sautso enn i nedre deler av elva i 2011 og 2013 (Aronsen mfl. 2017). I dette prosjektet videreførte vi disse undersøkelsene med laksunger fra gyteårene 2015 til 2017. Antall prøver undersøkt er vist i **Tabell 2**. Årsyngel (0+) av laks ble samlet inn under ungfiskundersøkelser som er en del av de pågående fiskebiologiske undersøkelsene i vassdraget (Ugedal mfl. 2016). Ungfiskundersøkelsene ble gjennomført to ganger årlig (sensommer og høst), på 10 stasjoner langs elva, hvorav fire ligger i Sautso (**Figur 1**). Et tilfeldig utvalg laksunger ble avlivet og frosset ned for videre bearbeiding. Laksungene ble lengdemålt og aldersbestemt ved hjelp av vekstmønster i skjell og otolitter (øresstein) og deretter fiksert i sprit. Fra spritfikserte fisker ble en liten bit gjellebue tatt for DNA ekstraksjon.

2.4 Innkryssing av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen fisk fra samme gyteår

Vi undersøkte genetisk innkryssing i ungfisk og tilbakevandrende voksen laks fra samme gyteår for Sautso og for nedre deler av elva. Dette ble gjort for laks fra gyteårene 2008, 2009 og 2011 (**Tabell 3**).

Gyteårene 2008 og 2009 ble valgt fordi genetisk innkrysning tidligere ble funnet i tilbakevandrende voksen fisk i 2014 (Aronsen mfl. 2017), hvor majoriteten var fra gyteårene 2008 og 2009. Vi undersøkte genetisk innkrysning i 0+ ungfisk fra gyteårene 2008 og 2009 i Sautso og nedre deler av elva. Vi undersøkte genetisk innkrysning i voksen fisk fra gyteårene 2008 og 2009 i laks som vandret tilbake i 2013-2017 (**Tabell 3**).

Voksen laks fra gyteåret 2011 ble undersøkt nærmere i dette prosjektet fordi det i en tidligere undersøkelse (Aronsen mfl. 2017) ble estimert forholdsvis høy innkrysning blant ungfisk i dette gyteåret. Vi brukte resultater fra tidligere undersøkelser av 1+ laksunger for nedre deler av elva og fra 0+, 1+ og 2+ laksunger for Sautso (Aronsen mfl. 2017) og supplerte med prøver av voksen laks fra det samme gyteåret, som vandret tilbake i 2016-2019 (**Tabell 3**).

Prøver av tilbakevandrende voksen laks fra gyteårene 2008, 2009 og 2011 ble samlet inn under sportsfiske og høstfiske 2013-2019 (**Tabell 3**). Prøver fra høstfiske ble foretrukket fordi fisk fanget om høsten har høyere sannsynlighet for å gyte i fangstområdet enn fisk fanget i sportsfiske som fremdeles kan være på vandring til gyteplassene. Prøver fra sportsfiske ble brukt for å øke antallet prøver, men blant disse ble fisk fanget seint i sesongen foretrukket. Smoltalder og sjøalder, og dermed gyteår, for voksen laks ble bestemt fra skjellprøver innlevert fra sportsfiske og høstfiske. Skjellprøvene ble videre brukt i genetisk analyse av innkrysning. Prøver av laksunger ble samlet inn med den samme metoden som beskrevet i avsnitt 2.3.

2.5 Estimering av genetisk innkrysning

DNA fra gjelleprøven fra laksungene og fra skjell fra voksen laks 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.).

