

2174

NINA Rapport

Evaluering av frivillig kultivering av laks i Vestland fylke

Arnaelva, Daleelva, Loneelva og Osenelva Vestre Hyen

Ingerid Julie Hagen, Sten Karlsson, Sebastian Wacker, Bjørn Florø-Larsen, Kurt Urdal og Harald Sægrov



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 frivillig kultivering av laks i Vestland fylke

Arnaelva, Daleelva, Loneelva og Osenelva Vestre Hyen

Ingerid Julie Hagen
Sten Karlsson
Sebastian Wacker
Bjørn Florø-Larsen
Kurt Urdal
Harald Sægrov

Hagen, I.J., Karlsson, S., Wacker, S., Florø-Larsen, B., Urdal, K. & Sæggrov, H. 2023. Evaluering av frivillig kultivering av laks i Vestland fylke - Arnaelva, Daleelva, Loneelva og Osenelva Vestre Hyen.

NINA Rapport 2174. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, januar 2023

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4967-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Astrid Raunsgard

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Miljødirektoratet

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

M-2452|2023

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Heidi Hansen

FORSIDEBILDE

Daleelva © Dale Jakt og Fiskarlag

NØKKEWORD

Kultivering

Arnaelva,

Daleelva

Vaksdal

Loneelva

Osen Vestre Hyen

Laks

Genetikk

Ryman-Laikre effekt

Innkrysning

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., Wacker, S., Florø-Larsen, B., Urdal, K. & Sægrov, H. 2023. Evaluering av frivillig kultivering av laks i Vestland fylke. Arnaelva, Daleelva, Loneelva og Osenelva Vestre Hyen. NINA Rapport 2174. Norsk institutt for naturforskning

I dette prosjektet har vi evaluert den årsklassevise effekten av frivillig kultivering i fire vassdrag i Vestland fylke: Arnaelva, Daleelva, Osenelva Vestre Hyen og Loneelva. De fire vassdragene er utsatt for forskjellig grad av negativ påvirkning, der Daleelva er i den mest alvorlige situasjonen. Store giftutslipp fra Dale Fabrikker har flere ganger nærmest utryddet laksebestanden i vassdraget, og bestanden er i dag under sterkt press fra vannkraftproduksjon og innkryssning av rømt oppdrettslaks. Arnaelva er noe påvirket av regulering og sterkt påvirket av genetisk innkryssning av rømt oppdrettslaks. Osenelva er regulert mens Loneelva er uregulert, og begge er mindre preget av innkryssning.

I Arnaelva ble gyteårene 2014 og 2015 evaluert, og tilslaget av fiskeutsettinger for disse årene var lavt til moderat (henholdsvis 6,6 % og 13,8 %). Dette tilsier at det meste av laksen i Arnaelva var naturlig produsert. Forholdet mellom andel utsatt fisk, effektivt antall naturlig gytefisk og effektivt antall stamfisk indikerte en reduksjon i effektiv bestandsstørrelse som følge av kultiveringen (Ryman-Laikre effekt). Den observerte Ryman-Laikre effekten i Arnaelva kunne vært unngått ved et jevnere bidrag av antall avkom fra de ulike stamfiskene. I og med at gytebestandsmålet er oppnådd med hovedsakelig naturlig produksjon og det er et høstbart overskudd i elven, er det sannsynlig at gytebestandsmålet vil bli nådd, også dersom kultiveringen avvikles.

I Daleelva ble gyteårene 2014, 2015 og 2016 evaluert. Her stammer over 80 % av laksen fra utsettingene, og utsettinger er sannsynligvis nødvendige for å opprettholde laksebestanden i Daleelva med den nåværende situasjonen, men vi anbefaler at smoltutsettingene halveres for å redusere den høye andelen kultivert laks i bestanden og redusere den sterke Ryman-Laikre effekten. Gytebestandsmålet i Daleelva er oppnådd og vil også kunne nåes med færre utsatte individer i elven. Videre bør klekkeriet etterstrebe et jevnere bidrag mellom de ulike familiegruppene, igjen for å redusere den kraftige Ryman-Laikre effekten, som i all sannsynlighet reduserer bestandens genetiske variasjon og evne til å tilpasse seg miljøforandringer. Videre bør det innføres foreldretilordning og slektskapsanalyser til tidligere brukt stamfisk, for å unngå at enkelte familier får et uforholdsmessig stort bidrag.

I Osenelva Vestre Hyen ble gyteårene 2014, 2015 og 2019 evaluert. I denne bestanden var datagrunnlaget noe begrenset, men tilsier likevel at andelen kultivert laks i bestanden var lavt til moderat (henholdsvis 13 %, 5 % og 9 %). I Loneelva ble gyteårene 2014 og 2015 evaluert og andel utsatt laks for disse årene var også lavt til moderat (henholdsvis 4,6 % og 15,9 %). Dette tilsier at det meste av laksen i Osenelva og Loneelva var naturlig produsert og at kultiveringen sannsynligvis ikke har vært avgjørende for gytebestandsmåloppnåelsen i disse bestandene.

I Arnaelva og Loneelva ble stamfiskens størrelse (lengde og vekt) sammenliknet med tilsvarende informasjon for individer fanget under sportsfiske i årene 2018 – 2020. Resultatene viste at stamfisken i disse fangstårene var betydelig større enn det som er gjennomsnittet i sportsfiskefangster. Dette tilsier at stamfisken i de årene vi har studert ikke har vært et tilfeldig utvalg av gytebestanden. En slik seleksjon i kultivering er uheldig ved at det kan forstyrre den naturlige lokale tilpasningen til bestanden, og er ikke i henhold til forvaltningens anbefalinger.

For alle de evaluerte kultiveringsprogrammene er det viktig å etterstrebe et likt bidrag mellom de ulike familiegruppene. Standardisering av rognporsjoner der hver hunnfisk bidrar med like mange rogn hver, har stor betydning for å oppnå et jevnt bidrag. Der det blir benyttet en stor andel utsatt fisk som stamfisk bør det gjennomføres slektskapsanalyser til tidligere brukt stamfisk for å unngå at noen familier bidrar uforholdsmessig mye til de neste generasjonene.

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

ingerid.hagen@nina.no

Sten Karlsson, NINA; sten.karlsson@nina.no

Sebastian Wacker, NINA; sebastian.wacker@nina.no

Bjørn Florø-Larsen, Veterinærinstituttet, Postboks 4024, Angelltrøa, 7457 Trondheim;

bjorn.floro-larsen@vetinst.no

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

kurt.urdal@radgivende-biologer.no

Harald Sægrov, Rådgivende Biologer AS; harald.saegrov@radgivende-biologer.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	7
1 Innledning	8
1.1 Kultiveringens historie i Norge.....	8
1.2 Behovet for å evaluere kultivering.....	8
1.3 Innkrysning av rømt oppdrettslaks.....	8
1.4 Arnaelva – historikk og status.....	10
1.5 Daleelva – historikk og status.....	10
1.6 Osenelva Vestre Hyen – historikk og status.....	10
1.7 Loneelva – historikk og status.....	10
1.8 Prosjektets delmål:.....	11
2 Metode	12
2.1 Tilgjengelig materiale.....	12
2.2 Genetisk tilordning av villfanget gytefisk til stamfiskforeldre.....	12
2.3 Genetisk tilordning innen stamfisk.....	12
2.4 Beregning av tilslag av kultivert fisk.....	13
2.5 Beregning av effektiv bestandsstørrelse.....	13
2.6 Antall foreldre i vill andel av voksen bestand.....	13
2.7 Antall foreldre i vill andel av ungfiskbestand i Osenelva.....	14
2.8 Vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering.....	14
2.9 Stamfiskens representativitet i forhold til sportsfiske.....	14
2.10 Innkrysning av rømt oppdrettslaks.....	15
3 Arnaelva (Storelva)	16
3.1 Materiale benyttet i analyser.....	17
3.2 Tilslag av kultivert fisk i Arnaelva.....	18
3.3 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultiveringen i Arnaelva.....	18
3.4 Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske.....	20
3.5 Genetisk innkrysning av oppdrettsfisk i Arnaelva.....	21
3.6 Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Arnaelva.....	23
3.6.1 Konklusjoner og anbefalinger.....	24
4 Daleelva	25
4.1 Materiale benyttet i analyser.....	26
4.2 Tilslag av kultivert fisk i Daleelva.....	26
4.3 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultiveringen i Daleelva.....	27
4.4 Genetisk innkrysning av oppdrettsfisk i Daleelva.....	29
4.5 Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Daleelva.....	31
4.5.1 Konklusjoner og anbefalinger.....	33
5 Osenelva Vestre Hyen	34
5.1 Tilslag av kultivert fisk i Osenelva.....	35
5.2 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultiveringen i Osenelva.....	36
5.2.1 Beregninger basert på voksenfisk.....	36
5.2.2 Effektivt antall foreldre i vill gytefisk i Osenelva beregnet ut fra ungfisk.....	37
5.3 Genetisk innkrysning av oppdrettsfisk i Osenelva.....	39

5.4	Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Oselva	41
5.4.1	Konklusjoner og anbefalinger	42
6	Loneelva	43
6.1	Tilslag av kultivert fisk i Loneelva	44
6.2	Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt av kultiveringen i Loneelva	45
6.3	Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske i Loneelva	46
6.4	Genetisk innkrysning av oppdrettsfisk i Loneelva	48
6.5	Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Loneelva	50
6.5.1	Konklusjoner og anbefalinger	51
7	Referanser	52
8	Vedlegg	55

Forord

Kultivering av laks i form av oppformering i anlegg og utsettinger har lange tradisjoner i Norge. I dag blir det årlig tatt inn stamlaks fra om lag 50 vassdrag. En stor andel av utsettingene er pålegg som følge av vassdragsregulering og i noen vassdrag skjer kultivering som et frivillig tiltak. Som en følge av økt kunnskap om mulige negative genetiske konsekvenser av slike utsettinger og muligheten at en ved genetiske metoder kan spore utsatt fisk har det de siste årene blitt gjennomført evalueringer av en rekke forskjellige kultiveringsprogram. På oppfordring fra statsforvalteren i Vestland og på oppdrag av Miljødirektoratet har vi her gjort en evaluering av kultiveringsprogrammene i Arnaelva (Storelva), Loneelva, Daleelva og Osen Vestre Hyen i Vestland fylke. Vi takker Miljødirektoratet for oppdraget, statsforvalteren i Vestland ved Gry Walle og de lokale foreningene for et meget godt samarbeid og nyttige bidrag i form av kunnskap om lokale forhold. Vi takker også genetikklaben på NINA for DNA ekstraksjon og genotyping av prøvematerialet.

24 november 2022, Sten Karlsson

1 Innledning

1.1 Kultiveringens historie i Norge

De første klekkeriene i Norge ble etablert i 1855 (Berg 1986). I oppstarten av kultiveringspraksisen var kunnskapsgrunnlaget begrenset, og klekkeriene hadde få eller ingen føringer for hvordan kultivering burde drives. Etter hvert som kunnskapsgrunnlaget har økt, har også regelverket rundt kultivering blitt mer detaljert. I 1988 ble det anbefalt bruk av stedegen stamme når det drives kultivering (Korsen mfl. 1988), og dette ble lovfestet ved Lakseloven i 1992 (<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1992-05-15-47>). I 1995 ble det tilrettelagt for å sende inn skjellprøver til skjellkontroll for å ta ut rømt oppdrettslaks basert på vekstmønstre i skjell, og fra og med 2014 ble det vedtatt at all stamlaks skulle testes genetisk for å identifisere og fjerne individer som sannsynligvis ikke har rent villaksopphav (hybrider mellom villaks og oppdrettslaks). Videre har forvaltningen utarbeidet retningslinjer for utsetting av anadrom fisk (Anon. 2014a), og det har blitt utarbeidet en veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet (Karlsson mfl. 2016a). I 2021 ble det tatt ut stamlaks fra 50 vassdrag i Norge (Karlsson mfl. 2022) og en stor andel av dette er fra vassdrag der det drives frivillig kultivering.

