

1961

NINA Rapport

Evaluering av kultivering av laks i Korsbrekkelva

Ingerid Julie Hagen, Sten Karlsson, Kurt Urdal og Bjart Are Hellen



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 Korsbrekkelva

Ingerid Julie Hagen

Sten Karlsson

Kurt Urdal

Bjart Are Hellen

Hagen, I.J., Karlsson, S., Urdal, K. & Hellen, B.A. 2021. Evaluering av kultivering av laks i Korsbrekkelva. NINA Rapport 1961. Norsk institutt for naturforskning. NINA Rapport 1961. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, mars 2021

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4740-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Stiftelsen norsk villaksforvaltning (SNVF) og Korsbrekkelva elveeigarlag

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Atle Frøysland

FORSIDEBILDE

Korsbrekkelva © Bjart Are Hellen

NØKKEWORD

Kultivering

Salmo salar

Laks

Ryman-Laikre effekt

Tilslag

Genetikk

Genetisk variasjon

Innkrysning

Stamfisk

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

Hagen, I.J., Karlsson, S., Urdal, K. & Hellen, B.A. 2021. Evaluering av kultivering av laks i Korsbrekkelva. NINA Rapport 1961. Norsk institutt for naturforskning.

I dette prosjektet har vi benyttet genetiske analyser til å spore utsatt laks i Korsbrekkelva til stamlaksforeldre brukt i gyteårene 2013, 2014 og 2015. Andelen kultivert laks fra disse gyteårene var henholdsvis 4, 2,5 og 2,5 %. I forhold til effektivt antall stamlaks og effektivt antall vill gytefisk er dette tilslaget fra kultivering lavt og bidrar lite til den totale bestanden i Korsbrekkelva. Kultiveringen forventes dermed å ikke ha medført noen endring i effektiv bestandsstørrelse eller vesentlig påvirket genetisk variasjon i bestanden.

Stamfiskens størrelse (lengde og vekt) og frekvensen av to forskjellige varianter (alleler) i genet Vgll3 som har stor betydning for alder ved kjønnsmodning (som igjen kan overføres til størrelse) ble sammenliknet med tilsvarende informasjon for individer fanget under sportsfiske i årene 2018 – 2020. Resultatene fra denne analysen viste at stamfisken i disse fangstårene var betydelig større enn det som er gjennomsnittet i sportsfiskefangster, og at stamfisken hadde tilsvarende høyere frekvens av genet som er assosiert med høy sjøalder og høy vekt, sammenliknet med individer fanget under sportsfisket. Dette kan tilsa at stamfisken samlet inn i årene 2018 – 2020 ikke har vært et tilfeldig utvalg av gytebestanden. En slik kunstig seleksjon i kultivering er ikke understøttet av forvaltningens anbefalinger, og kan føre til utsettinger av individer som er dårligere tilpasset det elvespesifikke miljøet. På grunn av det lave tilslaget i Korsbrekkelva er det lite sannsynlig at denne kunstige seleksjonen har medført noen endring i genfrekvensen for Vgll3 på bestandsnivå.

Grad av innkryssning med rømt oppdrettslaks ble kvantifisert for individer fanget under sportsfisket. Innkryssning i dette materialet er på samme nivå som i stamfisken for de samme årene.

En samlet vurdering av kultiveringen i Korsbrekkelva tilsier at kultiveringen i de evaluerte gyteårene har hatt lite tilslag og dermed liten effekt i denne bestanden. Det ble dermed ikke observert noen sterke negative eller positive effekter av kultiveringen. Korsbrekkelva har for gyteårene 2013 – 2015 hatt høy egenproduksjon, slik at gytebestandsmålet for denne bestanden var oppnådd og det var et høyt høstbart overskudd i elven. Ettersom det var en svært lav andel kultivert fisk i bestanden er konklusjonen at kultiveringen ikke har bidratt til dette resultatet.

I og med at kultivering ikke har medført en økning i bestandsstørrelse i Korsbrekkelva, har kultiveringen vært lite hensiktsmessig i de tre evaluerte gyteårene. Vi anbefaler derfor at det enten gjøres tiltak for å øke overlevelsen til utsatt fisk, alternativt at kultiveringsprogrammet avsluttes. At gytebestandsmålet er oppnådd ved naturlig produksjon bør tas med i denne vurderingen. Vi påpeker at dette prosjektet omfatter tre gyteår og det er mulig at andel kultivert laks fra senere gyteår kan være større. Hvis utsettinger av laks i Korsbrekkelva blir videreført i kommende år anbefaler vi at det blir lagt vekt på å velge stamfisk som i større grad representerer bestandens sammensetning i individstørrelse og alder og at slektskapsanalyser som ble gjort i 2020 blir videreført for å unngå kryssninger mellom nært beslektede individer.

Ingerid Julie Hagen, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim;

ingerid.hagen@nina.no

Sten Karlsson, NINA, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim; sten.karlsson@nina.no

Kurt Urdal, Rådgivende Biologer AS, Edvard Griegs vei 3, 5059 Bergen;

kurt.urdal@radgivende-biologer.no

Bjart Are Hellen, Rådgivende Biologer AS, Edvard Griegs vei 3, 5059 Bergen;

bjart.are.hellen@radgivende-biologer.no

Innhold

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag | 3 |
| Innhold | 4 |
| Forord | 5 |
| 1 Innledning | 6 |
| 1.1 Behovet for å evaluere kultivering..... | 6 |
| 1.2 Kultivering i Korsbrekkelva..... | 6 |
| 1.3 Genetisk innkrysning med rømt oppdrettslaks..... | 7 |
| 1.4 Prosjektets delmål..... | 8 |
| 2 Materialer og metode | 9 |
| 2.1 Prøvemateriale fra Korsbrekkelva..... | 9 |
| 2.2 Genetisk tilordning til stamfiskforeldre..... | 9 |
| 2.3 Beregning av tilslag..... | 10 |
| 2.4 Beregning av effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk..... | 10 |
| 2.5 Vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering..... | 11 |
| 2.6 Stamfiskens representativitet..... | 11 |
| 2.7 Beregning av genetisk innkrysning av oppdrettslaks..... | 12 |
| 3 Resultater | 13 |
| 3.1 Tilslag av kultivert fisk..... | 13 |
| 3.2 Tilordning til stamfisk i andre nærliggende kultiverte vassdrag..... | 13 |
| 3.3 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt av kultiveringen..... | 13 |
| 3.4 Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske..... | 15 |
| 3.5 Genetisk innkrysning med rømt oppdrettslaks..... | 17 |
| 4 Diskusjon | 19 |
| 4.1 Konklusjoner og anbefalinger..... | 20 |
| 5 Referanser | 21 |

Forord

Frivillig kultivering av laks har lange tradisjoner i Korsbrekkelva. Til tross for en forholdsvis høy beskatning, når bestanden gytebestandsmålet og viser en god årvisst rekruttering. Hvor stort bidraget fra årvisse utsetninger av plommeseekkyngel er til dette høstbare overskuddet og oppnåelsen av gytebestandsmålet er imidlertid ikke kjent. Allerede 2016 ble planleggingen begynt for å gjennomføre en genetisk analyse med sporing av laks fra Korsbrekkelva til stamfiskforeldre, og våren 2020 ble det inngått kontrakt med stiftelsen norsk villaksforvaltning (SNVF) og Korsbrekkelva elveeigarlag om et prosjekt for å evaluere kultiveringen i vassdraget. Prosjektet har vært finansiert av SNVF og Statsforvalteren i Møre og Romsdal. Statsforvalteren har via midler fra fiskefondet finansiert 60 % av prosjektet.

Vi takker SNVF og Korsbrekkelva elveeigarlag for oppdraget, statsforvalteren i Møre og Romsdal ved Geir Moen for nyttige innspill i forkant av prosjektet, NINA Genlab ved Ida Pernille Øystese Andersskog, Hege Brandsegg, Line Birkeland Eriksen og Merethe Hagen Spets for DNA ekstraksjon og genotyping av prøver.

9 mars 2021, Sten Karlsson

1 Innledning

1.1 Behovet for å evaluere kultivering

Kultivering kan medføre både ønskede og uønskede genetiske forandringer i en bestand. Forvaltningen har anbefalt at motivasjonen for kultivering bør være bevaring av truede eller sårbare laksebestander, etter at andre tiltak har blitt vurdert. I tillegg bør molekylærgenetiske metoder i større grad benyttes for å optimalisere bruken av stamfisk og for å studere effekter av utsettinger på den naturlige bestanden (Skår mfl. 2011). Videre har det blitt utarbeidet retningslinjer for utsetting av anadrom fisk (Anon. 2014), og en veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet (Karlsson mfl. 2016a).

