

2282

NINA Rapport

Evaluering av kultivering av laks i Gaulavassdraget

Sten Karlsson
Bjørn Florø-Larsen
Ingerid J. Hagen
Vegard G. Sollien



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.

Evaluering av kultivering av laks i Gaulavassdraget

Sten Karlsson
Bjørn Florø-Larsen
Ingerid J. Hagen
Vegard G. Sollien

Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Hagen, I.J. & Sollien, V.G. 2023. Evaluering av kultivering av laks i Gaulavassdraget. NINA Rapport 2282. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, mars 2023

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-5079-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Gunnbjørn Bremset

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER

TrønderEnergi Kraft AS

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Nils Henrik Johnson, TrønderEnergi

FORSIDEBILDE

Sentflytende parti i nedre del av Gaula © Øyvind Solem

NØKKELOORD

Gaula

Trøndelag

Laks

Genetikk

Vassdragsregulering

Kompensasjonstiltak

Kultivering

Smolt

KONTAKTOPPLYSNINGER

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

NINA Oslo
Sognsveien 68
0855 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

Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Hagen, I.J. & Sollien, V.G. 2023. Evaluering av kultivering av laks i Gaulavassdraget. NINA Rapport 2282. Norsk institutt for naturforskning

Gaulavassdraget er påvirket av vannkraftproduksjon gjennom fraføring av vann fra midtre deler og regulering av vannføringen i sidevassdraget Lundesokna. Som en kompensasjon for tapt smoltproduksjon ble det i 1975 innført et pålegg om årlige utsettinger av 5 000 laksesmolt i Gaula. Etter nye beregninger av smolttap ble pålegget i 2003 økt til årlige utsettinger av 15 000 laksesmolt. I de siste ni årene har det blitt brukt 14-22 stamfisk for å oppfylle pålegget om smoltutsettinger. Etter at smoltutsettingene ble startet har det ikke blitt gjennomført noen evaluering av kompensasjonstiltakene, verken tilslag på utsettingene eller genetiske effekter på laksebestanden. I dette prosjektet har vi ved hjelp av genetiske markører og et prøvemateriale fra sportsfiske sporet avkom etter stamfisk fra gyteårene 2014 og 2015. Tre av 94 fisk (3,2 %) fra gyteår 2014 ble tilordnet stamfiskforeldre og tre av 85 fisk (3,5 %) fra gyteåret 2015 ble tilordnet stamfiskforeldre.

Ved å ta utgangspunkt i gytebestandsmålet og en estimert naturlig smoltproduksjon for Gaulavassdraget, vurderes innslaget av returnerende voksenlaks med kultiveringsopphav å være på et tilsvarende nivå som innslaget av kultivert smolt i samlet smoltproduksjon i vassdraget. Siden det er brukt så få stamfisk har kultiveringspraksisen i Gaula i utgangspunktet et stort negativt potensial med hensyn til genetiske bestandseffekter. Imidlertid anses de negative effektene av kultivering å være små, fordi innslaget av kultivert fisk er på et lavt nivå. På bakgrunn av generell kunnskap om mulige negative effekter av kultivering, det forholdsvis lille bidraget kultiveringen har på bestanden i Gaula, og de mange mulighetene som finnes for å øke den naturlige produksjonen av laks i vassdraget, anbefaler vi å avslutte kompensasjonsutsettingene til fordel for bevaring og restaurering av gyte- og oppvekstområder.

Sten Karlsson (sten.karlsson@nina.no), Ingerid Julie Hagen, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Bjørn Florø-Larsen, Vegard G. Sollien, Veterinærinstituttet, Postboks 4024, Angelltrøa, 7457 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Innledning	6
2 Materiale og metoder	7
2.1 DNA-isolasjon og genotyping.....	7
2.2 Genetisk tilordning av kultivert fisk.....	7
2.3 Stamfiskenes representativitet i bestanden.....	8
2.4 Andel kultivert fisk sett i forhold til naturlig smoltproduksjon.....	8
3 Resultater	9
4 Diskusjon	10
5 Referanser	12