1.2 Behovet for å evaluere kultivering

Kultiveringstiltak i form av fiskeutsettinger kan føre til uønskede genetiske og økologiske effekter og er et betydelig avvik fra naturlige bestandsregulerende prosesser. I dag benyttes fiskeutsettinger hovedsakelig som et bevaringstiltak, og retningslinjene fra forvaltningen tilsier at kultivering bør gjøres etter at andre kompensierende tiltak har blitt forsøkt (Anon. 2014a). Dersom det er behov for at en bestand kultiveres, er det viktig at effekten av kultiveringen evalueres (Skår mfl. 2011; Karlsson mfl. 2016). Evaluering gir informasjon om tilslag av kultivert fisk og hvordan både tilslaget og antall stamfisk bør tilpasses for å få et best mulig forholdstall mellom antall gytefisk i elven, antall kultiverte foreldre og bidraget fra de enkelte stamfiskene.

Dersom en stor del av gytebestanden har opphav i et begrenset antall stamfisk kan den totale effektive bestandsstørrelsen bli redusert. Dette kalles Ryman-Laikre effekten (Ryman & Laikre, 1991) og har blitt dokumentert som følge av kultivering i laksebestandene i Eira, Bævra og Årøyelva (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. Et sentralt fokus ved evaluering av kultivering er derfor å tallfeste andel kultivert fisk i bestanden, effektivt antall stamfisk og effektivt antall vill gytefisk, og ut fra dette tilpasse kultiveringen slik at eventuelle negative effekter unngås, og utfallet blir mest mulig positivt for elvebestanden. Andelen kultivert fisk i bestanden er den parameteren som har størst betydning for hvilke genetiske effekter kultiveringen kan ha (Hagen mfl. 2020). Dersom tilslaget ved kultivering er stort kan utsetting av klekkeriproduserte individer føre til store endringer i motakerbestanden, mens effekten vil være liten dersom tilslaget er lite.

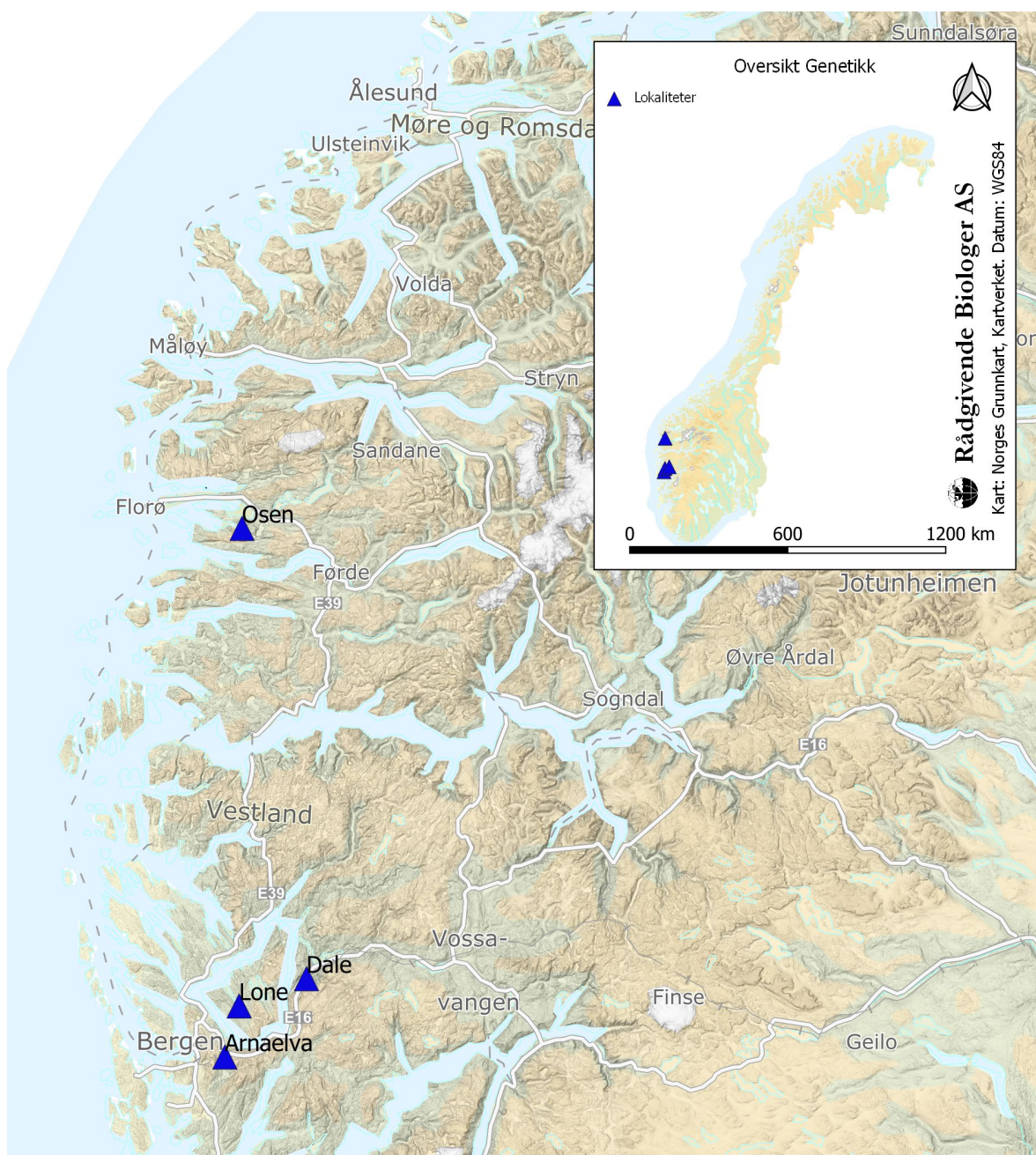
For å kunne tilordne villfanget gytefisk til stamfiskforeldre benyttes det molekylærgenetiske metoder. En forutsetning for å evaluere kultivering er derfor at det blir samlet inn skjellprøver av all stamfisk, samt stikkprøver av bestanden i elven. Stamlakskontrollen som ble innført i 2014 har medført at prøver av stamfisken er sikret og at utsatte individer er sporbare til stamlaksforeldre.

1.3 Innkryssing av rømt oppdrettslaks

Sterk seleksjon for økonomisk viktige trekk har ført til at oppdrettslaks er mindre tilpasset livet i naturen enn villaks, og innkryssing av oppdrettslaks i ville bestander har derfor negative konsekvenser for villaksen (Glover mfl. 2017). Laks født i naturen som har gener som helt eller delvis stammer fra oppdrettslaks har dårligere overlevelse (Wacker mfl. 2021) og reproduksjon enn laks med rent villaksopphav. Det er også vist at innkryssing av rømt oppdrettslaks fører til endret vekst og sjøalder i villfisk (Bolstad mfl. 2017; 2021). I kunstige miljøer har derimot oppdrettslaksen bedre overlevelse, slik at oppdrettslaks og hybrider mellom oppdrettslaks og villaks vil

utkonkurrere villaks når de er holdt i oppdrettsmiljø (Solberg mfl. 2013). I kultiveringsprogrammet for Eira i Møre og Romsdal hvor det har blitt satt ut ettårig og toårig smolt, er det vist at stamlaks med helt eller delvis opphav i oppdrettslaks fikk flere voksne avkom enn stamlaks med rent villaksopphav. Denne effekten har forsterket graden av innkryssing av oppdrettslaks i elvebestanden og dokumenterer risikoen for utilsiktet seleksjon i kultiveringsanlegg (Hagen mfl. 2019). Fra og med 2014 har det blitt gjennomført obligatorisk genetisk stamlakskontroll for å fjerne stamlaks som sannsynligvis ikke har rent opphav i villaks (Karlsson mfl. 2022).

Det er observert en høy grad av genetisk endring som følge av innkryssing med rømt oppdrettslaks i Arnaelva og Daleelva, mens det i Lone er observert moderate genetiske endringer som følge av innkryssing (Diserud mfl. 2020). I Osen er det ikke observert endringer som følge av innkryssing. Beliggenheten til de fire bestandene er vist i **figur 1**.



Figur 1: Geografisk beliggenhet til de fire bestandene hvor kultiveringen er evaluert.

1.4 Arnaelva – historikk og status

Arnaelva (061.2Z) er noe regulert ved at cirka 27 % av nedbørsfeltet inngår i reguleringer for drikkevannsforsyning til Bergen kommune. Elven har gjentatte ganger vært gjenstand for utslipp fra fabrikker langs elven, med påfølgende fiskedød. Etter at utlippene ble fjernet på midten av 1990-tallet har vannkvaliteten vært forholdsvis god (Kålås og Johnsen 2000). I 2009 ble nye gyteområder gjort tilgjengelig ved en laksetrapp og områdene ovenfor trappen har gode gyteområder. Statusen for laksebestanden i Arnaelva er av vitenskapelig råd for lakseforvaltning beskrevet som svært god med tanke på gytebestandsmåloppnåelse og høstbart overskudd og som svært dårlig med tanke på genetisk integritet ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](#), Diserud mfl. 2029). Siden den obligatoriske genetiske stamlakskontrollen ble innført i 2014 har årlig mellom 11 % og 29 % av stamfisken blitt forkastet på grunn av sannsynlig opphav i rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2022).

1.5 Daleelva – historikk og status

Daleelva (061.Z) er et sterkt reguleringspåvirket vassdrag med en lakseførende strekning på 4,7 km, der en stor del av vannet i den øvre delen ovenfor kraftverksutløpet (cirka 2 km) er fraført (Gabrielsen mfl. 2019). Daleelva er sterkt påvirket av effektkjøring, med påfølgende stranding av voksen gytefisk og ungfisk. I tillegg har vassdraget i lang tid og ved flere tilfeller blitt kraftig forurenset av utslipp fra Dale Fabrikker med påfølgende fiskedød (Inge Sandven, Dale jakt og fiskarlag). Statusen for laksebestanden i Daleelva er av vitenskapelig råd for lakseforvaltning beskrevet som god med tanke på gytebestandsmåloppnåelse og høstbart overskudd og som svært dårlig med tanke på genetisk integritet ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](#)). Gytefisketellinger har vist en betydelig økning i antall gytefisk etter 2010, hvilket i stor grad skyldes økt andel kultivert fisk fra utsatt smolt. Andel kultivert fisk har de siste fem årene vært mellom 60 og 85 % (Skoglund mfl. 2022). Laksebestanden i Daleelva er kraftig påvirket av innkrysning av rømt oppdrettslaks (Diserud mfl. 2020) og etter den obligatoriske genetiske stamlakskontrollen ble innført i 2014 har mellom 22 % og 52 % blitt forkastet hvert år på grunn av sannsynlig opphav i rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2022).