En forutsetning for å kunne utføre en evaluering av kultivering med molekylærgenetiske metoder er at det blir samlet inn skjellprøver av all stamfisk, og at det blir tatt stikkprøver fra bestanden i elven. Siden 2014 har all stamlaks i kultivering blitt analysert med molekylærgenetiske markører for å luke ut fisk med opphav i rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2020). Derfor finnes det genetiske profiler til alle stamfiskforeldre som har blitt benyttet og dermed er deres avkom også genetisk sporbare. Fordi all utsatt laks produsert siden gyteåret 2014 er sporbar til mor- og farstamfisk, er det mulig å evaluere effekten av kultivering på en presis måte, samt gi råd om justeringer i kultiveringspraksisen for å nå målet om å øke bestandsstørrelsen, samtidig som den genetiske integriteten og genetiske variasjonen ivaretas.

Et sentralt fokus ved evaluering av kultivering er å tallfeste andel kultivert fisk i bestanden, effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk, og ut fra dette kunne tilpasse kultiveringen, slik at eventuelle negative effekter unngås, og utfallet blir mest mulig positivt for mottakerbestanden. Andel kultivert laks i bestanden er den parameteren som har størst betydning for hvilken effekt kultivering har i en rekke laksebestander som blir kultivert i Norge (Hagen mfl. 2020). Dersom tilslaget ved kultivering er stort, kan utsetting av klekkerproduserte individer føre til store endringer i mottakerbestanden, mens effekten vil være liten dersom tilslaget er lite.

Dersom et begrenset antall stamfisk ligger til grunn for utsettinger av et forholdsvis stort antall avkom, slik at den utsatte fisken gir et uforholdsmessig stort bidrag til den naturlige gytebestanden, kan den totale effektive bestandsstørrelsen i bestanden bli redusert, selv om antallet individer i elven øker. Denne effekten blir kalt Ryman-Laikre effekten (Ryman & Laikre 1991) og har blitt dokumentert som følge av kultivering i Norge (Hagen mfl. 2020) og internasjonalt (Christie mfl. 2012). For å unngå en Ryman-Laikre effekt er det viktig å tilpasse andelen utsatt fisk i totalbestanden i forhold til effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk. I norske elver er det observert en Ryman-Laikre effekt i Eira, Bævra og Årøyelva (Hagen mfl. 2020).

1.2 Kultivering i Korsbrekkelva

Elveeigarlaget i Korsbrekkelva har drevet frivillig kultivering av laks i elva siden 1932, hovedsakelig i form av utsetting av plommeseekkyngel (Kambestad & Hellen 2016). Årlig settes det ut rundt 100 000 plommeseekkyngel (**tabell 1**). Plommeseekkyngelen er ikke fysisk merket, og tilslaget av kultiveringen har derfor vært ukjent. Det ble utført ungfiskundersøkelser på områder med utsetting av plommeseekkyngel i sidebekker og i hovedelven oppstrøms anadromt vandringshindrer i 2013. Det ble ikke fanget lakseunger ved disse undersøkelsene, noe som indikerte svært høy dødelighet på de utsatte fiskene (Hellen 2014). For å ivareta bestandens genetiske egenart benyttes det kun stedegen stamfisk, som siden 2014 har blitt testet for genetisk innkrysning av rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2020).

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ble påvist i Korsbrekkelva i 1985. Elva ble rotenonbehandlet i 1986, og friskmeldt i 1990 (Eide 1997). Det ble ikke gjort tiltak for å reetablere laksebestanden i Korsbrekkelva etter rotenonbehandling (pers. med. Håvard Lo, Veterinærinstituttet). I

perioden 1980 – 1990 lå fangstene av laks på 800 – 1000 kg i året (Eide 1997). Korsbrekkelva har god gytebestandsmåloppnåelse og et godt høstbart overskudd de senere årene (<https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander> og Kambestad & Hellen 2016). Ungfiskundersøkelser har også vist høy tetthet av ungfisk som stammer fra gyteårene 2013 og 2014. Individene var henholdsvis 2+ og 1+ i 2016 da undersøkelsene ble foretatt (Kambestad & Hellen 2016).

Tabell 1: Oversikt over stamfisk som er fanget i årene 2013 – 2020 og antall øyerogn / plommeseekyngel som er satt ut samme år. Yngel og øyerogn som er satt ut et gitt år har opphav i stamfisken som er rapportert fanget det foregående året. Det ble foretatt stamfiske i 2016, men materialet ble ikke gentestet og avkom er oppgitt som destruert. Data er hentet fra VRL sin database (<https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander>).

| År | Stamfisk fanget | Stamfisk godkjent | Antall plommeseekyngel og øyerogn satt ut |
|------|-----------------|------------------------|---|
| 2013 | 24 | Ingen stamlakskontroll | 70 000 plommeseekyngel |
| 2014 | 26 | 23 | 100 000 plommeseekyngel |
| 2015 | 14 | 10 | 90 000 plommeseekyngel |
| 2016 | - | - | 100 000 plommeseekyngel |
| 2017 | 17 | 14 | Ingen utsetting |
| 2018 | 17 | 14 | 100 000 øyerogn og 98 000 plommeseekyngel |
| 2019 | 26 | 22 | Øyerogn (25 liter) og 125 000 plommeseekyngel |
| 2020 | 34 | 29 | Øyerogn (25 liter) og 125 000 plommeseekyngel |

I gyteårene som undersøkes i dette prosjektet ble det årlig satt ut 90 000 – 100 000 plommeseekyngel (**tabell 1**). Dette prosjektet har som hovedmål å kvantifisere tilslaget fra de totalt 290 000 utsatte individene og vurdere hvilke effekter utsetting av disse individene har på bestanden i Korsbrekkelva. Ut fra dette kan vi vurdere om måloppnåelse for gytebestand og godt høstbart overskudd er en effekt av kultivering eller en tilstrekkelig egenproduksjon i elven.

1.3 Genetisk innkrysning med rømt oppdrettslaks

Oppdrettslaks er selektert for å vokse raskt og ha høy overlevelse i oppdrettsmiljø. Oppdrettslaks og hybrider mellom oppdrettslaks og villaks vil derfor utkonkurrere villaks når de er holdt i oppdrettsmiljø (Solberg mfl. 2013). Dette er særlig viktig å ta hensyn til i kultiveringsprogram der stamfisken kan være genetisk innkrysset med rømt oppdrettslaks. Undersøkelser av det relative bidraget fra kultivert fisk med stamfiskforeldre med villaksopphav og opphav i rømt oppdrettslaks viser at stamlaks med delvis oppdrettsopphav kan favoriseres og oppformerer i settefiskanlegg og føre til høyere innkrysning i den ville mottakerbestanden (Hagen mfl. 2019). Stamlakskontrollen er derfor svært viktig for å unngå utsetting av innkrysset kultivert fisk. Den sterke seleksjonen for økonomisk viktige trekk har ført til at oppdrettslaksen er mindre tilpasset livet i naturen enn villaksen, og innkrysning av oppdrettslaks i ville bestander har derfor negative konsekvenser for villaksen (Fleming mfl. 2000, McGinnity mfl. 2003). Siden 2014 har det blitt gjennomført obligatorisk stamfiskkontroll for all potensiell stamfisk. Dette innebærer at genetiske markører og referansemateriale fra norske oppdrettslinjer og norske villaksstammer (Karlsson mfl. 2011, 2014) blir brukt til å beregne sannsynligheten for å ha rent villaksopphav. Individuer som sannsynligvis ikke har rent villaksopphav, blir forkastet som stamfisk (Karlsson mfl. 2020). Korsbrekkelva ligger i et område med intens oppdrettsaktivitet og er påvirket av genetisk innkrysning av oppdrettslaks (Diserud mfl. 2020).

1.4 Prosjektets delmål

Prosjektet har følgende delmål:

1. Kvantifisere tilslaget av utsatt laks for gyteårsklassene 2013, 2014 og 2015.
2. Vurdere om kultiveringen fører til en samlet reduksjon i effektiv bestandsstørrelse og dermed et økt tap av genetisk variasjon.
3. Gjøre en samlet evaluering av kultiveringen basert på det tilgjengelige datamaterialet. Dette innebærer å vurdere hvilken nytteverdi og / eller belastning kultiveringen medfører for bestanden.