Forord

NINA ble kontaktet av Trønderenergi våren 2021 med ønske om at NINA sammen med Veterinærinstituttet kunne gjennomføre en analyse for å evaluere kultiveringen av laks i form av smoltutsettinger i Gaulavassdraget. I forhold til størrelsen på laksebestanden i Gaula er det forventet at utsettinger av 15 000 laksesmolt vil gi et ubetydelig bidrag til bestanden. Hovedspørsmålet var derfor hvorvidt utsettingene bidrar til å øke mengden fisk i vassdraget eller ikke, og denne undersøkelsen vil ligge til grunn for en vurdering om videre behov for kultivering i vassdraget. NINA og Veterinærinstituttet leverte en prosjektskisse våren 2021, men av ulike grunner ble ikke prosjektet igangsatt før våren 2022. Den viktigste grunnen til denne utsettelsen var å inkludere prøver fra sportsfiskesesongen 2022 for å dermed få komplette stikkprøver fra gyteårene 2014 og 2015 som ligger til grunn for vurderingen av tilslaget av smoltutsettingene. Vi takker Trønderenergi for oppdraget og ingeniørene ved NINAs genetikk-laboratorium (NINAGEN) for DNA ekstraksjon og genotyping,

Mars 2023, Sten Karlsson

1 Innledning

Gaulavassdraget er et nasjonalt laksevassdrag og en av de største i Norge med et gytebestandsmål på snaut 26 tonn hunnfisk (Hindar et al. 2007). Kvaliteten til laksebestanden i henhold til kvalitetsnormen er vurdert som svært dårlig med tanke på gytebestandsmåloppnåelse og høstbart overskudd, og som god/svært god med tanke på genetisk integritet, med ingen genetisk endring observert som følge av innkrysning med rømt oppdrettslaks ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](https://www.vitenskapsradet.no)). Gaulavassdraget er påvirket av flere reguleringsinngrep, hvorav utbyggingen av Lundesokna er den største på lakseførende strekning, der fraføring av vann har ført til en lavere vannføring i sideelvene Holta og Buru (Johnsen et al. 1999). Som en kompensasjon for tapt smoltproduksjon som følge av reguleringene ble det i 1975 innført et pålegg om utsettinger av 5 000 smolt (Johnsen et al. 1999), og dette pålegget ble utvidet til 15 000 smolt i 2003. Siden den genetiske stamlakskontrollen ble innført i 2014 (Karlsson et al. 2015), har det hvert år blitt testet mellom 17 og 25 stamfisk, og mellom 14 og 22 av disse har blitt godkjent til bruk i smoltproduksjon.

Fiskeutsettinger har lange tradisjoner og er fortsatt et forholdsvis utbredt tiltak for å styrke laksebestander. I dag skjer de fleste utsettinger etter pålegg for å kompensere for tapt smoltproduksjon som følge av vassdragsregulering, mens det tidligere var et langt større omfang på frivillig kultivering. Mens det tidligere var fokus på maksimal lakseproduksjon har kultiveringen blitt dreid mot bevaringstiltak for å sikre og styrke laksebestander, samtidig som bestandenes genetiske variasjon og integritet blir ivaretatt. Et utvalg oppnevnt av miljømyndighetene anbefalte at utsettinger av anadrome laksefisk primært bør innrettes mot truede og sårbare bestander (Anonym 2011). I retningslinjene som senere ble utarbeidet av Miljødirektoratet går det fram at muligheter for habitattiltak skal utredes før det vurderes å gjennomføre utsettinger (Anonym 2014). Dersom fiskeutsettinger vurderes nødvendige bør disse innrettes slik at de gir minst mulige negative konsekvenser for bestandens genetiske variasjon og integritet (Karlsson et al. 2016).

Den obligatoriske stamlakskontrollen som ble innført i 2014 har medført at kultivert laks nå er sporbar ved genetisk tilordning til stamfiskforeldre. Denne muligheten har blitt brukt for å evaluere kultiveringen i mange forskjellige vassdrag (Hagen et al. 2020, 2021a, 2021b, 2021c, 2022; Sægrov et al. 2018). Resultatene fra disse evalueringene har vist at effekten av kultiveringen har på laksebestandene varierer fra at tilslaget fra utsettingene er ubetydelige og derfor ikke heller påvirker bestanden, til at tilslaget er så stort at kultivert fisk dominerer bestanden og at kultiveringen fører til betydelige negative effekter i form av redusert effektiv bestandsstørrelse. I noen av disse evalueringene er det også vist at utvalget av stamfisk ikke har vært representativt ved at stamfiskene har vært større enn gytefiskene i vassdraget.