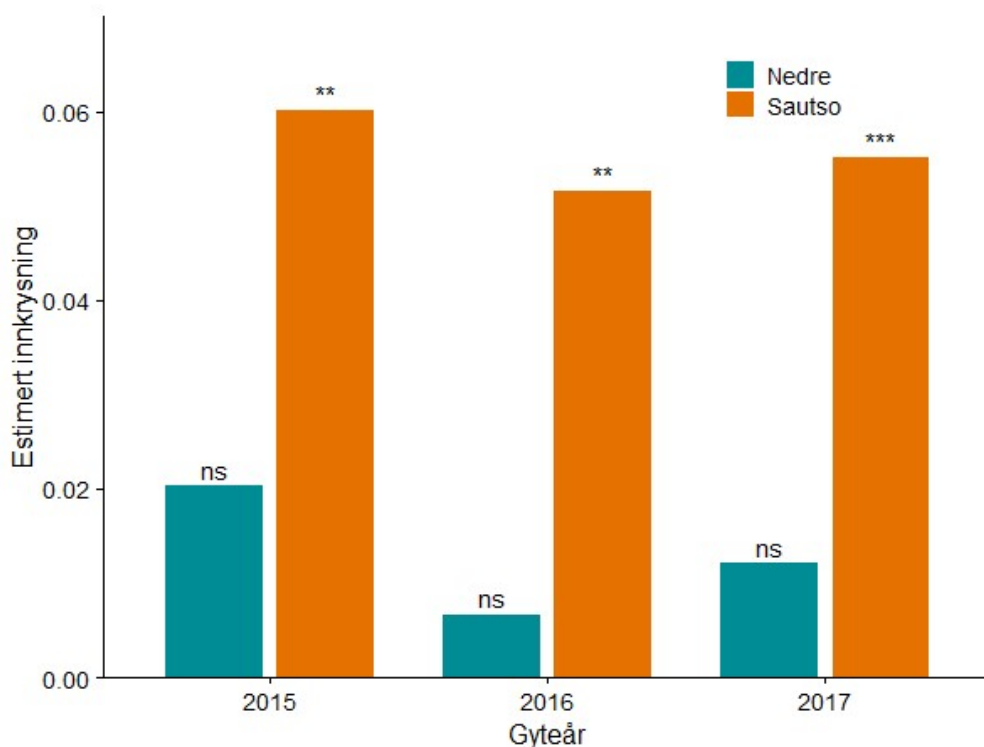
Genetisk innkrysning ble estimert på grunnlag av 48 SNPer som er diagnostiske for å skille mellom villaks og oppdrettslaksopphav (Karlsson mfl. 2011), og med de statistiske metodene utviklet av Karlsson mfl. (2014). Denne metoden har blitt brukt i landsdekkende undersøkelser av genetisk innkrysning i norske villaksbestander (Karlsson mfl. 2016, Diserud mfl. 2017, Diserud mfl. 2019).

For hver fisk estimerer metoden sannsynligheten for å tilhøre villfisk ($P(wild)$) versus oppdrettsfisk (Karlsson mfl. 2014). Referansegrunnlaget for villfisk består av historiske (ikke oppdrettspåvirkete) prøver av åtte laksebestander fra Finnmark. Deretter blir graden av genetisk innkrysning i den undersøkte bestanden estimert ved å sammenlikne fordeling av sannsynligheten for å tilhøre villfisk med tilsvarende fordeling i en historisk referanseprøve fra Altaelva (Karlsson mfl. 2014). Vi testet om estimert genetisk innkrysning var signifikant større enn null (Karlsson mfl. 2016). I tillegg rapporterer vi fem persentilen for de individuelle sannsynlighetene for å tilhøre villfisk og sammenlikner verdien med den tilsvarende verdien for de historiske Finnmarksprøvene. Denne metoden er godt egnet for å oppdage tilfeller der graden av innkrysning i bestanden er relativt lavt, men hvor bestanden likevel inneholder noen individer med lav sannsynlighet for vilt opphav (Karlsson mfl. 2016).

3 Resultater

3.1 Innkryssning av rømt oppdrettslaks blant 0+ laksunger i Sautso og nedre deler av Altaelva

Genetisk innkryssning i 0+ laksunger i nedre deler av Altaelva fra gyteårene 2015–2017 var relativt lav (0,008-0,020), og ikke signifikant for noen av årene (**Figur 2; Tabell 2**). Genetisk innkryssning i 0+ laksunger i Sautso var tre til fem ganger høyere (0,051-0,060) enn i nedre deler av Altaelva og signifikant i alle de tre undersøkte gyteårene (**Figur 2; Tabell 2**). Undersøkelsen av 5-persentiler viste forekomst av individer med lavere sannsynlig for vilt opphav i Sautso sammenliknet med historisk referanse (**Tabell 2**). Dette var også tilfellet i nedre deler av Altaelva i gyteåret 2015 selv om total estimert innkryssning ikke var signifikant (**Tabell 2**).