2 Materialer og metode

2.1 Prøvemateriale fra Korsbrekkelva

I dette prosjektet har vi benyttet et skjellmateriale fra sportsfiske i årene 2017 – 2020, og prøver fra stamfisk i årene 2013 – 2020 (**tabell 1**).

Tabell 1: Prøvemateriale, antall prøver og fangstår for skjellprøvene som er benyttet i prosjektet.

| Prøvemateriale | Antall prøver |
|----------------------------------|---------------|
| Stamfisk 2013 | 24 |
| Stamfisk 2014 | 26 |
| Stamfisk 2015 | 12 |
| Stamfisk 2017 | 17 |
| Stamfisk 2018 | 17 |
| Stamfisk 2019 | 26 |
| Stamfisk 2020 | 34 |
| Sportsfiske 2017 | 8 |
| Sportsfiske 2018 | 58 |
| Sportsfiske 2019 | 97 |
| Sportsfiske 2020 | 260 |
| Øyerogn fra ett stamfiskpar 2015 | 2 |

Med bakgrunn i dette materialet har vi evaluert kultiveringens i Korsbrekkelva for gyteårene 2013, 2014 og 2015 (**tabell 2**).

Tabell 2: Antall individer som ut fra alder er tilordnet hvert av de evaluerte gyteårene.

| Gyteår | Antall individer |
|--------|------------------|
| 2013 | 101 |
| 2014 | 163 |
| 2015 | 159 |
| Totalt | 423 |

Prøvene som er listet i **tabell 1** ble genotypet for 96 SNP-markører (Single Nucleotide Polymorphisms) som gir informasjon om slektskap, genetisk likhet og sannsynlighet for oppdrettsopphav. Av de 96 genetiske markørene er 68 nøytrale, hvilket betyr at de ligger i områder av arvestoffet som ikke er gjenstand for naturlig seleksjon. Genetiske forskjeller i disse markørene reflekterer dermed nøytrale prosesser som utveksling mellom bestander og genetisk drift (tilfeldige endringer i frekvensen av genvarianter). Videre er 15 markører lokalisert i det mitokondrielle arvestoffet. Til forskjell fra kjerne-DNA som nedarves fra både mor og far, nedarves det mitokondrielle arvestoffet kun fra mor. Tretten genetiske markører er funksjonelle, hvilket betyr at de er lokalisert i eller like ved (i kobling med) gener som vi vet er gjenstand for naturlig seleksjon. Disse genene omfatter blant annet Vgll3, som i stor grad forklarer alder ved kjønnsmodning hos laks (Barson mfl. 2015), hvilket er en egenskap som ofte viser elvespesifikk (og dermed bestands-spesifikk) tilpasning.

2.2 Genetisk tilordning til stamfiskforeldre

Kultivert fisk ble tilordnet stamfiskforeldre basert på prinsippet om mendelsk nedarving. Dette innebærer at avkom arver ett av to gener fra hver av foreldrene. For hver genetisk markør som ble analysert var et avkom nødt til å ha sammenfallende genotype med én av mors og én av fars

to gener på samme markør. Ved å analysere et tilstrekkelig høyt antall markører kan vi med tilnærmet 100 % sikkerhet identifisere hvilke foreldre et individ har. I denne analysen brukte vi genotyper for de 81 markørene i kjerne-DNA. Analysen ble utført ved hjelp av et skript i Visual Basic (Thomas Moen, AquaGen AS, upublisert). All stamfisk samlet inn for et gitt gyteår ble satt som mulige foreldre, uavhengig av oppgitt kjønn, og i etterkant undersøkt om et foreldrepar bestod av en hunn og en hann. Krysningslister var ikke tilgjengelige for de evaluerte gyteårene i Korsbrekkelva, så vi kunne ikke verifisere treffene mot kjente krysninger. Genetisk tilordning av avkom til stamfiskforeldre ble ytterligere kvalitetssikret ved å sammenlikne mitokondriell haplotype (basert på 15 mitokondrielle SNPer) hos hunnstamfisk med avkom. Prinsippet her er at mødre og avkom er nødt til å ha samme haplotype, da mitokondriene i sin helhet og utelukkende nedarves fra mor til avkom. På grunn av mulig feilvandring ble det også forsøkt tilordning til stamfisk i Ørstaelva (stamfiskårene 2013 – 2015), Bondalselva, Fetvassdraget (stamfiskårene 2014 og 2015) og Strandaelva (all stamfisk fra 2014 og rundt halvparten av stamfisken fra 2015 på grunn av at de resterende prøvene mangler; tilordningen til 2015 er dermed ufullstendig).

Skjellprøver av to stamfiskpar fra 2015 ble ikke samlet inn og sendt til opphavskontroll. I stedet ble 15 øyerogn fra dette paret sendt til NINA for genetisk analyse. I og med at skjellprøvene mangler kan ikke avkom tilordnes direkte til dette stamfiskparet. I stedet har vi søkt etter mulige helsøsken av øyerognindividene blant sportsfiskematerialet (såkalt Sibship-metoden beskrevet nedenfor).

2.3 Beregning av tilslag

Andelen av kultivert fisk i en bestand har betydning for hvor store genetiske effekter kultivering kan påføre bestanden (Hagen mfl. 2020). Dersom stikkprøven fra bestanden i elva er et tilfeldig og representativt utvalg av bestanden, vil forholdet mellom antallet kultivert fisk og antallet naturlig produsert fisk være direkte overførbart til andel kultivert fisk. I Korsbrekkelva anser vi stikkprøven som et tilfeldig utvalg og andelen kultivert fisk ble derfor beregnet i henhold til følgende likning:

$$\text{Andel kultivert fisk} = \frac{\text{Antall utsatte individer}}{\text{Totalt antall individer}} \quad (\text{Likning 1})$$

2.4 Beregning av effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk

Effektivt antall foreldre er som regel forskjellig og ofte mindre enn faktisk antall foreldre. Med ulikt antall hunn- og hannfisk og en stor forskjell i antall avkom, vil effektivt antall foreldre bli mindre enn faktisk antall foreldre. Da krysningslister ikke var tilgjengelige, ble det antatt at all godkjent stamfisk har blitt brukt i krysninger. Effektivt antall foreldre for kultivert fisk ble beregnet separat for hanner og hunner for hvert gyteår ut ifra antall tilordnede avkom i henhold til følgende formel (Caballero 1994):

$$\text{NeK} = \frac{N\mu - 1}{\mu - 1 + \left(\frac{\sigma^2}{\mu}\right)} \quad (\text{Likning 2})$$

N er antall stamfisk, μ er gjennomsnittlig antall avkom per stamfisk og σ^2 er variansen i antall avkom blant stamfiskene. Variansen i antall avkom ble skalert til 2, hvilket tilsvarer gjennomsnittlig antall avkom for å opprettholde en stabil bestandsstørrelse, mens μ ble satt = 2. Totalt effektivt antall stamfisk ble videre beregnet i henhold til følgende formel:

$$\text{NeK} = \frac{4 (\text{Ne}_{\text{♀}} \cdot \text{Ne}_{\text{♂}})}{\text{Ne}_{\text{♀}} + \text{Ne}_{\text{♂}}} \quad (\text{Likning 2})$$

Beregning av effektivt antall foreldre i vill andel av bestanden ble gjort ved å benytte en såkalt «Sibship» metode (Wang 2009), som er implementert i programmet COLONY 2.0.2.3 (Jones & Wang 2010). I denne analysen identifiseres halv- og helsøsken ut fra genotypisk likhet. Ut fra sammensetningen av hel- og halvsøsken og ubeslektede individer i stikkprøven blir deretter effektivt antall foreldre i bestanden estimert. Vi definerte alle individer som ikke ble tilordnet stamfiskforeldre som naturlig produsert (ikke kultivert). Naturlig produserte individer (heretter «ville») som ved hjelp av skjell-lesing ble tilordnet et gitt gyteår ble brukt som grunnlag for å beregne effektivt antall foreldre i vill andel av bestanden det samme gyteåret.