I denne rapporten presenterer vi analyser av sportsfiskeprøver av laks fra Gaula som ut fra alder er tilordnet gyteårene 2014 og 2015. Ved genetisk tilordning til stamfiskforeldre beregner vi hvor stor andel kultivert laks det var i disse gyteårene. Tilslaget av utsettingene blir vurdert opp mot pålegget på 15 000 smolt og den naturlige smoltproduksjonen i vassdraget.

2 Materiale og metoder

Det ble undersøkt laks fra gyteårsklassene 2014 og 2015 og ut fra smoltaldre og sjøaldre er disse representert i fangstårene 2018-2021 for gyteårsklasse 2014 og i fangstårene 2019-2022 for gyteårsklasse 2015. Det er viktig at stikkprøvene er representative for hver gyteårsklasse. Et tilfeldig utvalg av skjellprøver fra de ulike fangstårene som kunne tilhøre gyteår 2014 og 2015 ble derfor analysert for alder ved skjellesing. Et tilfeldig utvalg av 100 individer fra gyteår 2014 og 86 individer fra gyteår 2015 ble valgt ut for genetiske analyser (**tabell 1**).

Tabell 1. Stikkprøver av laks fra Gaula fra gyteår 2014 og 2015 (N) med smoltalder- og sjøalderfordeling (andel i parentes). Antall (N) i parentes angir antall individer som er inkludert i de videre statistiske analysene etter at individer med mislykket genotyping er utelatt og ett individ fra gyteår 2014 som ble identifisert som en hybrid mellom laks og ørret.

Gyteår	N	2-årssmolt	3-årssmolt	4-årssmolt	1SW	2SW	3SW	4SW
2014	100 (95)	18	79	3	19	33	38	10
		(0,18)	(0,79)	(0,03)	(0,19)	(0,33)	(0,28)	(0,1)
2015	86 (84)	24	61	1	5	25	53	3
		(0,28)	(0,71)	(0,01)	(0,06)	(0,29)	(0,62)	(0,03)

2.1 DNA-isolasjon og genotyping

Arvestoffet (DNA) ble ekstrahert fra skjellene ved bruk av Qiagen tissue ekstraksjons-kit. Stikkprøvene ble analysert med de samme genetiske markørene som benyttes til stamlakskontrollen på en Fluidigm SNP genotypingsplattform, hvorav 48 SNP-er benyttes for å skille mellom oppdrettslaks og villaks (Karlsson et al. 2011) og estimere grad av innkrysning, 15 er lokalisert i det mitokondrielle arvestoffet og 68 SNP-markører i kjerne DNA ble brukt til genetisk tilordning av avkom til stamfisk

2.2 Genetisk tilordning av kultivert fisk

Bakgrunnen for genetisk tilordning av avkom til foreldre er at avkom arver ett gen fra mor og ett gen fra far (Mendelsk nedarving) og at det derfor er en forventning om hvilke genotyper et avkom kan få gitt genotypen til foreldrene. Ved å undersøke et tilstrekkelig antall genetiske markører kan man bli tilnærmet 100 % sikker på tilordningen til foreldre. Denne genetiske tilordningen ble gjort i et skript i Visual Basic (Thomas Moen, AquaGen AS, upublisert). Som en ekstra kvalitets-sikring ble tilordningen gjort ved å tillate alle mulige krysninger mellom stamfisk uavhengig av gyteår og kjønn. Ved alle foreldre/avkom treff/match ble det undersøkt hvorvidt dette var en krysning mellom stamfisk fra det samme året og om det var en ho-fisk og en hann-fisk. Fordi det mitokondrielle arvestoffet nedarves i sin helhet fra mor til avkom ble dette brukt for å undersøke om identifisert avkom til stamfisk hadde samme mitokondrielle haplotype som mor-stamfisken. For å undersøke om det fantes noen feilvandret kultivert fisk blant sportsfiskeprøvene ble det genetiske tilordningen også gjort til stamfisk fra Nidelva og Stjørdalselva fra de samme gyteårsklassene. Stikkprøvene fra gyteårsklassene 2014 og 2015 ble i tillegg til stamfisk fra 2014 og 2015 forsøkt tilordnet stamfisk fra 2016 for å ta høyde for mulig feil i aldersanalysene.