1.6 Osenelva Vestre Hyen – historikk og status

Osenelva Vestre Hyen (085.Z) har en lakseførende strekning på 10,6 km. Vassdraget er regulert. Genetiske endringer som følge av innkrysning av rømt oppdrettslaks har ikke blitt påvist (Diserud mfl. 2020). I 2011 ble det igangsatt tiltak for å bedre forholdene for laks i elven. Dette inkluderte habitatforbedrende tiltak ved å legge ut gytegrus og å utbedre en laksetrapp ved Gygregfossen (informasjon fra Fylkesmannen i Sogn og Fjordane 2018 - <https://www.statsforvalteren.no/sogn-og-fjordane/miljo-og-klima/fiskeforvaltning/storsatsing-for-laksen-i-osenvassdraget/>). Videre ble det bygget et klekkeri for kultivering (Wiers og Gabrielsen 2011). Formålet med klekkeriaktiviteten er å styrke laksebestanden. Det ble beregnet at arealet i Osenelva kan tillate at det legges ut 150 000 rogn årlig og at dette skal kunne øke smoltproduksjonen med 7500 – 15000 smolt hvert år (Wiers og Gabrielsen 2011). I 2011 ble det meste av rognen plantet i lakseførende strekning av Osenelva. De siste årene har gytebestandsmålet vært nådd, og det har vært et høstbart overskudd i elven ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](#)).

1.7 Loneelva – historikk og status

Loneelva (060.4Z) har en lakseførende strekning på 5,2 km. Vassdraget er fredet og er per i dag ikke regulert, men det har vært søkt om konsesjon til å bygge ut Gjerstadfossen, som er en del av Loneelva. Denne søknaden ble avslått (NVE, 2022). I Loneelva settes det ut plommesekk- yngel ovenfor lakseførende strekning, for å unngå konkurranse med naturlig gyting. Laksebestanden i Loneelva er negativt påvirket av rømt oppdrettslaks, da det er observert moderate genetiske endringer som følge av innkrysning (Diserud mfl. 2020). I Loneelva er

gytebestandsmålet nådd og det er et høstbart overskudd i elven ([Hjem - Vurdering av enkeltbestander \(vitenskapsradet.no\)](#)).

1.8 Prosjektets delmål:

Følgende delmål har blitt definert for prosjektet:

1. Vurdere tilslag av kultivert fisk for gyteårsklassene 2014 og 2015 i Loneelva, Oselva Vestre Hyen, Arnaelva og Daleelva, basert på prøver av voksenfisk fra sportsfiske og stamfiske.
2. Vurdere tilslag av kultivert fisk blant ungfisk med alder 1+ for gyteårsklassen 2019 i Oselva Vestre Hyen.
3. Vurdere effekten av kultivering på den effektive bestandsstørrelsen (Ryman-Laikre effekt) i hver av de fire bestandene.
4. Gi en vurdering av representativiteten til stamfisken, det vil si om stamfisken er et tilfeldig utvalg av elvebestanden og i hvilken grad stamfisk er direkte etterkommere etter tidligere brukt stamfisk i hver av de fire bestandene.
5. Gi en vurdering på om stamlakskontrollen har hatt en effekt på innkrysning av kultiverte individer i hver av de fire bestandene.
6. Gi forslag til eventuelle nødvendige endringer i kultiveringspraksis i hver av de fire bestandene.

2 Metode

2.1 Tilgjengelig materiale

Datamaterialet for evaluering av kultivering varierer noe mellom de fire bestandene. For Loneelva og Arnaelva er det samlet inn et stort skjellmateriale av voksenfisk igjennom sportsfiske. I Daleelva og Osenelva er materialet av voksenfisk begrenset til stamfisk. Skjellprøver av voksenfisk ble analysert for smoltalder og sjøalder og ut fra fangstår tilordnet gyteårsklasse. I Daleelva er antallet stamfisk tilstrekkelig til å evaluere kultiveringen, mens i Osenelva er evalueringen supplert med prøver av ungfisk. Det tilgjengelige materialet er sammenfattet i **tabell 1**.

Tabell 1. Datagrunnlag for evaluering av kultivering i de fire elvene. For Arnaelva, Loneelva og Daleelva ble evalueringen basert på voksen laks fra sportsfiske, høstfiske og stamfisk. I Osen Vestre Hyen ble evalueringen basert på stamfisk og ungfisk (0+ og 1+).

Vassdrag	Gyteår	Antall fra sportsfiske og høstfiske	Antall fra elfiske	Antall stamfisk	Totalt datagrunnlag
Loneelva	2014	68	-	-	68
	2015	134	-	-	134
Arnaelva	2014	70	-	25	95
	2015	57	-	22	79
Daleelva	2014	-	-	93	93
	2015	-	-	65	65
Osen V H	2014	-	-	15	15
	2015	-	-	11	11
	2019	-	104 1+	-	104
	2020	-	129 0+	-	129

2.2 Genetisk tilordning av villfanget gytefisk 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. Ved å analysere et tilstrekkelig høyt antall gener kan vi med tilnærmet 100 % sikkerhet identifisere foreldrene til et individ. I denne analysen brukte vi 68 SNP-markører (Single Nucleotide Polymorphisms). Analysen ble utført ved hjelp av et skript i Visual Basic (Thomas Moen, AquaGen AS, upublisert). For å ta høyde for mulige feil i krysningslistene og som en ekstra kvalitetskontroll, ble all stamfisk samlet inn for et gitt gyteår satt som mulige foreldre, uavhengig av oppgitt kjønn.

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 mitokondriet i sin helhet og utelukkende nedarves fra mor til avkom.

På grunn av mulig feilvandring av kultivert fisk mellom de fire elvene, ble all voksenfisk fra stamfiske og sportsfiske også forsøkt tilordnet til stamfisk brukt i de tre andre bestandene.

2.3 Genetisk tilordning innen stamfisk

Det anbefales ikke å bruke utsatt fisk som stamfisk. I tilfeller der utsatt fisk ikke er fysisk merket og ikke kan identifiseres ved skjellesing (som ved utsetninger av tidlige livshistoriestadier), er det mulig at utsatt fisk blir utilsiktet brukt som stamfisk. Dette kan føre til mindre genetisk variasjon blant utsatt fisk sammenliknet med om ubeslektet stamfisk hadde vært brukt. På grunn av stamfiskkontrollen er all stamfisk fra og med 2014 og fremover genotypet. Disse genotypene kan brukes til å finne ut om utsatt fisk har blitt brukt som ny stamfisk. Gjennomføring av denne

analysen var identisk med beskrivelsen i avsnitt 2.2. Stamfisk samlet inn i 2017 – 2021 ble for- søkt genetisk tilordnet til stamfisk brukt i 2014 – 2018.

2.4 Beregning av tilslag av kultivert fisk

Andel kultivert fisk i bestanden har betydning for hvor store genetiske effekter kultivering kan påføre bestanden og det er derfor viktig å beregne denne parameteren (Hagen mfl. 2020). Dersom stikkprøven (her prøver fra sportsfiske i Arnaelva og Loneelva, stamfiske i alle fire bestander og elektrofiske av ungfisk i Osen) 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. Andel kultivert fisk ble beregnet i henhold til følgende likning:

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

2.5 Beregning av effektiv bestandsstørrelse

Effektivt antall foreldre er som regel forskjellig og ofte mindre enn det faktiske antall foreldre. Ulikt antall hunn- og hannfisk og en stor forskjell i antall avkom, vil føre til at effektivt antall foreldre blir mindre enn faktisk antall foreldre. 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):

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

N er antall hunn-stamfisk eller hann-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. Ut ifra dette ble totalt effektivt antall stamfisk beregnet i henhold til følgende formel:

$$\text{TotalNek} = \frac{4 (N_{ek} \text{♀} \cdot N_{ek} \text{♂})}{N_{ek} \text{♀} + N_{ek} \text{♂}} \quad (\text{Likning 3})$$

2.6 Antall foreldre i vill andel av voksen bestand

Beregning av effektivt antall foreldre i vill andel av bestanden ble gjort ved å benytte «Sibship» metoden (Wang, 2009) som er implementert i programmet COLONY 2.0.2.3 (Jones & Wang 2010). Med denne tilnærmingen 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 beregnet. 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.

For et nøyaktig estimat av effektivt antall ville gytere bør utvalgsstørrelsen ligge på omtrent det samme som det effektive antallet gytere i bestanden i et gitt år (Ackerman mfl. 2017). Dersom utvalgsstørrelsen er mye mindre enn antallet gytefisk i elven, vil metoden beskrevet ovenfor, underestimere effektivt antall gytefisk. For de årene det er gjort gytefisktelinger kan vi vurdere om utvalgsstørrelsen er stor nok til å gjøre en pålitelig beregning av antall ville gytere. Som nevnt ovenfor, er effektivt antall foreldre som regel mindre enn det faktiske antall foreldre. I laksebestander kan forholdet mellom effektivt antall foreldre og antall gytefisk variere mye både mellom

bestander og mellom forskjellige år innen hver bestand (Ferchaud mfl. 2016; Wacker mfl. 2022). I denne rapporten bruker vi et forhold mellom effektivt og faktisk antall gytefisk på $\frac{1}{3}$ til $\frac{1}{2}$. Til videre analyser benytter vi derfor overnevnte andeler av antall gytefisk til å vurdere om utvalgsstørrelsen av naturlig produsert fisk er stor nok til å gjøre en pålitelig beregning i COLONY. Dersom utvalgsstørrelsen er for liten, benytter vi disse forholdstallene fra gytefisktellinger direkte i videre analyser.

2.7 Antall foreldre i vill andel av ungfiskbestand i Osenelva

Effektivt antall gytefisk ble estimert fra stikkprøver av ungfisk fra gyteårene 2019 og 2020. Tidligere undersøkelser har vist at effektivt antall gytefisk kan bli underestimert ved bruk av ungfisk (Wacker mfl. 2022). Antall prøver kan påvirke estimatet av effektivt antall gytefisk gjennom feil som oppstår i estimering av slektskap i COLONY. Vi analyserte effekten av antall prøver på estimatet av effektivt antall gytefisk ved gjentatt tilfeldig utvelgning av prøver og reanalyse i COLONY. Variasjon og bias i estimatet ble påvirket av både utvalget av individer og analysen i COLONY. Gjentatt tilfeldig utvelgning av genotyper og forberedelse av COLONY input filer ble gjort ved bruk av et R-skript beskrevet i Ackerman mfl. (2017), der 30, 50 og 90 % av prøvene ble prøvetatt og hver andel ble prøvetatt fire ganger. Effekten av antall prøver ble undersøkt ved å plote sammenhengen mellom stikkprøvestørrelse og effektivt antall gytefisk.

Familiegrupper av ungfisk er ofte ikke tilfeldig fordelt i elven, men oppholder seg i et begrenset område. Stikkprøver av ungfisk fra elfiskestasjoner kan derfor overestimere antallet søsken og dermed underestimere effektivt antall gytefisk (Wacker mfl. 2022). Vi undersøkte effekten av stikkprøver fra elfiskestasjoner ved å tilfeldig trekke prøver fra ulikt antall stasjoner og plote sammenhengen mellom antall prøvetatte stasjoner og estimert effektivt antall gytefisk (Wacker mfl. 2022). Alle innsamlede prøver ved de utvalgte stasjonene ble brukt for estimering av effektivt antall gytefisk. Slektskap blant de utvalgte individene ble ikke estimert i COLONY på nytt, men hentet fra resultater av COLONY-analysen som ble gjennomført med alle individer inkludert. Metoden gir en indikasjon på egnethet av innsamlingen av ungfisk til estimering av effektivt antall gytefisk (Wacker mfl. 2022).