2.5 Vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering

Dersom et fåtall stamfisk får mange avkom som returnerer som voksen gytefisk og bidrar uforholdsmessig mye til den samlede bestanden, vil dette kunne lede til at den totale effektive bestandsstørrelsen (som inkluderer bidraget fra stamfisk og bidraget fra vill gytefisk) blir redusert som følge av kultivering. Den totale effektive bestandsstørrelsen med bidrag fra kultivering og den naturlige reproduksjonen ble beregnet ut fra følgende formel:

$$N_{eTotal} = \frac{1}{\left(\frac{x^2}{N_{eK}}\right) + \frac{(1-x)^2}{N_{eV}}} \quad (\text{Likning 4})$$

N_{eV} er effektivt antall gytefisk i den ville bestanden (fra Sibship analyser), N_{eK} er effektivt antall stamfisk og x er andel kultivert fisk i bestanden for hvert gyteår. Andel kultivert fisk ble beregnet ut ifra hvor mange individer som ble tilordnet foreldre i hvert gyteår. Beregning av N_{eTotal} ble gjort separat for hvert gyteår. Dersom N_{eTotal} er mindre enn effektiv bestandsstørrelse i den ville bestanden (N_{eV}) kan vi si at den totale effektive bestandsstørrelsen hadde vært større uten noe bidrag fra utsatt fisk, det vil si en Ryman-Laikre effekt. Dersom N_{eTotal} er større enn effektiv bestandsstørrelse i den ville bestanden (N_{eV}) kan vi si at kultivering har bidratt til den samlede effektive bestandsstørrelsen.

$$\frac{N_{eTotal}}{N_{eV}} < 1 \quad (\text{Likning 5})$$

2.6 Stamfiskens representativitet

Stamfisken bør i størst mulig grad representere gytebestanden (Karlsson mfl. 2016a). Dette betyr at stamfisken bør ha tilsvarende alders- og størrelsesfordeling som elvebestanden for øvrig. Videre bør ikke stamfisken bestå av en stor andel kultivert fisk, da dette vil føre til mindre genetisk bredde i stamfisken (Hagen mfl. 2019). I dette studiet har vi sammenliknet stamfiskens størrelsesfordeling med størrelsesfordelingen i sportsfiskefangstene. Informasjon om størrelse (vekt og lengde) ble hentet fra skjellkonvoluttene og fra informasjon om stamfisken som har blitt sendt til Veterinærinstituttet. For å undersøke om det var en forskjell på vekt og lengde i de to gruppene utførte vi en ensidig t-test i programvaren R (R Development Core Team 2018). For å unngå årseffekter benyttet vi stamfisk og sportsfiskeprøver fra de samme fangstårene, det vil si fra fangstårene 2018 – 2020 da det er gode stikkprøver fra både sportsfiske og fra stamfisk disse årene. I tillegg til å vurdere forskjeller i størrelse mellom stamfisk og sportsfiskeprøver, undersøkte vi også forskjeller i allelfrekvens for en markør i genet *Vgll3* mellom stamfisk og sportsfiskeprøver. Dette ble utført ved en chi-kvadrat-test. Videre har vi tilordnet stamfisk fra årene 2017 – 2020 til stamfisk brukt fra 2014 – 2017. Dette har gitt informasjon om andelen stamfisk som er av kultivert opphav.

2.7 Beregning av genetisk innkrysning av oppdrettslaks

Vi kvantifiserte antallet stamfisk i 2013 som ville vært forkastet som stamfisk i henhold til stamlakskontrollen, og antallet som ble forkastet fra og med 2014. Videre har vi undersøkt om stamfisk fra 2013 som ville vært forkastet har gitt opphav til kjente avkom. Innkrysning i gytebestanden ble også beregnet. Beregning av genetisk innkrysning av oppdrettslaks ble utført med et sett genetiske markører identifisert som gode til å skille mellom villaks og rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2011). Genotyper fra disse markørene ble analysert i henhold til en metode utviklet av Karlsson mfl. (2014). Dette innebærer at genetisk innkrysning med oppdrettslaks ble vurdert for hver enkelt laks og presentert som en P(Wild)-verdi mellom 0 og 1 i henhold til Karlsson mfl. (2014, 2016b). Individuer med rent villaksopphav får generelt P(Wild)-verdier nær 1, mens individer med rent oppdrettsopphav får generelt P(wild)-verdier nær 0. For å skille ut individer med sannsynlig oppdrettsopphav har vi benyttet en P(wild)-grenseverdi på 0,71, hvilket er den samme som brukes som terskelverdi for å godkjenne stamfisk i stamlakskontrollen (Karlsson mfl. 2020).

3 Resultater

3.1 Tilslag av kultivert fisk

I dette studiet har vi beregnet tilslaget av kultivert fisk for tre gyteårsklasser. I henhold til smolt- og sjøaldere som er registrert i Korsbrekkelva er det ikke funnet individer som er eldre enn seks år. Andelen som når denne alderen er også svært lav. Gyteårene 2013 og 2014 var dermed fulltallige etter fangståret 2020. Det er mulig at et fåtall seksåringer fra gyteåret 2015 kan gå opp i elva i 2021. Dette vil sannsynligvis dreie seg om under 5 individer, og å inkludere disse individene vil ikke kunne endre resultatene i dette studiet. Datamaterialet i dette prosjektet har dermed gitt et robust grunnlag for beregning av tilslaget for de tre gyteårene.

I sportsfiskematerialet ble det totalt identifisert 12 individer som ble tilordnet stamfiskforeldre brukt i Korsbrekkelva i årene 2013 – 2015. Tilslaget for kultivert laks i Korsbrekkelva ligger dermed på 2,5 % til 4 % for de undersøkte gyteårene (**tabell 3**).

Tabell 3: Antall prøver og andel kultivert fisk fra tre gyteår i Korsbrekkelva.

| Gyteår | Totalt antall prøver | Antall kultiverte individer | Andel kultivert |
|--------|----------------------|-----------------------------|-----------------|
| 2013 | 101 | 4 | 4,0 % |
| 2014 | 162 | 4 | 2,5 % |
| 2015 | 159 | 4 | 2,5 % |

På grunn av at det manglet prøver fra ett stamfiskpar i 2015, ble isteden den genetiske profilen til deres avkom (øyerogn) benyttet for å identifisere mulige helsøsken til disse. Det ble ikke funnet helsøsken til øyeroggen som stammet fra stamfiskparet som det ikke ble tatt prøver av. På grunn av manglende alder på stamfisken ble ikke stamfisken benyttet til beregninger av tilslag av kultivering for de ulike gyteårene, men kun to individer blant stamfisken de seneste årene hadde opphav i utsettinger. Disse to individene ble fanget i 2020 og hadde opphav i stamfisken som var brukt i 2014.

3.2 Tilordning til stamfisk i andre nærliggende kultiverte vassdrag

Totalt ble det tilordnet åtte individer fanget i sportsfisket i Korsbrekkelva til stamfisk som er brukt i Bondalselva, Standaelva og Ørstaelva. Det ble funnet ett avkom etter et stamfiskpar som ble brukt i Bondalselva i 2014, seks avkom etter fem stamfiskpar brukt i Strandaelva i 2014 og ett avkom etter et stamfiskpar som ble brukt i Ørstaelva i 2015. Det eksisterer ikke et fullstendig sett med prøver etter stamfisken i Strandaelva i 2015. Det er derfor mulig at stamfisken fra 2015 i Strandaelva har gitt opphav til flere avkom i materialet fra Korsbrekkelva enn vi har observert. Disse resultatene tilsier at det er en del utveksling av kultivert laks mellom ovennevnte bestander.