2.3 Stamfiskenes representativitet i bestanden

Det viktigste som gjøres for å påse at stamfisken som benyttes til kultivering representerer gytebestanden er at den er fanget i den samme elven og at den ikke er rømt oppdrettslaks eller avkom etter rømt oppdrettslaks, og dette blir undersøkt i den obligatoriske stamlakskontrollen (Karlsson et al. 2015). I tillegg er det viktig at stamfisken utgjør et representativt utvalg av gytefisken med tanke på størrelse. Dette ble undersøkt ved å sammenlikne lengde oppgitt i det samlede skjellmaterialet fra sportsfiske med lengde på stamfisken og ved en t-test undersøke om det var signifikante forskjeller.

2.4 Andel kultivert fisk sett i forhold til naturlig smoltproduksjon

Gytebestandsmålet for Gaula er vurdert til 25 817 kg hunnlaks eller 37 434 000 egg og en smoltproduksjon på 645 743 ved en eggtetthet på fire per m² (Hindar et al. 2007). Smoltpålegget for Gaula er på 15 000 smolt, og dette vil da utgjøre henholdsvis 2,3 % av den naturlige smoltproduksjonen. I 2014 var gytebestandsmålet nådd i Gaula, men det var kun 75 % gytebestandsmål-oppnåelse i 2015. Tar man dette med i beregningen vil forventet naturlig smoltproduksjon i 2015 være mindre og forventet andel kultivert smolt bli 3,0 % for 2015. Ved en eggtetthet på tre egg per m² vil en få en andel kultivert smolt på 3,0 % og ved en eggtetthet på fem egg per m² vil en få en andel kultivert smolt på 1,8 %. Disse estimatene er naturligvis beheftet med en god del usikkerhet, men kan likevel gi en pekepinn på det forventete tilslaget av kultiveringen.

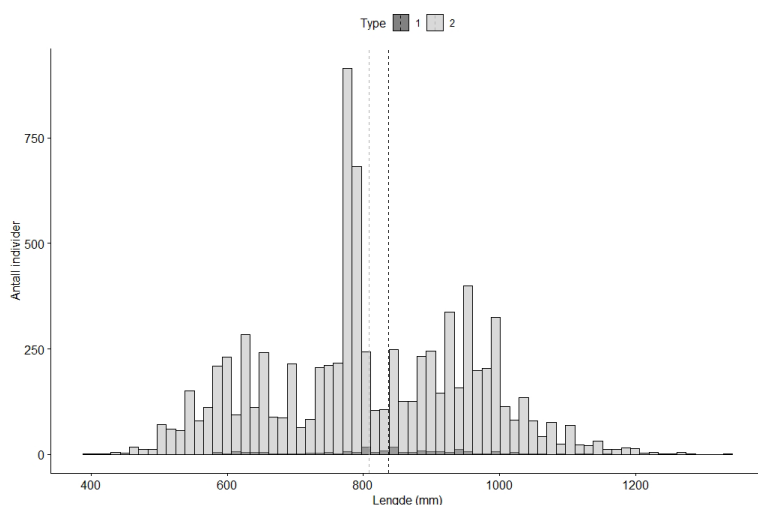
3 Resultater

Av 100 individer analysert fra gyteår 2014 ble det identifisert en hybrid mellom laks og ørret og for fem individer ble genotypingen mislykket. Dermed ble 94 individer med i videre analyser. Av 86 individer fra 2015 ble genotypingen vellykket for 84 individer, og disse ble med i videre analyser.