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

Dersom en stor andel av gytefisken stammer fra et lite antall stamfisk vil dette føre 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 med følgende formel:

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

N_{evill} tilsvarer effektiv bestandsstørrelse i den ville bestanden (fra Sibship analyser), N_{ek} er effektivt antall stamfisk og x er andel kultivert fisk i gytebestanden for 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_{evill}) kan man si at den totale effektive bestandsstørrelsen hadde vært større uten noe bidrag fra utsatt fisk, det vil si at vi ser en Ryman-Laikre effekt:

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

2.9 Stamfiskens representativitet i forhold til sportsfiske

Stamfisken bør i størst mulig grad representere gytebestanden (Karlsson mfl. 2016a). Dette betyr at stamfisken bør ha tilsvarende alders- og størrelsesfordeling som elvebestanden. I dette studiet har vi sammenliknet stamfiskens størrelsesfordeling med størrelsesfordeling blant fisk

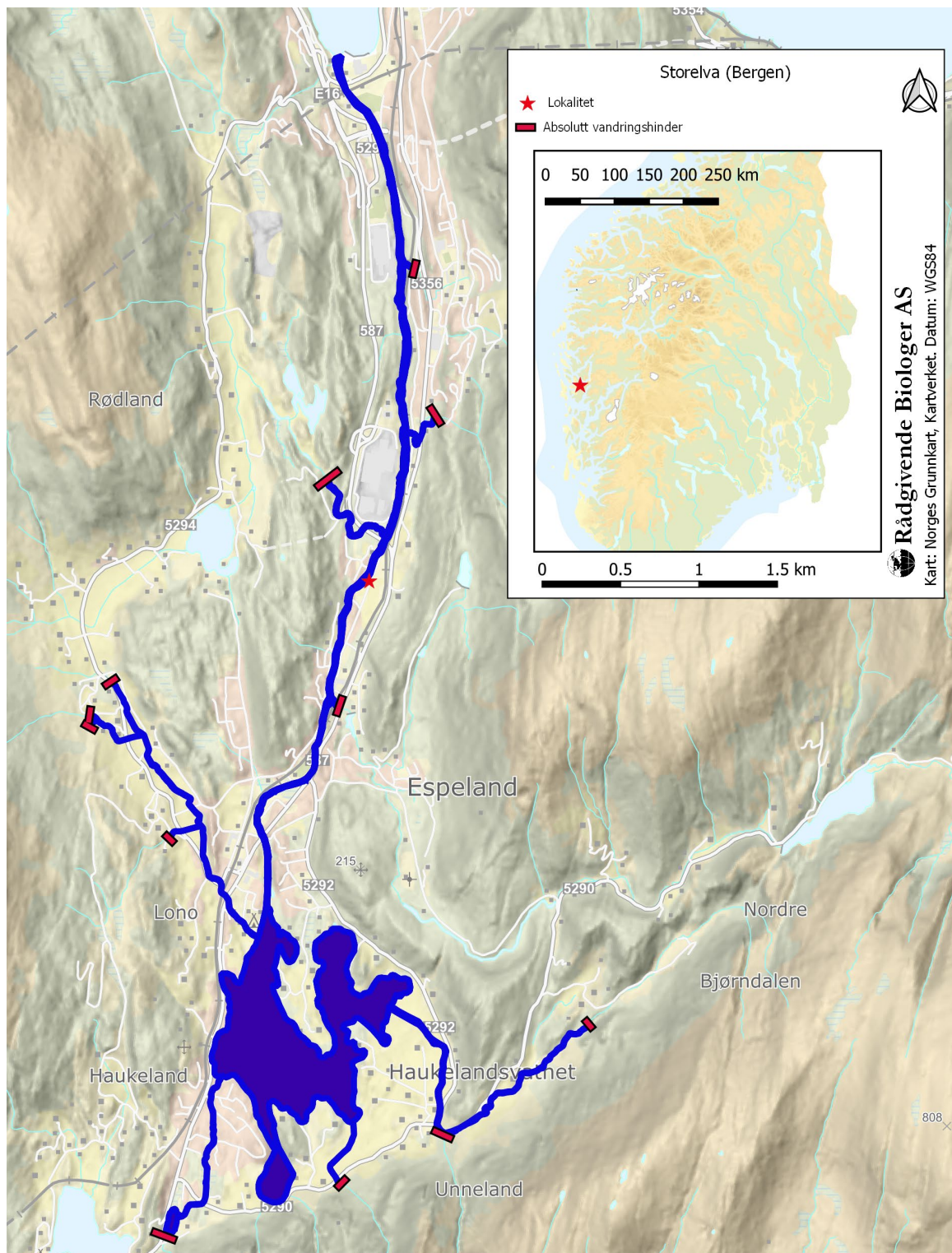
fanget i sportsfiske for Arnaelva og Loneelva. Prøver innsamlet igjennom sportsfiske ble antatt å være representative for gytebestanden. Informasjon om størrelse (vekt og lengde) ble hentet fra skjellkonvoluttene og fra informasjon om stamfisken som har blitt sendt til Veterinærinstituttet. For å undersøke om det var en forskjell på vekt og lengde i de to gruppene utførte vi en tosidig t-test i programvaren R (R Development Team 2018). For å unngå årseffekter sammenliknet vi stamfisk og sportsfiskeprøver som var fanget i samme år.

2.10 Innkrysning av rømt oppdrettslaks

Beregning av genetisk innkrysning av oppdrettslaks ble utført med et sett genetiske markører som er 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). I praksis betyr dette at genetisk innkrysning med oppdrettslaks ble vurdert individuelt for hver enkelt fisk 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, som er den samme som brukes som terskelverdi for å godkjenne stamfisk i stamlakskontrollen (Karlsson mfl. 2022).

3 Arnaelva (Storelva)

I henhold til Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL) sin informasjon har Arnaelva (Storelva, 061.2Z) en middels stor naturlig gytebestand, og et gytebestandsmål på 168 kg hunnfisk (Anon. 2014b). Dette inkluderer gyteområdene ovenfor laksetrappen som ble åpnet i 2009 (**figur 2**).



Figur 2: Arnaelva, der lakseførende strekning er indikert i blått.

Gytebestandsmålet har blitt oppnådd de siste årene og elven har et høstbart overskudd (VRL 2022). Arnaelva er sterkt påvirket av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Genetisk integritet i bestanden er i henhold til kvalitetsnormen beskrevet som svært dårlig, da store og signifikante genetiske endringer som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks er dokumentert (Diserud mfl. 2020). Arnaelva har vært kultivert siden 1985 (Kålsås og Johnsen 2000). Det første året ble det brukt rogn fra Daleelva, mens det i årene etterpå har vært brukt stamfisk fanget i Arnaelva. Det settes ut øyerogn, plommeseekkyngel og uføret yngel i varierende antall (**tabell 2**).

Tabell 2: Oversikt over antall stamfisk som ble fanget, antall stamfisk som ble godkjent ved skjellkontroll for å ta ut rømt oppdrettsfisk, antall stamfisk som ble godkjent etter genetisk opphavskontroll og antall øyerogn / plommeseekkyngel / uføret yngel som ble satt ut. Yngel og øyerogn som er satt ut et gitt år har opphav i stamfisken som er rapportert fanget det foregående året. Data er hentet fra Karlsson mfl. (2022) og VRL (<https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>). De evaluerte gyteårene og antall utsatte rogn/yngel fra disse er uthevet.

År	Stamfisk fanget	Godkjent v/ skjellkontroll	Godkjent v/opphavs-kontroll	Antall rogn / yngel satt ut Tall i parentes er gyteårsklasse
2014	36	36	28	57 000 rogn + 70 000 pl.sekkyngel
2015	39	39	32	28 500 rogn + 62 000 pl.sekkyngel (2014)
2016	39	38	32	30 500 rogn + 76 500 pl.sekkyngel (2015)
2017	53	53	39	35 000 rogn + 70 000 yngel (2016)
2018	35	34	25	26 000 øyerogn (2017)
2019	34	34	27	22 500 rogn + 80 500 yngel (2018)
2020	41	41	35	102 000 pl.sekkyngel (2019)
2021	44	44	40	32 000 rogn + 48 000 pl.sekkyngel (2020)

Denne rapporten omfatter gyteårsklassene 2014 og 2015. Fra stamfisken brukt i 2014 ble det satt ut 28 500 øyerogn og 62 000 plommeseekkyngel, mens det fra stamfisken brukt i 2015 ble det satt ut 30 500 øyerogn og 76 500 plommeseekkyngel (**tabell 2**). Vi har kvantifisert bidraget fra de til sammen 197 500 utsatte individene og vurdert hvilke effekter utsetting av disse har hatt på laksebestanden i Arnaelva.

3.1 Materiale benyttet i analyser

For Arnaelva har vi benyttet materiale som er samlet inn i løpet av sportsfiskesesongene 2018 – 2020. Innsamlede skjell har blitt alderslest og vi har genotypet alle villaks med gyteår 2014 og 2015. En oversikt over prøver fra de forskjellige sesongene finnes i **tabell 3**. Videre har vi benyttet stamfisk fra og med 2014 og frem til 2021. Stamfisken fra og med fangstår 2017 har blitt alderslest og stamfisk med gyteår 2014 og 2015 har blitt tatt med i evalueringen.

Tabell 3: Antall individer fra hvert gyteår som ble fanget i de respektive fangstårene og som vi har benyttet til evaluering av kultivering i Arnaelva.

Fangstår	Gyteår 2014		Gyteår 2015	
	Sportsfiske	Stamfiske	Sportsfiske	Stamfiske
2018	13	6	0	0
2019	38	11	11	4
2020	16	7	39	11
2021	3	1	7	7
Sum:	70	25	57	22
Totalt per gyteår:	95		79	

3.2 Tilslag av kultivert fisk i Arnaelva

Det ble totalt identifisert 19 individer med opphav i stamfisk brukt i 2014 og 2015. Basert på det totale datamaterialet betyr dette at tilslaget for kultivert laks i Arnaelva var henholdsvis 6,6 % og 13,8 % for de to gyteårene (**tabell 4**). Ingen av individene fanget i Arnaelva kunne tilordnes stamfisk brukt i Loneelva, Daleelva eller Osenelva. De fleste foreldre-avkom tilordningene stemte ikke med kryssninger oppgitt i kryssningslistene.

Tabell 4: Antall prøver og andel kultivert fisk fra to gyteår i Arnaelva

Gyteår	Totalt antall prøver	Antall kultiverte individer	Andel kultivert
2014	91	6	6,6 %
2015	94	13	13,8 %

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

For de to evaluerte gyteårene ble det funnet et lavt til moderat tilslag av kultivert fisk (6,6 og 13,8 %, **tabell 4**). Fra de 28 stamfiskene som var brukt i kryssninger i 2014, ble det funnet avkom etter 5 stamfisker, mens det ble funnet avkom etter 13 av de 30 stamfiskene som ble brukt i 2015. Når tilslaget er lavt er det sannsynlig at de fleste stamfiskene ikke vil få tilordnet noen avkom, selv om de kan ha bidratt med avkom i elven. Dette betyr at beregninger av gjennomsnittlig antall avkom og varians i antall avkom per stamfisk blir usikre. Dermed blir også beregningen av effektivt antall stamfisk usikker. For Arnaelva 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 i 2014 (**tabell 5**). For å gjøre en nøyaktig beregning av effektivt antall stamfisk ved det tilslaget vi har registrert i Arnaelva fra 2014, må utvalgsstørrelsen være større.