3.3 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt av kultiveringen

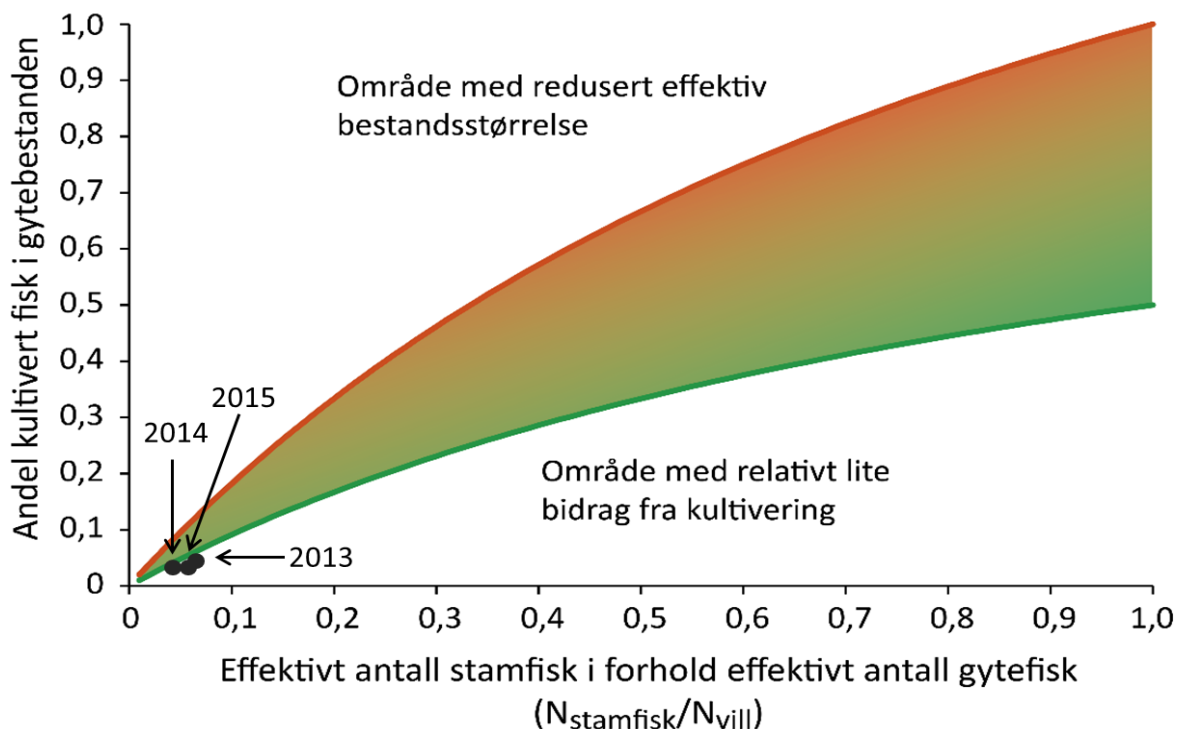
Vi har beregnet effektivt antall stamfisk og vill gytefisk for gyteårene 2013, 2014 og 2015. Et fåtall kultiverte fisk har blitt fanget i sportsfisket, og tilslaget var dermed tilsvarende lavt (**tabell 3**). For de fleste stamfiskene ble det ikke tilordnet noen avkom. Når tilslaget er svært lavt er det sannsynlig at de fleste stamfiskene ikke vil få tilordnet noen avkom, selv om de kan ha bidratt med avkom i elven. Estimer av gjennomsnittlig antall og varians i antall avkom per stamfisk blir da veldig usikkert og dermed blir også estimatet av effektivt antall stamfisk usikkert. For

Korsbrekkelva ser vi (som forventet i henhold til forholdet mellom utvalgsstørrelse og tilslag) at effektivt antall stamfisk var betydelig lavere enn antallet stamfisk som var tatt inn i klekkeriet (**tabell 4**). For å gjøre en nøyaktig beregning av effektivt antall stamfisk må utvalgsstørrelsen i Korsbrekkelva være større. Dersom effektivt antall stamfisk som er beregnet i Korsbrekkelva benyttes i videre analyser ser vi at forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) ligger marginalt over 1 (**tabell 4**), hvilket tilsier at kultivering ikke har ført til en vesentlig endring i den totale effektive bestandsstørrelsen i elven. En Ryman-Laikre effekt innebærer redusert effektiv bestandsstørrelse som følge av kultivering. I og med at kultivering ikke medfører noen endring i effektiv bestandsstørrelse har det heller ikke vært en Ryman-Laikre effekt i Korsbrekkelva. Tilslaget av kultivert fisk har betydning for hvor stor effekt kultivering kan ha (Hagen mfl. 2020). Beregnet tilslag av kultivert fisk i Korsbrekkelva er et sikkert estimat. Selv om effektivt antall stamfisk for Korsbrekkelva er beheftet med usikkerhet er det dermed likevel sannsynlig at kultivering ikke har medført noen endring i effektiv bestandsstørrelse.

Tabell 4: Effektivt antall foreldre for vill (N_{eVill}) og kultivert ($N_{eKultivert}$) andel av bestanden, antall registrerte avkom i hvert gyteår, antall stamfisk ($N_{stamfisk}$), forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) og andel kultivert fisk i for hvert gyteår.

| Gyteår | N_{eVill} | $N_{eKultivert}$ | Antall registrerte avkom | $N_{stamfisk}$ | N_{eTotal}/N_{eVill} | Andel kultivert |
|--------|-------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------------|-----------------|
| 2013 | 86 | 5,3 | 4 | 24 | 1,05 | 4 % |
| 2014 | 121 | 2,7 | 4 | 26 | 1,02 | 2,5 % |
| 2015 | 125 | 3,7 | 4 | 14 | 1,03 | 2,5 % |

I **figur 1** er forholdet mellom andel kultivert fisk i bestanden plottet mot $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ for hvert av gyteårene fra 2013 til 2015. Som beskrevet ovenfor er disse resultatene beheftet med usikkerhetene rundt effektivt antall stamfisk. Det er verdt å merke seg at estimatet for tilslag ikke er beheftet med usikkerhet, men vurderes som sikkert. Eventuelle endringer i beregningen for $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ vil ved det beregnede tilslaget ikke kunne flytte datapunktene i **figur 1** opp på den grønne linjen hvor kultivering gir høyest uttelling i form av å øke den effektive bestandsstørrelsen. I **figur 1** kan man se at dersom kultivering skal ha en betydning for bestanden i Korsbrekkelva bør andel utsatt fisk i bestanden være noe høyere, og forholdstallet mellom effektivt antall stamfisk og effektivt antall ville gytere bør ligge på den grønne linjen for å oppnå maksimalt høy total effektiv bestandsstørrelse. For eksempel vil kultivering kunne ha en positiv effekt på den effektive bestandsstørrelsen dersom andel kultivert fisk ligger på rundt 20 – 30 % og forholdstallet mellom effektivt antall stamfisk og effektivt antall ville gytere ligger på rundt 0,3.



Figur 1: Forhold mellom kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og $N_{\text{Stamfisk}}/N_{\text{Vill}}$ (x-aksen) for gyteårene 2013 til 2015. Rød linje angir forhold der totalt effektivt antall gytefisk (bidrag fra naturlig produksjon og fra kultivering) er den samme som bidraget fra kun naturlig produksjon. Grønn linje angir forhold som gir maksimalt effektivt antall gytefisk ved bidrag fra kultivering.

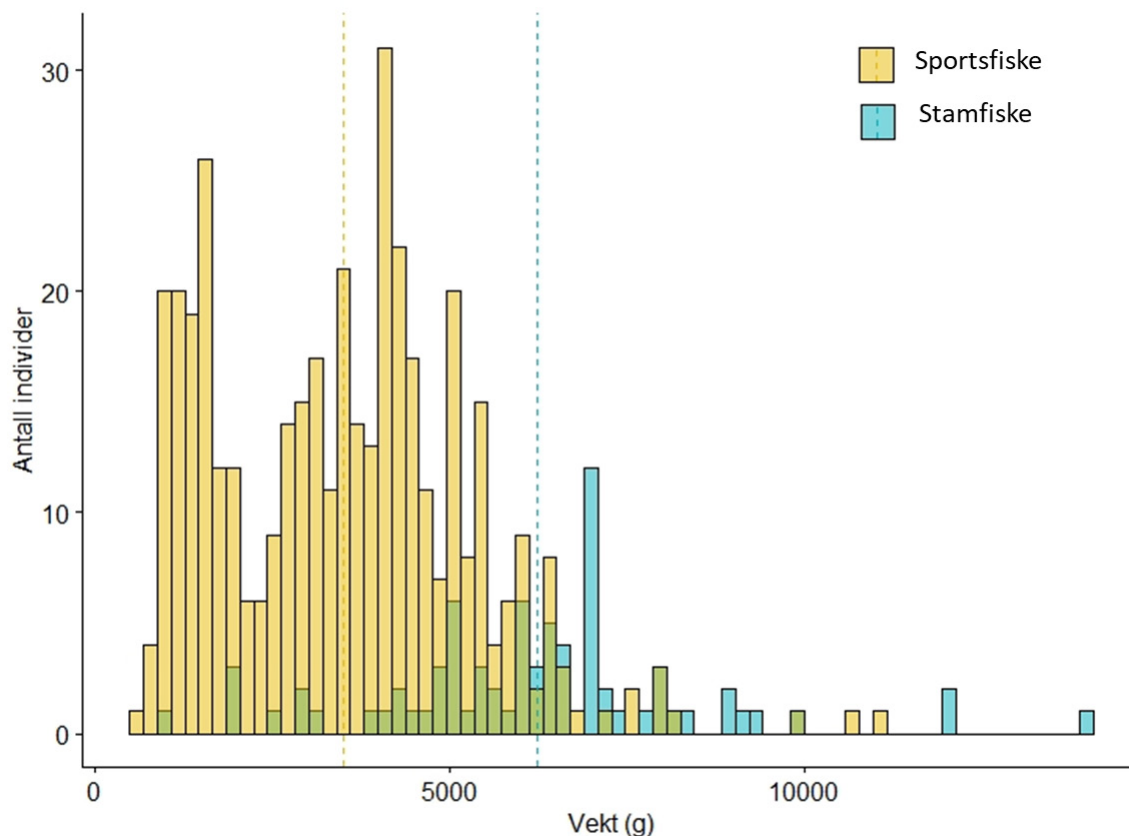
3.4 Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske

Stamfiskens vekt og lengde ble sammenliknet med tilsvarende data for individer fanget i sportsfiske i Korsbrekkelva i løpet av fangstårene 2018 – 2020. Stamfisken var i gjennomsnitt 2747 gram tyngre og 98 mm lengre enn individer fanget under sportsfisket de samme årene (**tabell 5**). Denne forskjellen er statistisk signifikant ($P < 0,000$; ensidig t-test) og tilsier at stamfisken i gjennomsnitt har vært betydelig større enn laksen i sportsfiskefangstene.

Tabell 5: Gjennomsnittlig vekt og lengde for stamfisk og individer fanget under sportsfisket i løpet av 2018 – 2020. En p-verdi under 0,05 tilsier at forskjellene er statistisk signifikante.

| | Stamfisk | Sportsfiske | p-verdi |
|-----------------------------|----------|-------------|---------|
| Gjennomsnittlig vekt (g) | 6236 | 3489 | < 0,000 |
| Gjennomsnittlig lengde (mm) | 804 | 706 | < 0,000 |

Ved å studere størrelsesfordelingen for individer fanget i sportsfisket og individer fanget som stamfisk (**figur 2**) ser vi at stamfisken hadde en annen fordeling enn individer fanget i sportsfisket. En betydelig andel av individer fanget i sportsfisket hadde en vekt på 2 kg og mindre. Disse representerer i stor grad ensjøvinterlaks (data ikke vist). Denne gruppen har i liten grad vært representert blant stamfisken, hvilket tilsier at ensjøvinterlaks for det meste ikke har vært brukt som stamfisk, selv om disse utgjør en stor del av gytebestanden.



Figur 2: Størrelsesfordeling presentert som vekt (g) blant individer fanget under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2018 – 2020. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig vekt for hver av de to gruppene.

Størrelse er hos laks nært knyttet til antall vintere tilbrakt i havet. Stamfisken er ikke alderslest, så vi kunne ikke direkte sammenlikne sjøaldere hos individer fanget under sportsfiske og individer fanget under stamfisket. Genet Vgll3 er nært knyttet til sjøalder i laks (Barson mfl. 2015). Som en forenklet beskrivelse kan dette genet komme i to varianter (alleler): «tidlig» og «sent». Individer med lav sjøalder har en høyere frekvens av «tidlig» allelet for Vgll3, mens individer med høy sjøalder har en høyere frekvens av «sent» allelet. Vi har kvantifisert frekvensen av de to variantene (allelene) og sammenliknet frekvensen i stamfisken med frekvensen i sportsfisket fra 2018 – 2020 (**tabell 6**).

Tabell 6: Frekvens av «tidlig» og «sent» allel for en genetisk markør som ligger i Vgll3 for individer som er fanget i løpet av fangstårene 2018 – 2020. Individer fanget i sportsfiske har en høyere frekvens av «tidlig» varianten enn individer fanget i stamfisket.

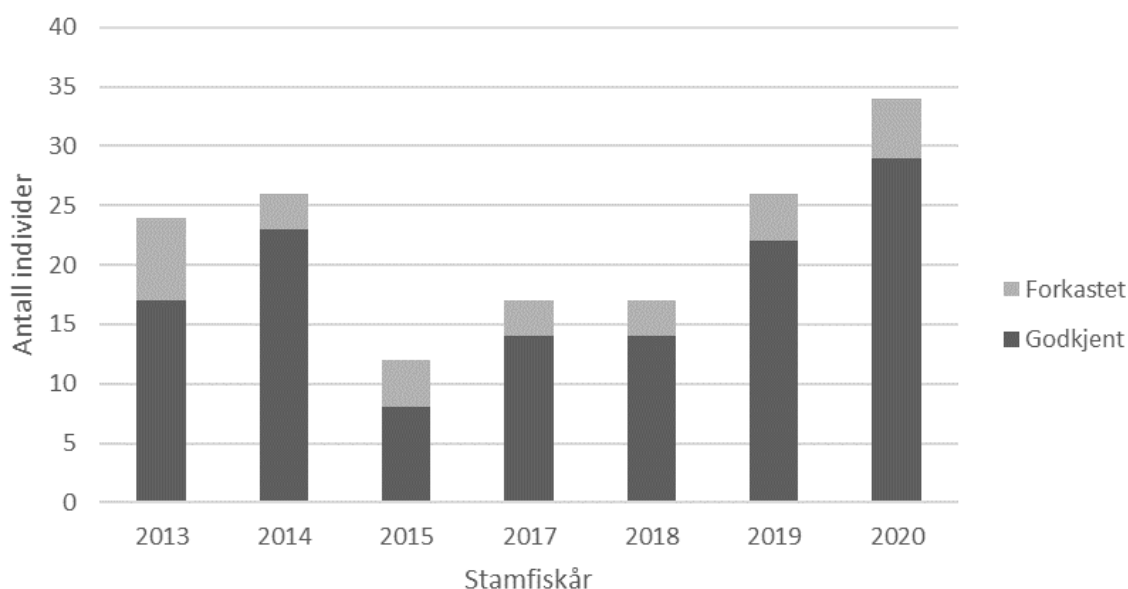
| | Frekvens «tidlig» | Frekvens «sent» |
|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Stamfisk (N = 77) | 0,49 | 0,51 |
| Sportsfiske (N = 414) | 0,61 | 0,39 |

Stamfisken hadde en signifikant høyere frekvens av «sent» allelet sammenliknet med individer fanget i sportsfiske de samme årene ($P = 0,008$; chi-kvadrat-test). Dette sammenfaller med at stamfisken har høyere vekt og lengde, og den har sannsynligvis tilsvarende høyere sjøalder sammenliknet med individer som ble fanget i sportsfisket. Stamfisken som ble samlet inn i Korsbrekkelva hadde dermed en annen størrelsesfordeling og en annen allelfrekvens enn det som

var gjennomsnittet i sportsfiskefangestene. Dette kan tilsa at stamfisken som er samlet inn i 2018 – 2020 ikke gjenspeiler gytebestanden og at det i kultiveringsprogrammet har vært et kunstig utvalg av stor stamfisk med en annen allelfrekvens. En slik kunstig seleksjon har potensiale til å endre den genetiske sammensetningen og negativt påvirke den lokale genetiske tilpasningen til bestanden i Korsbrekkelva.