Figur 2. Estimert genetisk innkryssning i 0+ laksunger fra Sautso (oransje søyler) og nedre deler av Altaelva (grønne søyler). Laksungene er avkom av foreldre som gyttet i 2015, 2016 og 2017. ns= ikke signifikant innkryssning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

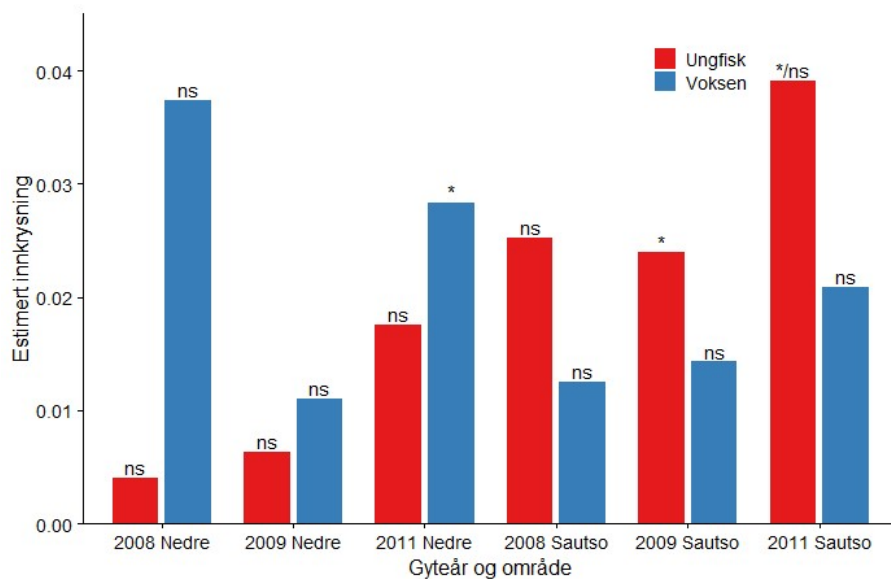
Tabell 2. Beregning av genetisk innkrysning i 0+ laksunger samlet inn i Sautso og nedre del av Altaelva (Jøra/Vina/Raipas) for avkom fra gyteårene 2015, 2016 og 2017. For hver lokalitet og gyteår er det angitt antall prøver, gjennomsnittlig estimert innkrysning med test for signifikans og nedre 5-persentil 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 den samlede historiske prøven fra alle Finnmarkselver. ns = ikke signifikant innkrysning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Gyteår	Prøvetaking-sår 0+	Lokalitet	Antall prøver	Estimert innkrysning	5-persentil
2015	2016	Sautso	93	0,060**	0,522***
2015	2016	Nedre del	77	0,020 ^{ns}	0,706***
2016	2017	Sautso	93	0,051**	0,523***
2016	2017	Nedre del	82	0,007 ^{ns}	0,840 ^{ns}
2017	2018	Sautso	95	0,055***	0,622***
2017	2018	Nedre del	95	0,012 ^{ns}	0,841 ^{ns}

3.2 Innkrysning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen fisk fra samme gyteår

I de nedre delene av Altaelva var den estimerte innkrysningen for alle de undersøkte gyteårene høyere i voksen fisk sammenliknet med ungfisken, men innkrysningen var relativt lav og ikke signifikant unntatt for voksen fisken fra gyteåret 2011 (**Figur 3; Tabell 3**). Genetisk innkrysning var forholdsvis høy i voksen fisk fra gyteår 2008, men dette skyldes få individer med veldig lav sannsynlighet for villfisk opphav. Genetisk innkrysning i denne gruppen var derfor ikke signifikant, mens 5-persentilen likevel viste forekomst av individer med lavere sannsynlighet for vilt opphav enn i historisk referanse (**Tabell 3**).

Genetisk innkrysning i ungfisk fra Sautso var høyere i alle de tre undersøkte gyteårene sammenliknet med voksen fisk og signifikant for ungfisken fra gyteår 2009 og 2011, men ikke signifikant for voksen fisk fra noen av gyteårene. For alle tre gyteårene var også innkrysningen i ungfisken fra Sautso høyere enn i ungfisken fra de nedre delene av Altaelva (**Figur 3; Tabell 3**). Genetisk innkrysning i ungfisk fra Sautso fra gyteår 2008 var ikke signifikant, men 5-persentilen viste forekomst av individer med lav sannsynlighet for vilt opphav (**Tabell 3**). Ungfisk fra gyteåret 2011 har tidligere blitt undersøkt i forskjellig aldre og genetisk innkrysning var signifikant for ungfisk fanget som 0+ og 1+, men ikke som 2+ (**Figur 4; Tabell 3**) (Aronsen mfl. 2017).