Tre av 94 individer som ut fra aldersbestemmelser på skjell tilhørte gyteårsklasse 2014 ble tilordnet stamfisk fra 2014 og én til ett stamfiskpar fra 2015. Andel kultivert fisk fra denne stikkprøven på 94 individer fra gyteår 2014 var dermed 3,2 % (tre av 94). To individer fra stikkprøven med gyteår 2015 ble tilordnet stamfisk fra 2015 og til sammen med det ene individet i gruppen fra gyteårsklasse 2014 som også ble tilordnet 2015 stamfisk, var andel kultivert fisk i denne gyteårsklassen 3,5 % (3 av 85). Disse andelene er på det samme nivået eller noe høyere enn det som en skulle forvente utfra forventet naturlig smoltproduksjon estimert fra gytebestandsmål og antatt overlevelse frem til smolt (Hindar et al. 2007), som beskrevet i **avsnitt 2**.

Det var ulike stamfiskforeldrepar til de ulike individene identifisert som avkom etter stamfisk. I 2014 var det 20 potensielle stamfisker som ble sent videre til genetisk kontroll og tre av disse ble forkastet på grunn av sannsynlig opphav i rømt oppdrettslaks og av de gjenværende var det seks som ble identifisert som foreldre med ett avkom hver (tre ulike par) i dette prosjektet. I 2015 ble 25 potensielle stamfisker sent til genetisk opphavskontroll og tre av disse ble forkastet, mens 22 ble godkjent til bruk som stamfisk og seks av disse ble identifisert med ett avkom hver (tre ulike par). Antall kultiverte fisk er for lite til å sikkert kunne beregne det relative bidraget fra de ulike stamfiskene, men de få kultiverte fiskene som ble identifisert indikerer at det ikke er et veldig skjevt bidrag.

For å undersøke representativiteten i stamfisken med tanke på størrelse, ble individuell lengde på stamfisken sent til genetisk opphavskontroll fra 2014 til 2022 sammenliknet med lengdedata på fisk fanget i sportsfiske i samme periode. Lengdefordelingen mellom disse gruppene var forholdsvis lik (**figur 1**) med en gjennomsnittlig lengde for stamfiskene på 834 mm og for fisken fanget i sportsfiske på 809 mm. Stamfiskene var signifikant større (t-test: $t=2,999$, $df=192$, $P=0,003$). Det er likevel usikkert hvorvidt stamfiskene er større enn gjennomsnittet i gytebestanden, fordi det i Gaula er innført hunnlaksfredning fra og med 1. juli og en størrelsesbegrensning på maksimalt én laks over 80 cm (Robertsen et al. 2021). Sportsfiskefangstene forventes dermed ikke å være representative for gytebestanden, men å være av fisk med noe mindre størrelse.



Figur 1. Lengdefordeling av stamfisk (type 1 mørkegrå) og av sportsfiskeprøver (type 2 lysegrå) i perioden 2014-2022.

4 Diskusjon

Blant de viktigste inngrepene som har ført til redusert lakseproduksjonen i Gaula er omfattende grusgraving, tungmetallforurensning fra eldre gruveområder og kraftverksregulering av Lunde-sokna (Johnsen et al. 1999, Hvidsten & Johnsen 2001, Holthe et al. 2020). I forbindelse med konsesjonsprosessen ble det vurdert at utbyggingen trolig ville innebære at den årlige lakseproduksjonen ble redusert med 5 000 laksesmolt, og i 1975 ble kraftselskapet pålagt årlige utsetninger av 5 000 laksesmolt. Langeland (1981) vurderte imidlertid at reguleringsinngrepene ikke hadde hatt nevneverdig negativ effekt på lakseproduksjonen. I en mer grundig gjennomgang av ulike regulerings effekter vurderte Hvidsten & Johnsen (2001) et samlet årlig tap på 10 000 laksesmolt, samtidig som det ble pekt på mange andre viktige inngrep som påvirket rekrutteringen negativt. På grunnlag av disse vurderingene ble utsetningspålegget i 2003 økt fra 5 000 til 15 000 laksesmolt. I det nye utsetningspålegget ble det også inkludert oppfølgende undersøkelser for å evaluere tilslaget på utsettingene. Imidlertid har denne delen av pålegget av ulike grunner ikke blitt effektivt, og det har heller ikke blitt gjennomført nye, regulerings spesifiske undersøkelser i lakseførende deler av Gaulavassdraget.