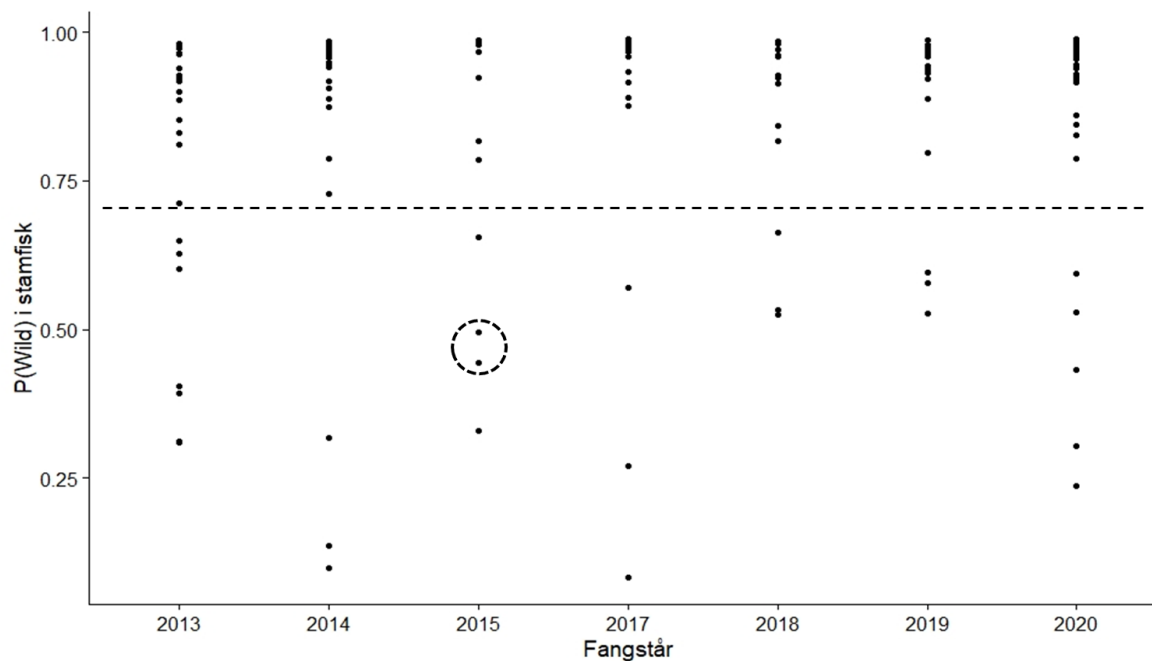
3.5 Genetisk innkryssing med rømt oppdrettslaks

I kvalitetsnormen for innkryssing av rømt oppdrettslaks er Korsbrekkelva klassifisert som «moderat» (Diserud mfl. 2020). Dette betyr at genetiske endringer som følge av innkryssing er indikert ved at estimatet for innkryssing i en samleprøve fra årene 2015 – 2020 er forholdsvis høyt (5,2 %) men ikke signifikant. I Korsbrekkelva har i tillegg 20 % av stamfisken de seneste syv årene blitt forkastet etter opphavskontroll (**figur 3** og **4**).



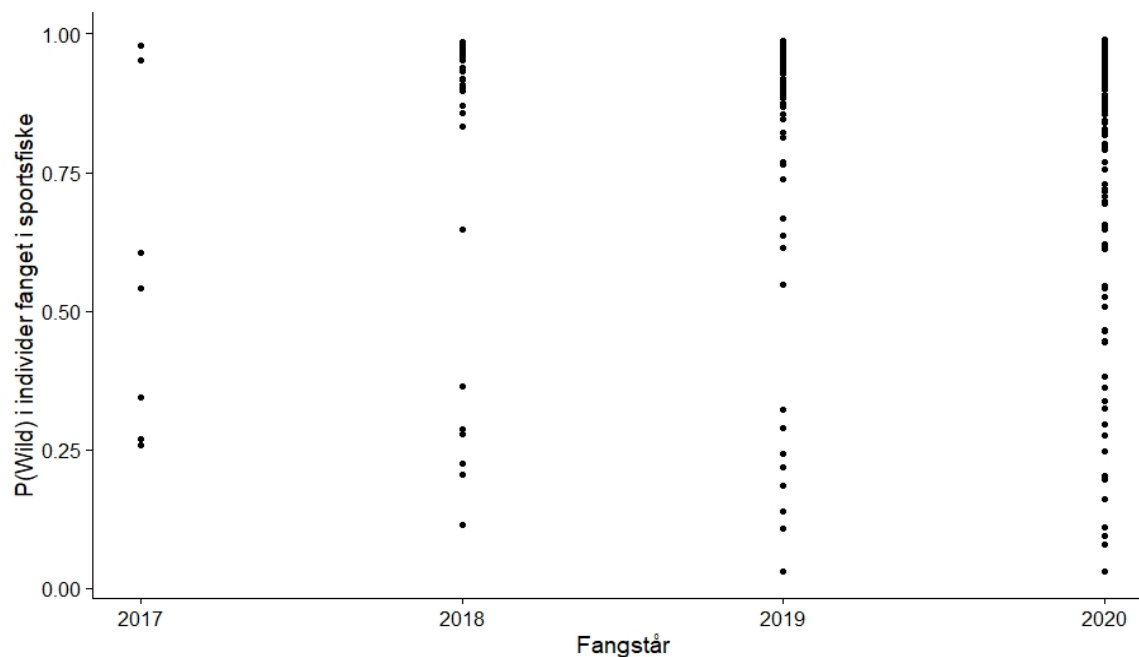
Figur 3: Antall stamlaks som ville vært godkjent eller forkastet i 2013 og som ble godkjent eller forkastet fra og med 2014 i henhold til stamlakskontrollens kriterier.

Før den obligatoriske gentesten ble innført i 2014, ble det i 2013 brukt seks stamfisk som sannsynligvis ikke hadde rent villaksopphav (**figur 4**). Det har ikke blitt registrert avkom etter disse innkryssede stamfiskene i materialet vi har undersøkt. Fra gyteåret 2015 har det derimot blitt registrert avkom fra to individer som ikke ble godkjent etter stamlakskontroll og som hadde en $P(\text{wild})$ på henholdsvis 0,495 og 0,444. Disse er markert med en ring i **figur 4**. Tre avkom har blitt tilordnet disse stamfiskene. Avkommene har en $P(\text{wild})$ på 0,109, 0,798 og 0,636.



Figur 4: Grad av innkryssning av rømt oppdrettslaks uttrykt som $P(\text{wild})$ i individer som er samlet inn som stamfisk fra 2013 til 2020. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen. Individer som er ringet inn indikerer stamfisk som ikke ble godkjent etter opphavskontroll, men som har fått avkom.

I henhold til innkryssning av rømt oppdrettslaks som er registrert i sportsfiskefangster (**figur 5**), har det vært et jevnt innsig av individer som sannsynligvis er avkom etter rømt oppdrettslaks og individer som sannsynligvis er rømt oppdrettslaks.



Figur 5: Grad av innkryssning av rømt oppdrettslaks uttrykt som $P(\text{wild})$ i individer som er samlet inn som er fanget under sportsfisket i årene 2017 – 2020.

4 Diskusjon

I dette prosjektet har vi vurdert den årsklassevise effekten av kultivering av laks i Korsbrekkelva for tre årsklasser (gyteår). Videre har vi vurdert bruken av stamfisk, og om denne representerer gytebestanden slik forvaltningen anbefaler. Til sammen har dette datamaterialet gjort det mulig å vurdere den samlede effekten av kultivering på bestanden i Korsbrekkelva.

Tilslaget i Korsbrekkelva var generelt lavt for de evaluerte gyteårsklassene (fra 2,5 til 4 %), og kultiveringen hadde for disse årene liten påvirkning på bestanden. Et fåtall individer ble tilordnet stamfisk brukt i kultiveringsprogrammer i Bondalselva, Ørstaelva og Strandaelva. Dette tilsier at det er en del utveksling av kultivert laks mellom disse bestandene. For individene som har opphav i gyteåret 2014 lå andelen kultivert fisk på 7 %, inkludert bidrag fra Korsbrekkelva og andre nærliggende kultiverte elver. Dette tilsier at laksen i Korsbrekkelva for det aller meste er naturlig produsert og at kultiveringen dermed i liten grad bidrar til å opprettholde gytebestandsmål-oppnåelsen og et høyt høstbart overskudd i elven, også når det er tatt høyde for bidrag fra andre kultiveringsprogrammer. Ved ungfiskundersøkelser i Korsbrekkelva i 2016 ble det funnet høy tetthet av ungfisk som stammer fra gyteårene 2013 og 2014. Individene var henholdsvis 1+ og 2+ ved innsamling (Kambestad & Hellen 2016). Resultatene etter evaluering av kultiveringen tilsier at den høye ungfisktettheten fra årsklassene 2013 og 2014 for det meste stammer fra naturlig produksjon i elven. Dette sammenfaller med resultater fra ungfiskundersøkelsen i 2013, da områder med utsetting av plommeseekkyngel i sidebekker og oppstrøms anadromt vandringshinder i hovedelven ble undersøkt. Det ble da ikke fanget lakseunger ved disse undersøkelsene, noe som tilsier at den utsatte plommeseekkyngelen hadde lav overlevelse (Hellen 2014).