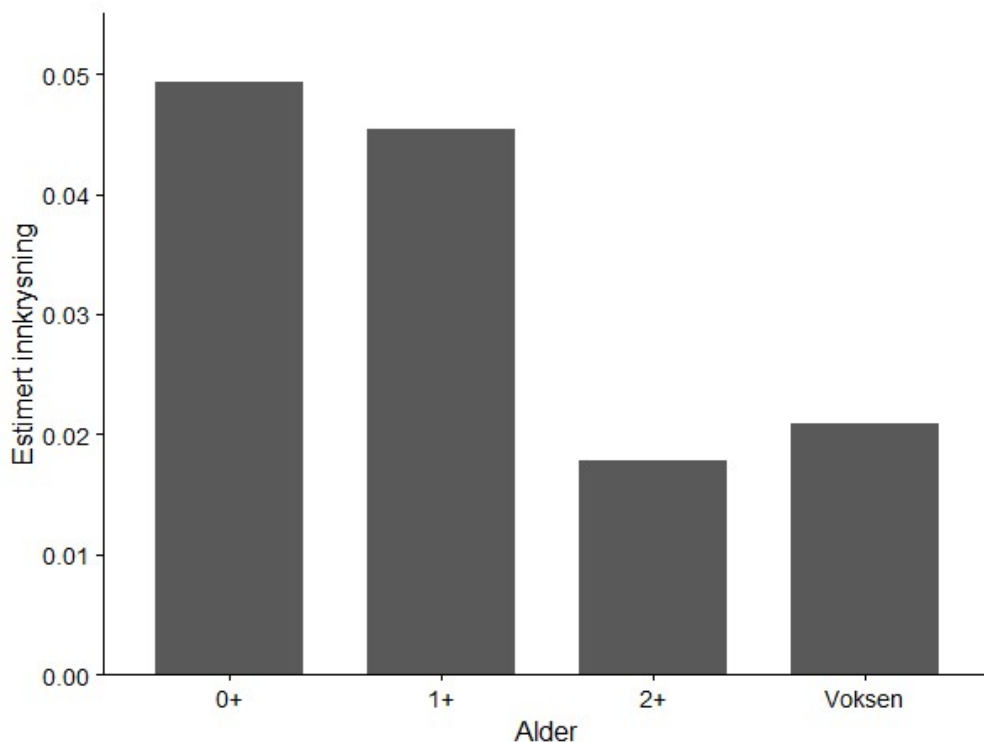


Figur 3. Estimert genetisk innkryssning i laksunger (røde søyler) og voksen laks (blå søyler) fanget i Sautso og nedre deler av Altaelva. Den voksne laksen ble fanget under sportsfiske og høstfiske i 2013-2019 og hadde, basert på skjellanalyse, foreldre som gytte i 2008, 2009 og 2011. Laksungene ble fanget som 0+ for gyteårene 2008 og 2009, som 1+ for gyteår 2011 i nedre deler og som 0+, 1+ og 2+ for gyteår 2011 i Sautso. ns = ikke signifikant innkryssning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. For ungfisk fra gyteåret 2011 var genetisk innkryssning signifikant i fisk undersøkt som 0+ og 1+ men ikke i fisk undersøkt som 2+.

Tabell 3. Beregning av genetisk innkryssning i laksunger og voksen fisk samlet inn i Sautso eller nedre del av Altaelva (Jøra/Vina/Raipas). Laksunger og voksen fisk er avkom fra gyteårene 2008, 2009 og 2011. For hver lokalitet, gyteår og alder er det angitt prøvetakingsår, antall prøver, gjennomsnittlig estimert innkryssning med test for signifikans og nedre 5-persentil for $P(wild)$ med test for signifikans. For voksen fisk er det angitt antall prøver samlet inn under høstfiske (H) og sportsfiske (S). Estimert innkryssning er testet mot en historisk prøve fra Alta, 5-persentilen for $P(wild)$ er testet mot en historisk prøve fra Finnmarkselver. ns = ikke signifikant innkryssning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Gyteår	Alder	Prøvetakingsår	Lokalitet	Antall prøver	Estimert innkryssning til	5-persen-
			0+			
2008	0+	2009	Sautso	92	0,025 ns	0,709 ***
	voksen fisk	2013-2016	Sautso	37 (32H + 5S)	0,013 ns	0,827 ns
	0+	2009	Nedre del	92	0,004 ns	0,872 ns
	voksen fisk	2014-2016	Nedre del	53 (29H + 24S)	0,037 ns	0,542 ***
2009	0+	2010	Sautso	94	0,024 *	0,659 ***
	voksen fisk	2014-2016	Sautso	24 (20H + 4S)	0,014 ns	0,746 ***
	0+	2010	Nedre del	91	0,006 ns	0,889 ns
	voksen fisk	2014-2017	Nedre del	52 (26H + 26S)	0,011 ns	0,872 ns
2011	0+	2012	Sautso	94	0,049 *	0,440 ***
	1+	2013	Sautso	100	0,045 *	0,413 ***
	2+	2014	Sautso	75	0,018 ns	0,801 ns
	voksen fisk	2016-2019	Sautso	49 (16H + 33S)	0,021 ns	0,649 ***
	1+	2013	Nedre del	100	0,018 ns	0,836 ns
	voksen fisk	2016-2019	Nedre del	89 (22H + 67S)	0,028 *	0,744 ***