Formålet med dette prosjektet er å kvantifisere tilslaget av de årlige smoltutsettingene og danne et kunnskapsgrunnlag for vurderingen om nødvendigheten av å videreføre disse utsettingene. Forholdstallet mellom utsatt smolt og naturlig produsert smolt (ca. 3 %) på den ene siden og andel voksen laks med kultivert opphav (ca. 3 %) på den andre siden tilsier at utsettingene oppfyller pålegget om å kompensere for det anslåtte tapet i smoltproduksjon som følge av kraftregulering. Det er imidlertid viktig å være klar over usikkerhetene til disse estimatene: estimatene av andel kultivert fisk er basert på identifikasjon av kun tre kultiverte individer for hvert av de to gyteårene som ble undersøkt og en må også kunne forvente at tilslaget av utsettingene vil kunne variere en del mellom gyteår. Estimatet av naturlig smoltproduksjon er også beheftet med stor usikkerhet ved at det tar utgangspunkt i gytebestandsmålet som kan være upresist og en standard overlevelse fra egg til smolt, som kun er en grov antagelse og forventes kunne variere mye mellom år (Hindar et al. 2007).

Antall godkjent stamfisk de siste ni årene har variert mellom 14 og 22. I forhold til den naturlige bestandsstørrelsen er dette antallet meget lite og utgjør en betydelig mindre andel enn den andelen de bidrar med til gytebestanden ved smoltutsettingene, og dermed en Ryman-Laikre effekt (Ryman & Laikre 1991). Så lenge andelen av kultivert fisk fra disse stamfiskene holdes på dette lave nivået vil imidlertid effekten av kultivering ikke ha en betydelig negativ effekt på bestandens effektive bestandsstørrelse. I store laksebestander som Gaula vil utsetting av fisk som tar sikte på å balansere andel kultivert fisk med antall stamfisk i forhold til den naturlige bestanden for å unngå en Ryman-Laikre effekt ikke kunne oppnå store bidrag fra utsettinger med mindre et meget stort antall stamfisk blir lagt til grunn for kultivering (Karlsson et al. 2016). I tillegg til Ryman-Laikre effekten ved kultivering finnes en rekke studier som peker i retning av utilsiktet seleksjon i anlegg. Denne negative effekten vil være større jo lengre fisken holdes i et kunstig miljø. Det er derfor ønskelig å sette ut så unge stadier som mulig, samt å unngå smoltutsettinger (Anonym 2014, Karlsson et al. 2016).

Det er blant annet vist en rask reduksjon i reproduktiv suksess i naturen etter at fisk har blitt holdt i et kunstig miljø (Araki et al. 2007, Christie et al. 2012, Milot et al. 2013) og at fisk med domestisert opphav (Hagen et al. 2020) eller fisk som tidligere er produsert i anlegg (Christie et al. 2012) har betydelig bedre suksess i anlegg sammenliknet med vill fisk. Det er også vist at smolt produsert i anlegg har en dårligere vekst og sjøoverlevelse enn den naturlig produserte smolten (Jonsson et al. 2003, Larocque et al. 2020). I en studie av O'Sullivan et al. (2020) ble det også vist at fisk med anleggsbakgrunn hadde en lavere total livstidssuksess enn vill fisk og at det var en sammenheng mellom andel kultivert fisk i bestanden og produktiviteten til bestanden. Det er også vist feilvandring av klekkerismolt er høyere enn naturlig produsert smolt (Jonsson og Jonsson 2003) og det er også demonstrert at utsettinger av laks har ført til at laksebestander blitt mindre genetisk forskjellig ved unaturlig høy genflyt (Vasemagi et al. 2005, Perrier et al. 2013, Ozerow et al. 2016, Östergren et al. 2021).