Det ble gjort gytefisktellinger i Arnaelva i 2014 og 2015 (Skoglund mfl. 2015; Skoglund mfl. 2016), og disse gir en indikasjon på om utvalgsstørrelsen for naturlig produsert fisk er stor nok til å nøyaktig beregne effektivt antall ville gytere ved bruk av Sibship-metoden. Under antagelsene at effektivt antall gytefisk i forhold til faktisk antall gytefisk er mellom $1/3$ og $1/2$ (se 2.6), og at utvalgsstørrelsen bør være omtrent like stor som det effektive antallet gytere, ser vi at utvalgsstørrelsen ikke er stor nok til å benytte Sibship-metoden til å beregne effektivt antall ville gytere (**tabell 5**). Vi har i stedet brukt gytefisktellinger direkte, der usikkerheten strekker seg fra nedre estimat ($1/3$) til øvre estimat ($1/2$) av forventet andel som bidrar. Middelveidien av disse ble brukt til å estimere N_{eTotal}/N_{eVill} (**tabell 5**).

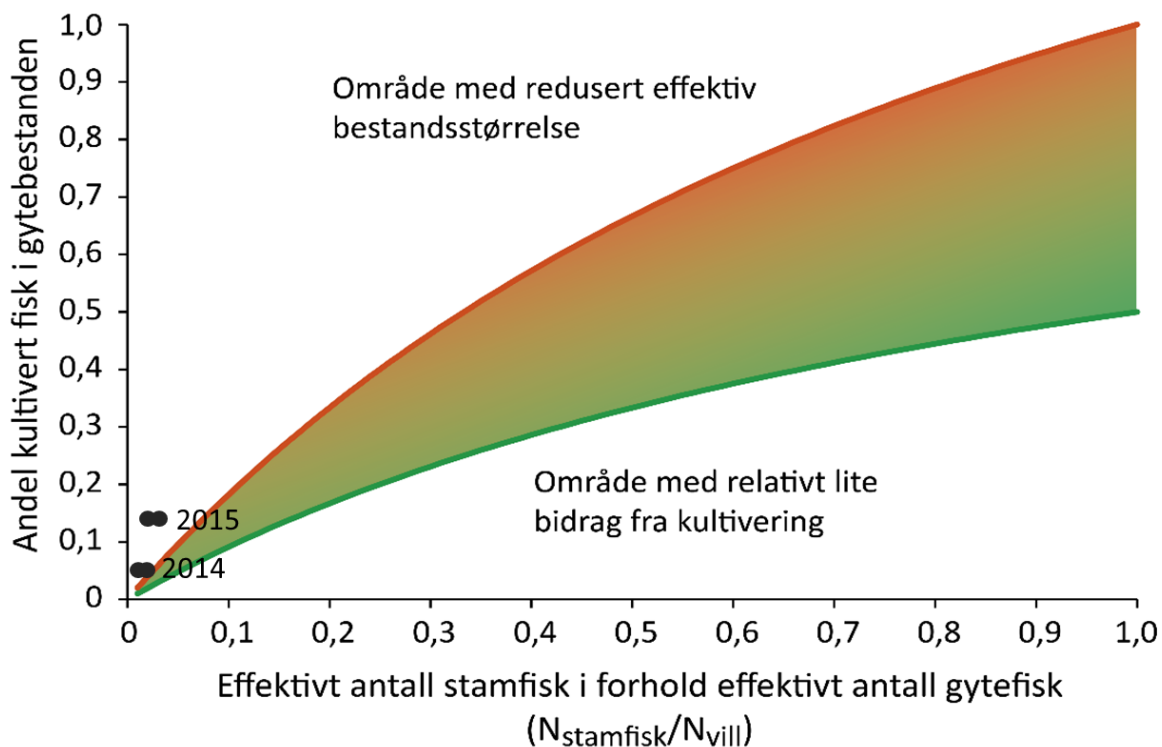
Tabell 5: Antall gytefisk observert, nedre og øvre estimat for effektiv bestandsstørrelse for vill (N_{eVill}) basert på gytefisktelling, effektiv bestandsstørrelse for kultivert ($N_{eKultivert}$) andel av bestanden, antall registrerte kultiverte avkom for hvert gyteår, antall registrerte ville avkom for hvert gyteår, antall stamfisk ($N_{stamfisk}$) som er brukt i kryssninger, forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) og andel kultivert fisk i for hvert gyteår i Arnaelva.

Gyteår	Gytefisk	N_{eVill} $1/3-1/2$ gytefisk	$N_{eKultivert}$	Antall kultiverte avkom	Antall ville avkom	$N_{stamfisk}$	N_{eTotal}/N_{eVill}	Andel kultivert
2014	579	193-290	2,9	6	85	28	0,87	6,6 %
2015	987	329-494	12,5	13	81	30	0,73	13,8 %

Mye av årsaken til det lave effektive antallet stamfisk i 2014 er at avkom er tilordnet kun fem stamfisk av totalt 28 mulige foreldre, og at ett stamfiskpar har fått tilordnet hele fire av disse avkommene. En slik høy variasjon i familiestørrelse vil føre til en reduksjon i effektivt antall

stamfisk i forhold til antallet stamfisk som ble brukt. Også for 2015 var det noe variasjon i familiestørrelse, og litt under halvparten av stamfisken hadde fått tilordnet avkom, men variasjonen i familiestørrelse var mindre enn for 2014. For begge disse årene ligger forholdet mellom total effektiv bestandsstørrelse og vill effektiv bestandsstørrelse (N_{eTotal}/N_{eVill}) under 1, hvilket tilsier at kultivering har ført til en reduksjon i den totale effektive bestandsstørrelsen i elven. For 2014 er det mulig at Ryman-Laikre effekten overestimeres, da det lave tilslaget kan føre til at effektivt antall stamfisk underestimeres. Dersom effektivt antall stamfisk ligger på 40 % av antallet brukt i krysninger (hvilket er tilfellet for 2015 og som er en vanlig observasjon i evaluerte kultiveringsprogram), så heves (N_{eTotal}/N_{eVill}) til noe over 1 og dermed ingen Ryman-Laikre effekt. Resultatene for 2014 er dermed noe usikre. Det er verdt å merke seg at estimatet for tilslag regnes som sikkert. Andel kultivert fisk har stor betydning for graden av påvirkning som kultivering kan ha på en bestand. I og med at tilslaget var lavt for 2014, vil kultiveringen uansett ha begrenset påvirkning på bestanden dette året. For 2015 er det effektive antallet stamfisk høyere, og tilslaget er høyere. Det er også et stort antall gytefisk i elven dette året, hvilket sannsynligvis hever det effektive antallet ville gytere. Ryman-Laikre effekten i 2015 kommer av at et relativt lite antall stamfisk (effektivt antall på 12,5) har produsert 13,8 % av bestanden, mens et høyt antall ville gytefisk (rundt 300-500) har produsert 86,2 % av bestanden. Dette betyr at et lite antall stamfisk har produsert uforholdsmessig mange avkom sammenliknet med den ville bestanden. Dersom bidraget mellom ulike stamfisk hadde vært jevnere, slik at stamfisken hadde vært utnyttet bedre, kunne Ryman-Laikre effekten vært motvirket i 2015.

I **figur 3** er andel kultivert fisk i bestanden plottet mot $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ for hvert av gyteårene 2014 og 2015. Usikkerheten i estimatene er indikert som de to ulike punktene for hvert gyteår i henhold til nedre ($1/3$) og øvre ($1/2$) beregning for N_{eVill} basert på gytefisktelinger. En økning i $N_{eStamfisk}$, vil føre til at punktene beveger seg mer mot høyre, og inn i området på figuren der kultiveringen gir et bidrag til den totale effektive bestandsstørrelsen.



Figur 3: Forhold mellom kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ (x-aksen) for gyteårene 2014 og 2015 i Arnaelva. 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. Punktene angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ i henhold til nedre og øvre estimat for N_{eVill}

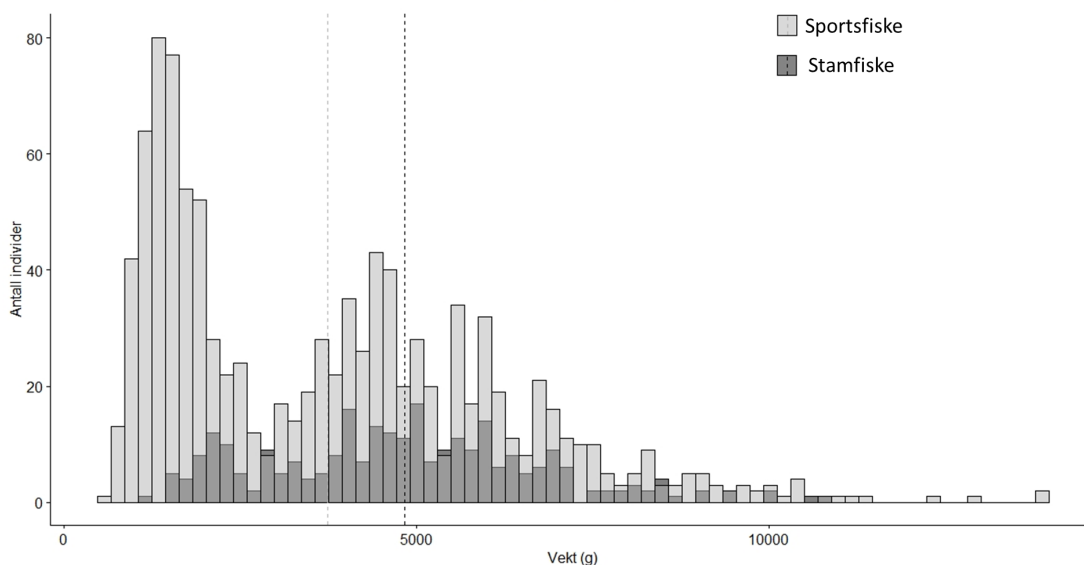
3.4 Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske

Stamfiskens vekt og lengde ble sammenliknet med tilsvarende data for individer fanget i Arnaelva i løpet av sportsfiskesesongene 2014 – 2020. Stamfisken var i gjennomsnitt 1087 gram tyngre og 70 mm lengre enn individer fanget under sportsfisket de samme årene (**tabell 6**). Denne forskjellen er statistisk signifikant (tosidig t-test) og tilsier at stamfisken generelt har vært betydelig større enn gjennomsnittet i sportsfiskefangstene. Dette betyr at stamfisken ikke er et tilfeldig utvalg av elvebestanden, men at store individer oftere har blitt valgt ut som stamfisk.