Forskjeller i genetisk innkrysning mellom ungfisk og tilbakevandrende voksen fisk fra samme gyteår (**Figur 3; Tabell 3**) kan være påvirket av den relative overlevelsen i elva og i havet til individer med oppdrettsopphav. Tidligere har fisk fra Sautso fra gyteåret 2011 blitt undersøkt som ungfisk i aldersklassene 0+, 1+ og 2+ (**Tabell 3**), og genetisk innkrysning var avtagende fra 0+ til 2+ (Aronsen mfl. 2017). Genetisk innkrysning i 2+ og tilbakevandrende voksen fisk var på samme lave nivå (**Figur 4**).



Figur 4. Estimert innkrysning i laksunger (0+, 1+, 2+) og voksen laks fanget i Sautso. Den voksne laksen ble fanget under sportsfiske og høstfiske i 2016-2019, og hadde basert på skjellanalyse for-eldre som gytte i 2011. ns= ikke signifikant innkrysning, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

4 Diskusjon

4.1 Innkryssning av rømt oppdrettslaks blant laksunger i Sautso og nedre deler av Altaelva

Denne undersøkelsen viser en høyere grad av genetisk innkryssning i laksunger i Sautso enn i nedre deler av Altaelva. Estimert genetisk innkryssning var tre til fem ganger høyere i Sautso enn i nedre del av elva for ungfisk fra de tre undersøkte gyteårene (2015-2017). Dette er i samsvar med en tidligere undersøkelse av ungfisk fra gyteårene 2011 og 2013 (Aronsen mfl. 2017). Til sammen viser de genetiske undersøkelsene av ungfisk i Altaelva at innkryssning kan være spesielt høyt i Sautso i enkelte år. Genetisk innkryssning i disse årene kan derfor ha hatt en negativ påvirkning på laksen i Sautso i tillegg til redusert rekruttering som følge av vannkraftreguleringen (Ugedal mfl. 2007).

Graden av genetisk innkryssning i ungfisk er forventet å være påvirket av andelen rømt oppdrettslaks i elva om høsten det året når eggene ble gytt (Hindar mfl. 2006, Karlsson mfl. 2016). I samsvar med dette har genetisk innkryssning i ungfisk i Sautso tidligere blitt observert året etter høyt innslag av rømt oppdrettslaks (Aronsen mfl. 2017). Likevel ble det ikke registrert signifikant genetisk innkryssning i ungfisk fra gyteåret 2014, selv om innslaget av rømt oppdrettslaks i elva var betydelig denne høsten (Aronsen mfl. 2017). Dette kan mest sannsynlig forklares med at det var en høy andel umoden fisk blant den rømte oppdrettslaksen i 2014 (Aronsen mfl. 2017). For ungfisk fra gyteårene 2015-2017 var innkryssningen i Sautso forholdsvis høy (5-6 %), mens høstfiske disse årene fant en veldig lav andel rømt oppdrettslaks i både Sautso og i nedre deler av elva. Ingen rømt oppdrettslaks ble funnet i Sautso blant 83 laks fanget i høstfiske 2015-2017. Likevel var graden av innkryssning i ungfisk fra disse gyteårene i samme størrelsesorden som tidligere funnet i gyteårene 2011 og 2013, da det ble registrert henholdsvis 12 % og 36 % rømt oppdrettslaks i høstfiske i Sautso (Aronsen mfl. 2017). Andelen rømt oppdrettslaks var også lav i nedre deler av elva i 2015-2017. Innkryssning i ungfisk fra gyteårene 2015-2017 i Sautso kan derfor ikke forklares med at rømt oppdrettslaks har vandret fra nedre deler av elva til Sautso etter at høstfiske ble gjennomført. Antall laks som det ble tatt prøver av i Sautso ved høstfiske 2015-2017 var forholdsvis lavt, og rømt oppdrettslaks kan likevel ha vært tilstede uten å ha blitt registrert. Genetisk innkryssning i ungfisk er ikke bare påvirket av rømt oppdrettslaks som er tilstede i det aktuelle gyteåret, men også av akkumulert innkryssning fra tidligere år. Genetisk innkryssning i ungfisk fra gyteårene 2015-2017 i Sautso kan derfor skyldes forekomst av hybrider mellom villaks og oppdrettslaks blant gytefiske. På grunn av det lave antallet prøver fra høstfiske i Sautso kan vi ikke konkludere om genetisk innkryssning i ungfisk i Sautso fra gyteårene 2015-2017 skyldes primært rømt oppdrettslaks eller akkumulert genetisk innkryssning fra tidligere gytinger.