I dette prosjektet har vi demonstrert at utsetting av smolt i Gaula gir et bidrag i form av tilbakevendende gytefisk på et nivå tilsvarende mengde smolt satt ut. Det er mange kjente negative effekter ved kultivering av smolt, men fordi bidraget fra kultiveringen i Gaula er forholdsvis lite forventes ikke dette ha en i nevneverdig negativ effekt på bestanden, men vil kunne få betydelige negative effekter dersom denne andelen økes. På bakgrunn av generell kunnskap om mulige negative effekter ved kultivering og det forholdsvis lille bidraget kultiveringen har på bestanden i Gaula anbefaler vi å avslutte denne kultiveringen. Dersom utsettingene likevel videreføres bør man vurdere hvorvidt det er mulig å sette ut yngre stadier på strekninger som ikke konkurrerer med den naturlige produksjonen. Utover det som angår negative effekter fra kraftverksregulering og kompensasjon i form av smoltutsettinger presenterte Holthe et al. (2020) en lang liste med habitatforbedrende tiltak for laksen. Blant disse tiltakene inngår flytting eller fjerning av elveforbygninger, etablere skjul for ungfisk, etablere gyteområder for voksen fisk, åpne sideløp og krok-sjøer, modifisere kulverter og stikkrenner, sikring og bevaring av kantvegetasjon og tiltak mot vannforurensing. Disse tiltakene vil ikke direkte kunne relateres til effekten av kraftverksregulering, men forventes å kunne øke den naturlige produksjonen i større grad enn det som tilsvarer kompensasjonsutsettingene av smolt.

5 Referanser

- Anonym 2011. Innstilling fra utvalg om kultivering av anadrom laksefisk. Utvalg utnevnt i brev av 26.10.10 fra Direktoratet for naturforvaltning. DN-utredning 11-2011. Direktoratet for naturforvaltning.
- Anonym 2014. Retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. M186-2014. Miljødirektoratet.
- Araki, H., Cooper, B. & Blouin, M. S. 2007. Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science* 318: 100–103.
- Christie, M. R., Marine, M. L., French, R. A., & Blouin, M. S. 2012. Genetic adaptation to captivity can occur in a single generation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109: 238–242
- Hagen, I. J., Ugedal, O., Jensen, A. J., Lo, H., Holthe, E., Bjørn, B., Florø-Larsen, B., Sæggrov, H., Skoglund, H. & Karlsson S. 2020. Evaluation of genetic effects on wild salmon populations from stock enhancement. *ICES Journal of Marine Science*, 78: 900-909. doi:10.1093/icesjms/fsaa235
- Hagen, I. J., Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V. P. 2022. Evaluering av frivillig kultivering i Fetvassdraget. NINA Rapport 2027. Norsk institutt for naturforskning. ISBN 978-82-426-4808-2).
- Hagen, I. J., Karlsson, S., Urdal, K. & Hellen, B-A. 2021a. Evaluering av kultivering av laks i Korsbrekkelva. NINA Rapport 1961. Norsk institutt for naturforskning. ISBN 978-82-426-4740-5.
- Hagen, I. J., Karlsson, S., Fiske, P., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V. P. Evaluering av kultivering i Ørstaelva. 2021b. NINA Rapport 1960. Norsk institutt for naturforskning. ISBN 978-82-426-4739-9
- Hagen, I. J., Karlsson, S., Sæggrov, H., Hellen, B. A., Øygard, J-I. & Lo, H. 2021c. Genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva. NINA Rapport 1987. Norsk institutt for naturforskning. ISBN 978-82-426-4766-5.
- Hagen, I.J., Jensen, A.J., Bjørn, B., Holthe, E., Florø-Larsen, B., Lo, H., Ugedal, O. & Karlsson, S. 2019. Evaluering av kultivering med molekylærgenetiske metoder. NINA Rapport 1531. Norsk institutt for naturforskning.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Storeid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sæggrov, H. & Sættem, L. M. 2007 Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. - NINA Rapport 226. 78 s.
- Holthe, E., Bergan, M.A., Foldvik, A., Solem, Ø., Jensås, J. & Bremset, G. 2020. Helhetlig tiltaksplan for nedre deler av Gaulavassdraget. Delplan for Gaula nedstrøms Støren. NINA Rapport 1763. Norsk institutt for naturforskning.
- Johnsen, B.O., Hvidsten, N.A. & Møkkelgjerd, P.I. 1999. Lakselver i Trondheimsfjorden. NINA Oppdragsmelding 598. Norsk institutt for naturforskning.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Hansen, L. P. 2003. Atlantic salmon straying from the River Imsa. *Journal of Fish Biology* 62: 641–657.
- Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., & Ugedal., O. 2016. Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet. NINA Rapport 1269. Norsk institutt for naturforskning
- Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Balstad, T. & Eriksen, L. B. 2015. Stamlakskontroll 2014. NINA Rapport 1143. Norsk institutt for naturforskning
- Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K. A., and Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 11: 247–253
- Langeland, A. 1981. Fiskerisakkyndig uttalelse angående virkninger for fisket og fiskebestand i Gaula og Håen av reguleringstiltak i Lundesokna-vassdraget. - Sak 10/1972 B: Sør-Trøndelag Kraftsel-skap - diverse grunneiere ved Gauldal Herredsrett.