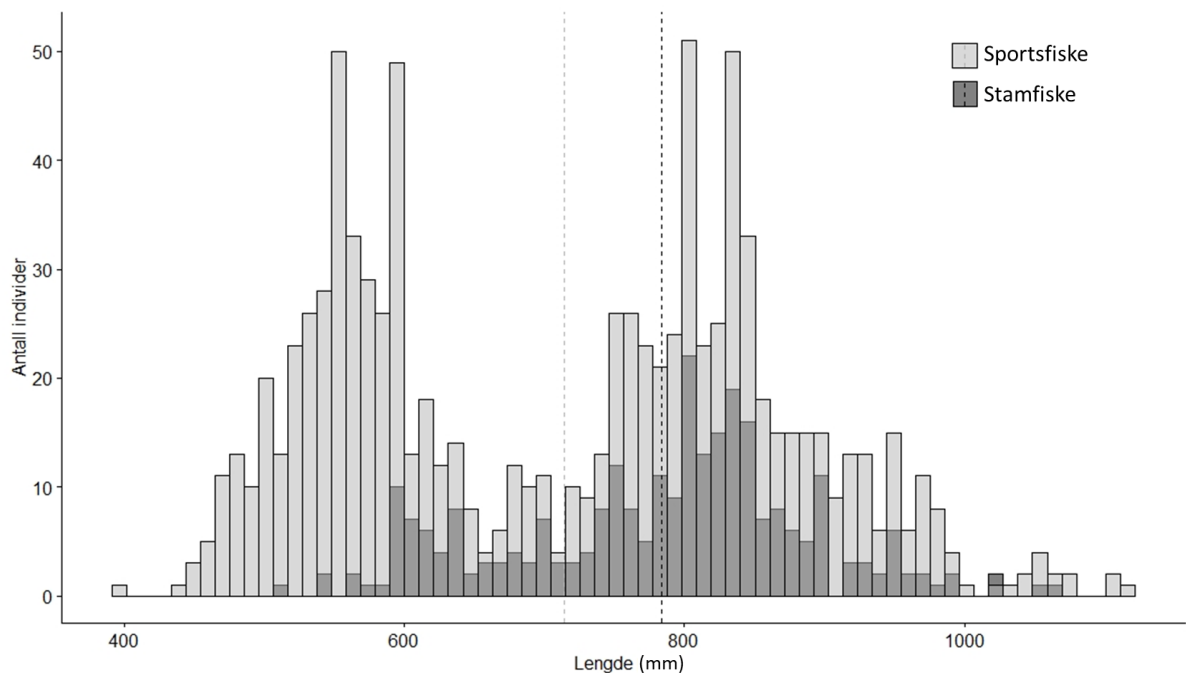
Tabell 6: Gjennomsnittlig vekt og lengde for stamfisk og individer fanget under sportsfisket i løpet av sesongene 2014 - 2020. En p-verdi under 0,05 tilsier at forskjellene er statistisk signifikante.

	Stamfisk	Sportsfiske	p-verdi
Gjennomsnittlig vekt (g)	4831	3744	< 0,000
Gjennomsnittlig lengde (mm)	784	714	< 0,000

Ved å studere størrelsesfordelingen for individer fanget i sportsfisket og individer fanget som stamfisk (**figurer 4 og 5**) ser vi at størrelsesfordelingen til stamfisken er noe forskjøvet i forhold til individer fanget i sportsfiske. Individer med en vekt på 2 kg og mindre representerer i stor grad ensjøvinterlaks (data ikke vist). Selv om stamfisken i Arnaelva i gjennomsnitt var signifikant større enn resten av elvebestanden, hadde enkelte stamfisk en vekt og lengde som tilsier at de sannsynligvis var ensjøvinterlaks.



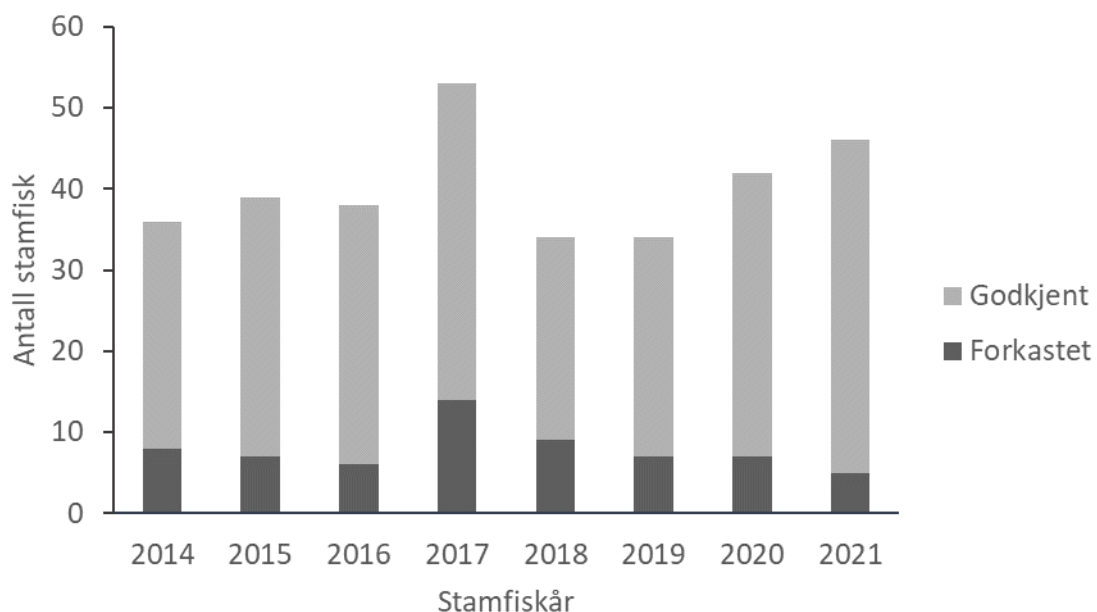
Figur 4: Størrelsesfordeling presentert som vekt (g) blant individer fanget under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2014 – 2020. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig vekt for hver av de to gruppene.



Figur 5: Størrelsesfordeling presentert som lengde (mm) blant individer fanget under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2014 – 2020. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig lengde for hver av de to gruppene.

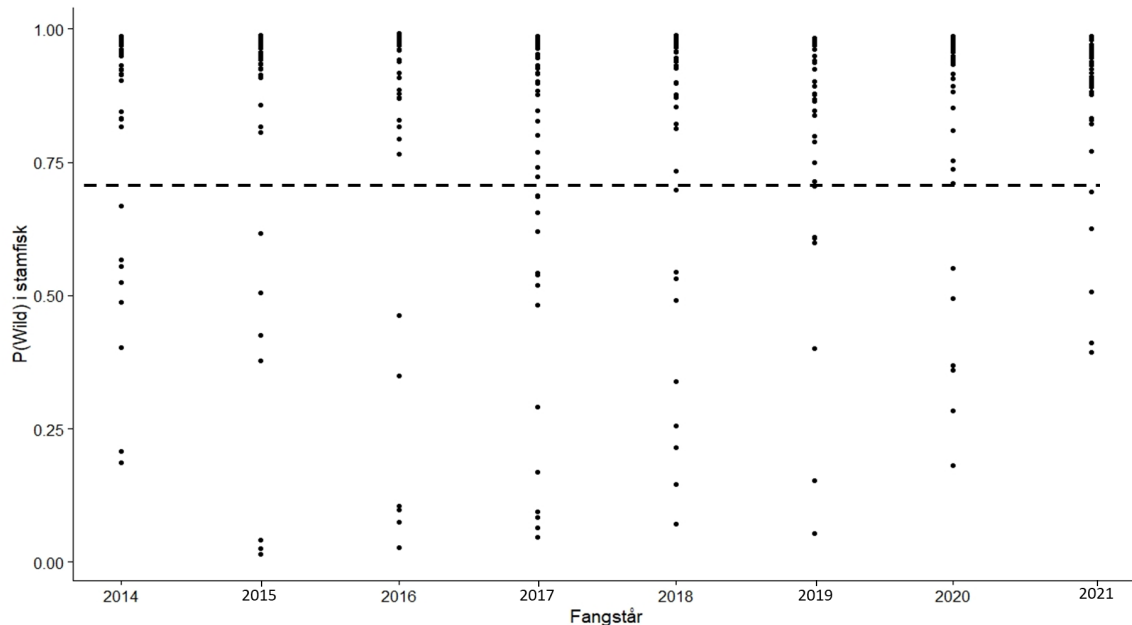
3.5 Genetisk innkryssing av oppdrettsfisk i Arnaelva

I henhold til kvalitetsnormen for innkryssing av rømt oppdrettslaks er Arnaelva klassifisert med svært dårlig tilstand da det er estimert mere enn 10 % innkryssing i bestanden (Diserud mfl. 2020). Videre har 20 % av stamfisken som har blitt sendt til genetisk opphavskontroll de seneste åtte årene blitt forkastet etter opphavskontroll (**figur 6**).

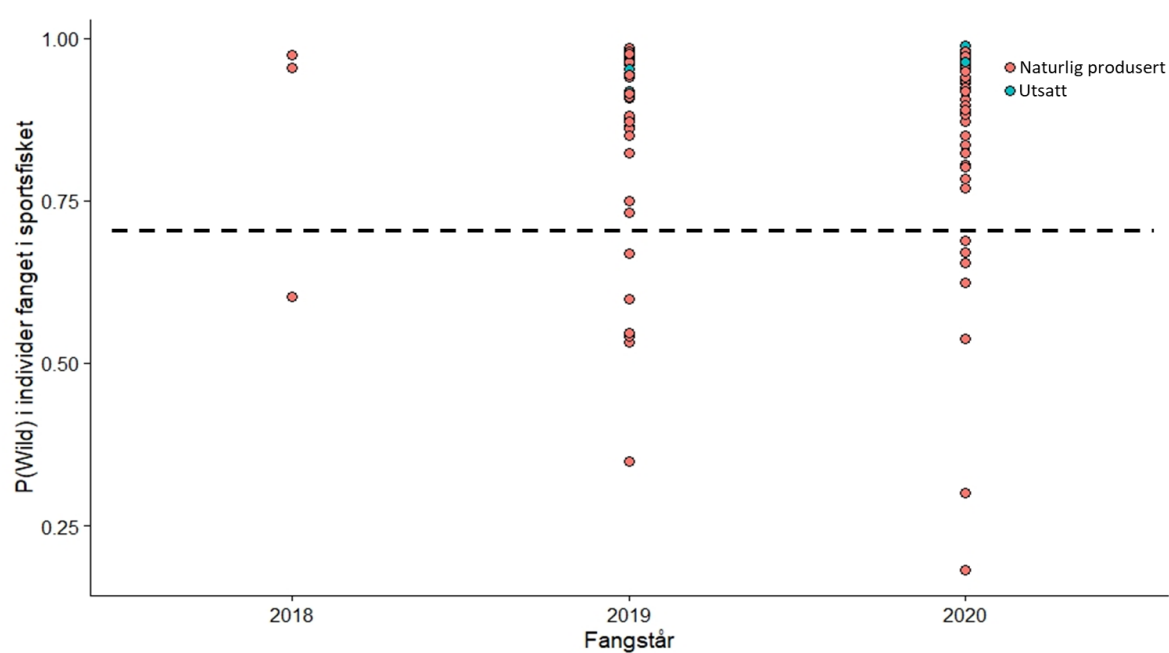


Figur 6: Antall stamlaks sendt til genetisk opphavskontroll som ble godkjent eller forkastet fra og med 2014 til 2021 i henhold til stamlakskontrollens kriterier.