4.2 Innkryssning av rømt oppdrettslaks blant laksunger og voksen fisk fra samme gyteår

Denne undersøkelsen tyder på at graden av genetisk innkryssning i en gyteårsklasse ble redusert fra ungfisk til tilbakevandrende voksen fisk i Sautso. Resultatene stemmer overens med forventningen om en generell redusert overlevelse for individer med oppdrettsopphav (Hindar mfl. 2006, Glover mfl. 2017). For gyteårene 2008 og 2009 ble genetisk innkryssning undersøkt i 0+ ungfisk og i tilbakevandrende voksen fisk av varierende alder. For disse gyteårene kan overlevelsen av individer med oppdrettsopphav altså ha vært redusert i elva og/eller i havet. For gyteåret 2011 ble genetisk innkryssning undersøkt i 0+, 1+ og 2+ laksunger, og vi kan derfor til en større grad skille mellom overlevelse i elva og i havet. Genetisk innkryssning var forholdsvis høyt i 0+ laksunger fra gyteåret 2011. Som tidligere rapportert var overlevelse for laksunger med oppdrettsopphav fra dette gyteåret redusert i elva (Aronsen mfl. 2017). Når innkryssning i voksen fisk ble tatt med i betraktning så tyder resultatene på at individer med oppdrettsopphav fra gyteåret 2011

hadde redusert overlevelse i elva, men ikke i den resterende tid i elva og i havet. Graden av genetisk innkrysning var tydelig redusert fra 0+ ungfisk til 2+ ungfisk, men ble ikke ytterligere redusert i tilbakevandrende voksen fisk. Resultatene samsvarer med tidligere eksperimenter av overlevelse for villfisk, oppdrettsfisk og hybrider som ble gjennomført i naturlige elver i Norge (Fleming mfl. 2000). Konklusjoner på overlevelse i havet i denne undersøkelsen er riktignok begrenset av en lav grad av innkrysning i 2+ laksunger fra gyteåret 2011, som ga lite mulighet til en ytterlig reduksjon i innkrysning mot tilbakevandrende voksen fisk. Resultatene viser altså redusert overlevelse for individer med oppdrettsopphav fra ungfisk til tilbakevandrende voksen fisk i Sautso i tre gyteår. De mer detaljerte resultatene for gyteår 2011 tyder på at dette skyldes redusert overlevelse for individer med oppdrettsopphav i elva og ikke i havet.