- Larocque, S. M., Johnson, T. B. & Fisk A. T. 2020. Survival and migration patterns of naturally and hatchery-reared Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts in a Lake Ontario tributary using acoustic telemetry. *Freshwater Biology* 65: 835-848.
- Milot, E., Perrier, C., Papillon, L., Dodson, J. J. & Bernatchez, L. 2013. Reduced fitness of Atlantic salmon released in the wild after one generation of captive breeding. *Evolutionary Applications*, 6: 472–485.
- O'Sullivan, R. J., Aykanat, T., Johnston, S. E., Rogan, G., Poole, R., Prodhöl, P. A., de Eyto, E., Primmer, C. R., McGinnity, P. & Reed, T. E. 2020. Captive-bred Atlantic salmon released into the wild have fewer offspring than wild-bred fish and decrease population productivity. *Proceedings of the Royal Society B* 287: 20201671. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2020.1671>
- Ozerov, M. Y., Gross, R., Bruneaux, M., Vähä, J. P., Burimski, O., Pukk, L. & Vasemägi, A. 2016 Genomewide introgressive hybridization patterns in wild Atlantic salmon influenced by inadvertent gene flow from hatchery releases. *Molecular Ecology* 25: 1275–1293. (doi:10.1111/mec.13570)
- Perrier, C., Guyomard, R., Bagliniere, J-L., Nikolic, N., Evanno, G. 2013 Changes in the genetic structure of Atlantic salmon populations over four decades reveal substantial impacts of stocking and potential resiliency. *Ecology and Evolution* 3: 2334–2349. (doi:10.1002/ece3.629)
- Robertsen, G., Ugedal, O., Ulvan E.M., Fiske, P., Karlsson, S., Rognes, T., Krogdahl, R., Spets, M.H., Florø-Larsen, B. & Solem, Ø. 2021. Genetisk kartlegging av kjønn hos laks fra skjellprøver inn-samlet ved sportsfiske. NINA Rapport 1955. Norsk institutt for naturforskning.
- Sægvog, H., Hagen, I.J., Hellen, B.A. & Karlsson, S. 2018. Evaluering av kultivering og kalking for laksebestanden i Flekkeelva. Bergen. Rådgivende Biologer AS (ISBN 978-82-8308-547-1).
- Ryman, N. & Laikre, L. 1991. Effects of supportive breeding on the genetically effective population size. *Conservation Biology* 5: 325-329.
- Vasemägi, A., Gross, R., Paaver, T., Koljonen, M-L., Nilsson, J. 2005 Extensive immigration from compensatory hatchery releases into wild Atlantic salmon population in the Baltic sea: spatiotemporal analysis over 18 years. *Heredity* 95: 76–83. (doi:10.1038/sj.hdy.6800693)
- Hvidsten, N.A. & Johnsen, B.O. 2001. Effekter av vannkraftutbygging på smoltproduksjonen i Gaula. NINA Oppdragsmelding (ikke publisert). Norsk institutt for naturforskning.
- Östergren, J., Palm, S., Gilbey, J., Spong, G., Dannewitz, J., Königsson, H., Persson, J., Vasemägi, A. 2021 A century of genetic homogenization in Baltic salmon—evidence from archival DNA. *Proceedings of the Royal Society B* 288: 20203147. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.3147>

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 lms 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: 978-82-426-5079-5

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