Stamlaksen i Korsbrekkelva var for fangstårene 2018 – 2020 betydelig større enn gjennomsnittet i sportsfiskefangstene (**figur 2** og **tabell 5**). Denne forskjellen i kroppsstørrelse sammenfalt med forskjeller i frekvensen av genvarianter i Vgll3-genet (**tabell 6**). Dette er et gen som har stor betydning for alder ved kjønnsmodning, hvilket igjen er koblet til antall sjøvintre og kroppsstørrelse (Barson mfl. 2015). Vi fant at stamfisken hadde signifikant høyere frekvens av varianten som sannsynliggjør høyere sjøalder og dermed høyere vekt. Dette tilsier at stamfisken ikke har vært et tilfeldig utvalg av elvebestanden slik forvaltningen anbefaler (Karlsson mfl. 2016a) og at det i kultiveringsprogrammet har vært en kunstig seleksjon for store individer. Ved et større tilslag fra utsettinger kunne dette utvalget ha bidratt til en betydelig genetisk endring og hatt en negativ effekt på den lokale genetiske tilpasningen av bestanden i Korsbrekkelva.

To stamfisker ble tilordnet tidligere brukt stamfisk. Disse ble fanget i 2020 og har opphav i stamfisk brukt i 2014. Disse individene var ikke i nær slekt. Gjenbruk av utsatt fisk som stamfisk kan imidlertid føre til at det er høyere sannsynlighet for nært slektskap mellom stamfisken. Gjenbruk av utsatt fisk som stamfisk kan også føre til at noen familier bidrar uforholdsmessig mye til bestanden. For eksempel i kultiveringsprogrammet for Eira ble det funnet kryssninger mellom nære slektinger og bidrag fra besteforeldre (Hagen mfl. 2019). Informasjon fra slektskapsanalyser er et nyttig verktøy for å unngå kryssninger med nære slektinger. For gytebestanden i Korsbrekkelva er det lite sannsynlig at denne er gjenstand for noen unaturlig grad av innavl som følge av gyting mellom nære slektinger. Gytebestanden i elven er relativt stor, det er lite tilslag fra kultivering og det er observert utveksling med andre kultiverte elver. Dersom tilslaget fra kultivering hadde vært svært høyt og de utsatte individene hadde opphav i et lite antall foreldre, kunne dette ført til gyting mellom nære slektinger.

På grunn av liten effekt av kultiveringen ble det heller ikke observert noen negative genetiske effekter på bestanden. Den effektive bestandsstørrelsen i elven var tilnærmet uendret som følge av kultivering og det har dermed heller ikke forekommet en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering. I Hagen mfl. (2020) ble det funnet at andelen kultivert fisk i stor grad forklarte hvilken påvirkning kultivering hadde på fem undersøkte bestander; det være seg positive eller negative effekter. Dersom et kultiveringsprogram drives lite hensiktsmessig vil de negative påvirkningene på mottakerbestanden bli betydelig større dersom andelen kultivert fisk er høy. På samme vis kan et lavt tilslag føre til at en bestand ikke drar nytte av utsettinger som kan bidra til økt effektiv

bestandsstørrelse og oppnåelse av gytebestandsmålet i kultiveringsprogram hvor bruken av stamfisken er gunstig og godt balansert i forhold til den ville gytebestanden. I Korsbrekkelva er gytebestandsmålet oppnådd, og det er et godt høstbart overskudd som frembringes av naturlig produksjon i elven. Dette betyr at bestandsstørrelsen i Korsbrekkelva sannsynligvis ikke påvirkes negativt av det lave tilslaget, men at kultiveringen heller ikke gir et vesentlig bidrag. Videre ble det funnet at stamlaksen ikke er et tilfeldig utvalg av gytebestanden slik forvaltningen anbefaler. Dersom tilslaget i Korsbrekkelva var høyt kunne en slik kunstig seleksjon medført negative effekter for bestanden. Når tilslaget derimot er lavt, vil et ugunstig stamfiskutvalg ha liten betydning for mottakerbestanden. Ved et så lite tilslag av kultiveringen som den i Korsbrekkelva er det bedre å la stamfisken gyte naturlig i elven.

Korsbrekkelva ligger i et område med betydelig oppdrettsaktivitet og er påvirket av genetisk innkrysning med oppdrettslaks (Diserud mfl. 2020). Det jevne tilslaget av innkrysset gytefisk (**figur 4** og **5**) tilsier at stamlakskontrollen er viktig for å unngå bruk av stamfisk med oppdrettsopphav.

4.1 Konklusjoner og anbefalinger

Det lave tilslaget gjør at kultivering i Korsbrekkelva fremstår som lite hensiktsmessig. Gytebestandsmålet i Korsbrekkelva er oppnådd og det er et høstbart overskudd ved naturlig rekruttering. Dersom kultivering av laksebestanden i Korsbrekkelva likevel blir videreført anbefaler vi følgende:

1. Tiltak som kan forbedre tilslaget av kultiveringen bør vurderes.
2. Det bør velges stamlaks som representerer alders- og størrelsesfordelingen til bestanden.
3. Det blir benyttet slektskapsanalyser for å unngå krysninger mellom nært beslektede individer.
4. At avkom etter tidligere brukt stamfisk ikke blir brukt som stamfisk.

5 Referanser

- Anon. 2014. Retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. Miljødirektoratet, M186-2014. 12 s.
- Barson, N.J., Aykanat, T., Hindar, K., Baranski, M., Bolstad, G.H., Fiske, P., Jacq, C., Jensen A.J., Johnston, S.E., Karlsson, S., Kent, M., Moen, T., Niemelä, E., Nome, T., Næsje, T.F., Orell, P., Romakkaniemi, A., Sæggrov, H., Urdal, K., Erkinaro, J., Lien, S. & Primmer, C.R. 2015. Sex-dependent dominance at a single locus maintains variation in age at maturity in salmon. *Nature* 528: 405-408.
- Caballero, A. 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity* 73: 657-679.
- Christie, M.R., Marine, M.L., French, R.A., Waples, R.S. & Blouin, M.S. 2012b. Effective size of a wild salmonid population is greatly reduced by hatchery supplementation. *Heredity* 109: 254.
- Diserud, O.H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K.A. & Skaala, Ø. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2020. NINA Rapport 1926. Norsk institutt for naturforskning.
- Eide, O., 1997. Undersøkelser vedrørende lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Møre og Romsdal 1996. Rapport nummer 1. Fylkesmannen i Møre og Romsdal.
- Fleming, I. A., Hindar, K., Mjølnerød, 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 of London. Series B: Biological Sciences*, 267: 1517-1523.
- 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.
- 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*.
- Hellen, B. A. 2014. Fiskebiologiske undersøkelser i Korsbrekkelva, 2013. Rådgivende Biologer AS rapport 1888. 22 sider, ISBN 978-82-8308-072-8.
- Jones, O.R. & Wang, J. 2010. COLONY: a program for parentage and sibship inference from multi-locus genotype data. *Molecular Ecology Resources* 10: 551-555.
- Kambestad, M. & B. A. Hellen 2016. Fiskeundersøkelser i Korsbrekkelva i 2016. Rådgivende Biologer AS rapport 2378.
- Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., & Ugedal, O. 2016a. Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet. NINA Rapport 1269. Norsk institutt for naturforskning.
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Fiske, P., & Hindar, K. 2016b. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, 73: 2488-2498.
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Moen, T., & Hindar, K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression. *Ecology and Evolution*, 4: 3256-3263.
- Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Sollien, V.P., Andersskog, I. P. Ø, Brandsegg, H., Eriksen, L. B. & Spets, M. H. 2020. Stamlakskontroll 2019. NINA Rapport 1836. Norsk institutt for naturforskning.
- 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.
- McGinnity, P., Prodöhl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Maoiléidigh, N.ó., 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 of London. Series B: Biological Sciences* 270: 2443-2450.

- R Development Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Ryman, N. & Laikre, L. 1991. Effects of Supportive Breeding on the Genetically Effective Population Size. *Conservation Biology* 5: 325-329.
- Skår K., Barlaup B., Bremset G., Dyrendal H.A., Limstrand R. & Wennevik V. 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.
- Solberg, M. F., Skaala, Ø., 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: e54469.
- Wang, J.L. 2009. A new method for estimating effective population sizes from a single sample of multilocus genotypes. *Molecular Ecology* 18: 2148-2164.

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: 978-82-426-4740-5

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