I nedre deler av Altaelva var graden av genetisk innkrysning i ungfisk lavere enn i Sautso og ikke signifikant i de tre undersøkte gyteårene (2008, 2009, 2011). Når genetisk innkrysning er veldig lav i utgangspunktet så er en ytterlig reduksjon fra ungfisk til tilbakevandrende voksen fisk vanskelig å påvise statistisk, spesielt med et begrenset antall prøver. Sammenlikning av ungfisk og voksen fisk fra nedre deler av Altaelva viste ingen tegn på redusert overlevelse for individer med oppdrettsopphav. Tvert imot var det en svak oppgang i genetisk innkrysning fra ungfisk til voksen fisk i alle tre undersøkte gyteår (2008, 2009, 2011). Men forskjellen i genetisk innkrysning var liten og genetisk innkrysning i voksen fisk var bare signifikant for ett av de tre undersøkte gyteårene. For gyteår 2008 fant vi enn langt større grad av genetisk innkrysning i tilbakevandrende voksen fisk, men dette skyldes få individer med veldig lav sannsynlighet for villfisk opphav, og genetisk innkrysning var ikke signifikant i denne gruppen. Resultatene er altså ikke egnet til å kunne konkludere noe om den relative overlevelsen av fisk med innslag av oppdrettslaks i nedre deler av elva. Resultatene kan også ha blitt påvirket av vandringsmønster av tilbakevandrende voksen fisk og av mulig feilvandring av voksen laks mellom elver. Hvis fisk med innslag av oppdrettslaks fra Sautso viser en tendens for å vandre kortere opp i elva kan dette øke estimert innkrysning i nedre deler av elva, selv om Sautso bare utgjør en liten del av bestanden (Ugedal mfl. 2016). Basert på registreringer av gytegroper i ulike deler av elva så har gytebestanden av hunnlaks i Sautso utgjort om lag 10 % av den totale bestanden i Altaelva de siste årene (Ugedal mfl. 2016, Ugedal mfl. 2020). Det er også mulig at voksen laks fanget i nedre deler av elva ikke hadde ankommet gyteområdet på fangsttidspunktet, men var på vei opp i elva, selv om prøvene ble samlet inn under høstfiske og seint i sportsfiskesesongen.

5 Konklusjoner

Denne undersøkelsen bygger på tidligere undersøkelser av genetisk innkrysning i Altaelva og viser:

- Det var genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks i både tilbakevandrende voksen fisk og ungfisk i Altaelva fra flere av de undersøkte gyteårene
- Signifikant genetisk innkrysning i ungfisk ble funnet i Sautso, mens bare svake tegn til genetisk innkrysning ble funnet i ungfisk i nedre deler av elva
- Undersøkelse av genetisk innkrysning av ungfisk og tilbakevandrende voksen fisk fra samme gyteår i Sautso tyder på lavere overlevelse for individer med genetisk innslag av oppdrettsfisk i elva, men ikke i sjøfasen

6 Referanser

Anon. 2018. Status for norske laksebestander i 2018.

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.

Bolstad, G.H., Hindar, K., Robertsen, G., Jonsson, B., Saegrov, H., Diserud, O.H., Fiske, P., Jensen, A.J., Urdal, K., Naesje, T.F., Barlaup, B.T., Floro-Larsen, B., Lo, H., Niemela, E. & Karlsson, S. 2017. Gene flow from domesticated escapes alters the life history of wild Atlantic salmon. *Nature Ecology & Evolution* 1(5).

Diserud, O.H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K.A. & Skaala, Ø. 2017. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander - status 2017. NINA Rapport 1337.

Diserud, O.H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K.A. & Skaala, Ø. 2019. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2019. NINA Rapport 1659.

Fleming, I.A., Hindar, K., Mjølnerod, I.B., Jonsson, B., Balstad, T. & Lamberg, A. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 267(1452): 1517-1523.

Forseth, T., Barlaup, B.T., Finstad, B., Fiske, P., Gjoaester, H., Falkegard, M., Hindar, A., Mo, T.A., Rikardsen, A.H., Thorstad, E.B., Vollestad, L.A. & Wennevik, V. 2017. The major threats to Atlantic salmon in Norway. *Ices Journal of Marine Science* 74(6): 1496-1513.

Gjedrem, T., Gjoen, H.M. & Gjerde, B. 1991. Genetic-Origin of Norwegian Farmed Atlantic Salmon. *Aquaculture* 98(1-3): 41-50.

Glover, K.A., Solberg, M.F., McGinnity, P., Hindar, K., Verspoor, E., Coulson, M.W., Hansen, M.M., Araki, H., Skaala, O. & Svasand, T. 2017. Half a century of genetic interaction between farmed and wild Atlantic salmon: Status of knowledge and unanswered questions. *Fish and Fisheries* 18(5): 890-927.

Glover, K.A., Wennevik, V., Hindar, K., Skaala, O., Fiske, P., Solberg, M.F., Diserud, O.H., Svasand, T., Karlsson, S., Andersen, L.B. & Grefsrud, E.S. 2020. The future looks like the past: Introgression of domesticated Atlantic salmon escapees in a risk assessment framework. *Fish and Fisheries*.

Heggberget, T.G., Okland, F. & Ugedal, O. 1993. Distribution and Migratory Behavior of Adult Wild and Farmed Atlantic Salmon (*Salmo-Salar*) during Return Migration. *Aquaculture* 118(1-2): 73-83.