I **figur 7** er sannsynligheten for rent villaksopphav illustrert for all stamlaks som har vært gjenstand for genetisk opphavskontroll fra 2014 til 2021 og for individer fanget i sportsfisket i **figur 8**. Sannsynligheten er indikert som en $P(\text{wild})$ verdi fra 0 til 1. Individer med en $P(\text{wild})$ nær null er sannsynligvis av rent oppdrettsopphav. Det har vært et jevnt innsig av individer som sannsynligvis er avkom etter rømt oppdrettslaks og individer som sannsynligvis er rømt oppdrettslaks.



Figur 7: Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{wild})$ i individer som er samlet inn som stamfisk fra 2014 til 2021. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.



Figur 8: Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{wild})$ i individer som er fanget i sportsfisket 2018 – 2020 og som har gyteår 2014 og 2015. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.

3.6 Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Arnaelva

Vi har i dette prosjektet evaluert den årsklassevise effekten av kultivering av laks i Arnaelva for to årsklasser (gyteår). Videre har vi vurdert bruken av stamfisk, og om denne representerer gytebestanden slik forvaltningen anbefaler. Til evalueringen har vi benyttet sportsfiskefangster og stamfisk fra fire fangstår. I tillegg har vi benyttet stamfisk fra åtte stamfiskår, for å vurdere stamfiskens representativitet og i hvilken grad denne er avkom etter tidligere brukt stamfisk. Til sammen har dette datamaterialet gjort det mulig å vurdere den samlede effekten av kultivering på bestanden i Arnaelva for de to evaluerte gyteårene.

Tilslaget i Arnaelva var lavt til moderat for de to gyteårene. I begge de evaluerte gyteårene ble det observert en Ryman-Laikre effekt, men for 2014 er det mulig at denne er overestimert, i og med at kun seks avkom ble observert. Disse seks individene stammet fra to hunner, der en hadde produsert ett avkom og en annen hadde produsert fem. Dette tilsier at det faktiske bidraget mellom forskjellige familier kan ha vært veldig skjevt. Et skjevt bidrag mellom ulike familier vil senke den effektive bestandsstørrelsen, mens et likt bidrag vil øke den effektive bestandsstørrelsen. For at bidragene fra de ulike familiene skal bli så likt som mulig er det viktig at rognporsjonene standardiseres. Det vil si at like mengder rogn brukes fra hver hunnfisk, og at overskuddet fra individer som produserer svært mye rogn ikke brukes.

På grunn av det lave tilslaget i 2014, hadde kultiveringen sannsynligvis liten reell effekt på laksebestanden i Arnaelva dette gyteåret. I 2015 var det sannsynlig at den effektive bestandsstørrelsen ble noe redusert som følge av kultiveringen. Vi påpeker at dette prosjektet bare omfatter to gyteår og det er mulig at andel kultivert laks fra tidligere og senere gyteår kan være annerledes. Likevel tilsier disse resultatene at laksen i Arnaelva for det meste er naturlig produsert. Det ble ikke observert utveksling av kultiverte individer mellom Arnaelva og de andre evaluerte bestandene.

Stamlaksen i Arnaelva var for fangstårene 2014–2021 betydelig større enn gjennomsnittet i sportsfiskefangstene. Dette tilsier at stamfisken ikke har vært et tilfeldig utvalg av elvebestanden og at det i kultiveringsprogrammet har vært en kunstig seleksjon for store individer. Kroppsstørrelse hos laks er nært knyttet til antall sjøvintre, noe som igjen i stor grad er genetisk bestemt (Barson mfl. 2015). Frekvensen av genvariasjonene som påvirker sjøalder varierer mellom ulike laksebestander og er tilpasset miljøet i de ulike elvene (Barson mfl. 2015). En kunstig seleksjon der store individer foretrekkes som stamfisk kan dermed føre til at det settes ut individer der frekvensen av genvariasjoner er endret i forhold til det som ved naturlig seleksjon er gunstig for bestanden. En slik seleksjon for store individer er ikke i henhold til forvaltningens anbefalinger.

Vi identifiserte fire stamfisker med opphav i tidligere brukt stamfisk. Gjenbruk av utsatt fisk som stamfisk kan medføre høyere sannsynlighet for nært slektskap mellom stamfisk og at noen familier bidrar uforholdsmessig mye til bestanden. Informasjon fra slektskapsanalyser er et nyttig verktøy for å unngå krysninger mellom nære slektninger blant stamfisken.

Stamlakskontrollen er viktig for å unngå økt innkrysning i elvebestanden, og er særlig viktig i kultiveringsprogram der det settes ut smolt og tilslaget er høyt (Hagen mfl. 2019). Videre er tilslaget av kultivert fisk viktig for hvor stor effekt kultiveringen kan ha (Hagen mfl. 2020), både når det gjelder positive og negative effekter for bestanden. Med et lavt tilslag vil opphavskontrollen ha liten påvirkning på den totale innkrysningen i bestanden i Arnaelva, og vi har heller ikke observert at innkrysningen i elvebestanden har blitt redusert som følge av stamlakskontrollen.

I 2009 ble nye gyteområder i det som tidligere var ovenfor et naturlig vandringshinder gjort tilgjengelig ved bygging av en laksetrapp. Områdene ovenfor trappen har gode gyteforhold og det er sannsynlig at denne delen av Arnaelva står for mye av den naturlige produksjonen. Elvedelen nedenfor trappen er utsatt for store masseforflytninger under flom og det antas at gyteforholdene nedenfor trappen har blitt dårligere ettersom ekstremvær har forekommet med større hyppighet det siste tiåret (Øystein Lerås, Arna Sportsfiskarlag). Gyteområdene ovenfor trappen er tatt med i beregningen av gytebestandsmålet.

I Arnaelva settes det ut både øyerogn og plommeseckyngel, og overlevelsen varierte noe mellom de to forskjellige gyteårene. Like mengder rogn fra alle familier bør fordeles til rognplanting og yngelutsett, slik at forutsetningene er mest mulig like for alle familiegrupper. Ved utsetting av plommeseckyngel er det viktig å ha god kontroll på temperaturen i klekkeriet, slik at plommeseckyngel kan sette ut på et tidspunkt der det er sannsynlig at overlevelsen blir så god som mulig. Tidsvinduet for utsetting av plommeseckyngel er kun noen få dager rett før plommesekken er oppbrukt (Wist mfl. 2019). Dette skyldes at temperaturene ofte er forholdsvis høye på dette tidspunktet og larvene utvikler seg raskt. Dersom temperaturene i klekkeriet ikke samsvarer med temperaturene på utsetningsstedet, eller nærmer seg ti grader, kan en kort periode med føring av yngelen i noen tilfeller øke overlevelsen av utsetningsmaterialet (Bremset mfl. 2019). Ved rognplanting er det også viktig å ha god kontroll på temperaturene i anlegget. Videre bør rogn settes ut så nært klekking som mulig, og ved et tidspunkt som er nært klekkesidspunktet for egg som er naturlig gytt i elva. Utviklingen til klekkerirogn bør styres slik at den klekker samtidig med rogn i naturlige gytegroper i elva. Dette sikrer at yngelen kommer opp fra grusen på et optimalt tidspunkt når den skal begynne å finne føde.

Kultivert yngel som ble satt ut i 2022 (gyteåret 2021) er fysisk merket ved bademerking av rogn (Øystein Lerås, Arna Sportsfiskarlag). Dette betyr at kultivert fisk kan identifiseres ved undersøkelse av otolitter, og tilslag av kultivert fisk blant ungfisk kan dermed kvantifiseres. For eksempel kan elfiske av 1+ individer våren 2023 gi en god indikasjon på andel kultivert ungfisk fra 2021-gyteårsklassen. Dette forutsetter at det elektriske fisket gjennomføres slik at kultivert og naturlig produsert fisk har like forutsetninger for å fanges. Det er ikke grunn til å forvente ulik sjøoverlevelse mellom individer som stammer fra utplantet rogn og naturlig gytt rogn, med mindre oppveksthabitatet er forskjellig mellom de to gruppene og medfører ulik vekst og overlevelse.

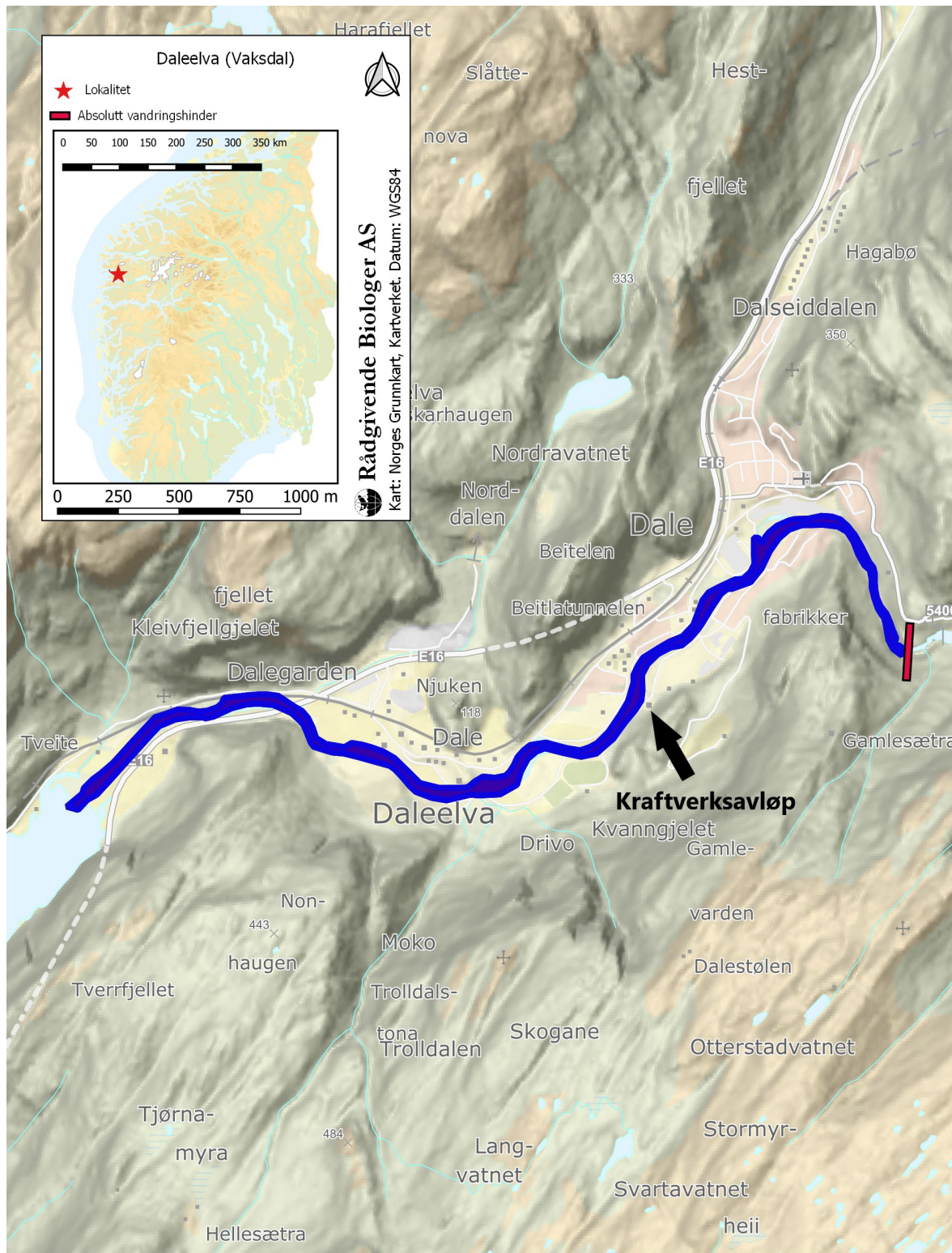
I Arnaelva er gytebestandsmålet oppnådd, og det er et godt høstbart overskudd som hovedsakelig frembringes av naturlig produksjon i elven. Dersom kultiveringsprogrammet avvikles er det sannsynlig at gytebestandsmålet ikke påvirkes betydelig. Dersom kultivering vedvarer, bør stamfiskutvalget i større grad representere elvebestanden og stamfisken bør utnyttes bedre for å unngå en Ryman-Laikre effekt.