Hindar, K., Fleming, I.A., McGinnity, P. & Diserud, O.H. 2006. Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results. *Ices Journal of Marine Science* 63(7): 1234-1247.

- Hutchings, J.A. & Fraser, D.J. 2008. The nature of fisheries- and farming-induced evolution. *Molecular Ecology* 17(1): 294-313.
- Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K.A. & Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 11: 247-253.
- Karlsson, S., Diserud, O.H., Moen, T. & Hindar, K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression. *Ecology and Evolution* 4(16): 3256-3263.
- Karlsson, S., Diserud, O.H., Fiske, P. & Hindar, K. 2016. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *Ices Journal of Marine Science* 73(10): 2488-2498.
- McGinnity, P., Prodohl, P., Ferguson, K., Hynes, R., O'Maoileidigh, N., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. & Cross, T. 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 B-Biological Sciences* 270(1532): 2443-2450.
- Moe, K., Naesje, T.F., Haugen, T.O., Ulvan, E.M., Aronsen, T., Sandnes, T. & Thorstad, E.B. 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.
- Skaala, O., Glover, K.A., Barlaup, B.T., Svasand, T., Besnier, F., Hansen, M.M. & Borgstrom, R. 2012. Performance of farmed, hybrid, and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) families in a natural river environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69(12): 1994-2006.
- Skaala, O., Besnier, F., Borgstrom, R., Barlaup, B., Sorvik, A.G., Normann, E., Ostebo, B.I., Hansen, M.M. & Glover, K.A. 2019. An extensive common-garden study with domesticated and wild Atlantic salmon in the wild reveals impact on smolt production and shifts in fitness traits. *Evolutionary Applications* 12(5): 1001-1016.
- Skoglund, S., Næsje, T.F., Østborg, G. & Saksgård, L. 2020. Innslag av rømt oppdrettslaks i Altaelva og Repparfjordelva i 2019. NINA Rapport 1734.
- Solberg, M.F., Skaala, O., Nilsen, F. & Glover, K.A. 2013. Does Domestication Cause Changes in Growth Reaction Norms? A Study of Farmed, Wild and Hybrid Atlantic Salmon Families Exposed to Environmental Stress. *Plos One* 8(1).
- Sylvester, E.V.A., Wringe, B.F., Duffy, S.J., Hamilton, L.C., Fleming, I.A., Castellani, M., Bentzen, P. & Bradbury, I.R. 2019. Estimating the relative fitness of escaped farmed salmon offspring in the wild and modelling the consequences of invasion for wild populations. *Evolutionary Applications* 12(4): 705-717.
- Theodorou, K. & Couvet, D. 2004. Introduction of captive breeders to the wild: Harmful or beneficial? *Conservation Genetics* 5(1): 1-12.

- Ugedal, O., Thorstad, E.B., Finstad, A.G., Fiske, P., Forseth, T., Hvidsten, N.A., Jensen, A.J., Koksvik, J.I., Reinertsen, H., Saksgård, L. & Næsje, T.F. 2007. Biologiske undersøkelser i Altaelva 1981-2006. Oppsummering av kraftreguleringens konsekvenser for laksebestanden. NINA Rapport 281.
- Ugedal, O., Næsje, T.F., Saksgård, L.M. & Thorstad, E.B. 2016. Fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva. Samlerapport for 2011- 2015. NINA Rapport 1265.
- Ugedal, O., Saksgård, L.M., Næsje, T.F. & Thorstad, E.B. 2017. Fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva i 2016. NINA Kortrapport 74.
- Ugedal, O., Saksgård, L.M., Næsje, T.F. & Thorstad, E.B. 2018. Fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva i 2017. NINA Rapport 1515.
- Ugedal, O., Saksgård, L.M., Næsje, T.F. & Thorstad, E.B. 2019. Fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva i 2018. NINA Rapport 1681.
- Ugedal, O., Saksgård, L.M., Næsje, T. & Thorstad, E.B. 2020. Fiskebiologiske undersøkelser i Altaelva i 2019. NINA Rapport 1832.
- Wringe, B.F., Jeffery, N.W., Stanley, R.R.E., Hamilton, L.C., Anderson, E.C., Fleming, I.A., Grant, C., Dempson, J.B., Veinott, G., Duffy, S.J. & Bradbury, I.R. 2018. Extensive hybridization following a large escape of domesticated Atlantic salmon in the Northwest Atlantic. *Communications Biology* 1.

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på Ims i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4620-0

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 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