3.6.1 Konklusjoner og anbefalinger

1. Det meste av laksen i Arnaelva som stammer fra gyteårene 2014 og 2015 var naturlig produsert. Dette betyr at laksen i Arnaelva sannsynligvis vil kunne opprettholde seg selv uten kultivering.
2. Det er mulig å følge opp tilslaget fra 2021-gyteårsklassen med otolittundersøkelser av ungfisk. Dette kan gi verdifull informasjon om tilslaget på ungfisk i ytterligere en årsklasse.
3. Rognporsjoner fra hver hunnfisk bør standardiseres, slik at hver familiegruppe har like forutsetninger for likt bidrag.
4. Det bør benyttes slektskapsanalyser for å unngå krysninger mellom slektinger og unngå gjenbruk av utsatt fisk.
5. Det bør velges stamlaks som representerer alders- og størrelsesfordelingen til bestanden.

4 Daleelva

Gytebestanden i Daleelva (061.Z) er vurdert til å være middels stor med et gytebestandsmål på 195 kg hunner (Anon. 2014b). Daleelva har en lakseførende strekning på 4,7 km (**figur 9**). Strekingen nedenfor kraftutløpet er sterkt påvirket av effektkjøring.



Figur 9: Kart over Daleelva, der lakseførende strekning er indikert i blått.

De siste årene har gytebestandsmålet vært nådd, og det har vært et høstbart overskudd i elven (VRL 2021). Dette skyldes i stor grad det høye innslaget av individer utsatt som smolt i gytebestanden. Daleelva er sterkt påvirket av innkryssing av rømt oppdrettslaks og det er registrert store genetiske endringer som følge av innkryssing (Diserud mfl. 2020). Daleelva har vært kultivert i flere ti-år og det settes ut både øyerogn, plommeseckyngel, uforet yngel, samt ettårig og toårig smolt i varierende antall (**tabell 7**). I all hovedsak har det blitt tatt ut 3 dl. rogn fra hver familie til smoltproduksjon og resterende mengde rogn har blitt brukt til rognplanting oppstrøms utløpet til Dale kraftverk.

Tabell 7: Oversikt over antall stamfisk som ble fanget, antall stamfisk som ble godkjent ved skjellkontroll for å ta ut rømt oppdrettsfisk, antall stamfisk som ble godkjent etter genetisk opphavskontroll og antall øyerogn/plommeseckyngel/uforet yngel/smolt som ble satt ut. Data er hentet fra Karlsson mfl. (2022) og VRL (<https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>). De evaluerte gyteårene og antall utsatte rogn/yngel/smolt fra disse er uthevet.

År	Stamfisk fanget	Godkjent v/ skjellkontroll	Godkjent v/opphavskontroll	Antall rogn / yngel satt ut Tall i parentes er gyteårsklasse
2014	28	28	18	72 000 øyerogn (2013), 4000 uforet yngel (2013) og 25 800 1-årig settefisk (2012)
2015	91	87	41	53 000 øyerogn (2014) , 28 600 ettårig settefisk (2013)
2016	107	104	53	44 800 øyerogn (2015) , 10 000 1-årig settefisk (2014) , 14 300 smolt (2014)
2017	101	101	56	77 900 øyerogn (2016) , 10 000 ettårig settefisk (2015) , 24 000 smolt (2015)
2018	106	106	76	55 000 øyerogn (2017), 855 1-årig settefisk (2016) og 23 759 smolt (2016)
2019	73	73	51	27 600 øyerogn (2018), 5800 ensomrig (2018) og 24 000 tosomrig (2017)
2020	73	73	45	84 500 øyerogn (2019), 6000 ensomrig (2019) og 24 000 tosomrig settefisk (2018)
2021	65	63	49	Ingen informasjon

Denne rapporten omfatter gyteårsklassene 2014, 2015 og 2016. Fra stamfisken brukt i 2014 ble det satt ut 53 000 øyerogn, 10 000 ettårig settefisk og 14 300 smolt. Fra stamfisken brukt i 2015 ble det satt ut 44 800 øyerogn, 10 000 ettårig settefisk og 24 000 smolt. Fra stamfisken brukt i 2016 ble det satt ut 855 ettårig settefisk og 23 759 smolt (**tabell 7**). I denne rapporten har vi kvantifisert bidraget fra de til sammen 180 714 utsatte individene og vurdert hvilke effekter utsetting av disse har hatt på laksebestanden i Daleelva.

4.1 Materiale benyttet i analyser

Det har årlig blitt fanget et stort antall stamfisk i Daleelva, og stamfisken var dermed tilstrekkelig til å evaluere kultivering i bestanden. På grunn av at kombinert smoltalder og sjøalder i Daleelva er 3,85 år (~ 4 år) for den stamfisken som er alderslest, er også gyteåret 2016 å anse som nærmest fulltallig til og med fangståret 2021. Antallet individer er tilstrekkelig til å beregne andel kultivert fisk og vurdere sannsynligheten for en Ryman-Laikre effekt for 2016, og vi har derfor også tatt med dette gyteåret i beregningene.

4.2 Tilslag av kultivert fisk i Daleelva

Det ble totalt identifisert 73 individer med opphav i stamfisk brukt i 2014, og fra gyteåret 2015 ble det identifisert 48 kultiverte individer. Fra gyteåret 2016 ble det identifisert 70 kultiverte laks. Basert på datagrunnlaget betyr dette at tilslaget for kultivert laks i Daleelva var henholdsvis 84,

79 og 84 % for de evaluerte gyteårene (**tabell 8**). Ingen av individene fanget i Daleelva kunne tilordnes stamfisk brukt i Loneelva, Arnaelva eller Osenelva i gyteårene 2014 og 2015.

Tabell 8: Antall prøver og andel kultivert fisk fra gyteårene 2014, 2015 og 2016 i Daleelva.

Gyteår	Totalt antall prøver	Antall kultiverte individer	Andel kultivert
2014	87	73	84 %
2015	61	48	79 %
2016	83	70	84 %

Individer klassifisert som «utsatt smolt» har klippet fettfinne og/eller et vekstmønster på skjell som tilsier at de har blitt holdt i kar. Disse har dermed blitt satt ut som settefisk eller smolt. Individuer indentifisert som kultivert ved foreldretilordning, men «villfisk» ved skjellesing er sannsynligvis utsatt på et tidlig stadium, som rogn eller yngel. Ved å se på klassifiseringen fra skjellkontrollen kan vi dermed få en oversikt over tilslaget fra de forskjellige utsettingsstadiene (**tabell 9**). Vi ser at fra gyteåret 2014 er litt over halvparten av kultiverte individer utsatt som settefisk/smolt, og fra 2015 og 2016 er rundt $\frac{2}{3}$ av individene utsatt som settefisk/smolt. Sammenliknet med andre kultiveringsprogram i Norge der det settes ut tidlige livshistoriestadier, er tilslaget av rogn/yngel i Daleelva stort (Arnaelva, Osenelva og Loneelva i denne rapporten og Fortunelva (Hagen mfl. 2021a), Korsbrekkelva (Hagen mfl. 2021b), Ørstaelva (Hagen mfl. 2021c) og Fetvassdraget (Hagen mfl. 2022)).

Tabell 9: Antallet og andelen av kultiverte individer som har blitt satt ut som settefisk/smolt og antall kultiverte individer som har blitt identifisert

Gyteår	Utsatt som settefisk/smolt	Utsatt som rogn / yngel
2014	40 (55 %)	33 (45 %)
2015	34 (69 %)	15 (31 %)
2016	47 (67 %)	23 (33 %)

4.3 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultiveringen i Daleelva

Det ble gjort gytefisktellinger i Daleelva i 2014, 2015 og 2016 (Skoglund mfl. 2015; Skoglund mfl. 2016; Skoglund mfl. 2017) og disse gir en indikasjon på om utvalgsstørrelsen for naturlig produsert fisk er stor nok til å nøyaktig beregne effektivt antall ville gytere. Under antagelsene om at forholdet mellom effektivt og faktisk antall gytefisk er mellom $\frac{1}{3}$ og $\frac{1}{2}$ (se 2.6), og at utvalgsstørrelsen bør være omtrent like stor som det effektive antallet gytere, ser vi at utvalgsstørrelsen ikke er stor nok til å benytte Sibship metoden til å beregne effektivt antall ville gytere (**tabell 10**). Vi har i stedet brukt gytefisktellinger direkte, der usikkerheten strekker seg fra nedre estimat ($\frac{1}{3}$) til øvre estimat ($\frac{1}{2}$) av forventet andel som bidrar og middelveiden av disse ble brukt til å estimere N_{eTotal}/N_{eVill} (**tabell 10**). Utvalgsstørrelsen av kultivert fisk var stor nok til å gi en god beregning av effektivt antall stamfisk.

For 2014 og 2015 var effektivt antall stamfisk betydelig lavere enn antallet som ble benyttet i krysninger, og lå på rundt 40 % for begge gyteårene. For 2016 var forholdstallet mellom effektivt antall stamfisk og antallet benyttet i krysninger høyere, og lå på 74%. Dette betyr at det var et jevnere bidrag fra stamfisken i 2016 enn i de to foregående årene. Avkom ble observert fra de fleste stamfisk, men det var stor forskjell i antall avkom fra de forskjellige stamfiskparene. En stor

variasjon i antall avkom mellom stamfisk vil føre til at det effektive antallet foreldre blir lavere enn dersom det hadde vært et jevnere bidrag mellom de ulike stamfiskene. Fra ett stamfiskpar i 2014 ble det registrert 34 avkom, mens det fra andre par dette året ble registrert gjennomsnittlig fire avkom per par. Denne skjevheten i familiestørrelse er en viktig grunn til at effektivt antall stamfisk i 2014 er lavt.

Videre ser vi at forholdet mellom total effektiv bestandsstørrelse og vill effektiv bestandsstørrelse (N_{eTotal}/N_{eVill}) ligger betydelig under 1 for alle gyteårene (**tabell 10**), hvilket tilsier at kultivering har medført en sterk Ryman-Laikre effekt i Daleelva. Andelen kultivert fisk i en bestand har stor betydning for hvilken effekt kultivering kan ha (Hagen mfl. 2020). Dersom andelen kultivert fisk er svært høy, slik som i Daleelva, er det utfordrende å få høyt nok effektivt antall stamfisk i forhold til antall ville gytere. I Daleelva er det tydelig at et for lite antall stamfisk har bidratt til en for stor andel av bestanden. Dette forventes å føre til en redusert effektiv bestandsstørrelse og et raskere tap av genetisk variasjon enn om utsettingene hadde vært balansert på en optimal måte.

Tabell 10: Antall gytefisk, nedre og øvre estimat for effektiv bestandsstørrelse for vill (N_{eVill}) basert på antall gytefisk, effektiv bestandsstørrelse for kultivert ($N_{eKultivert}$) andel av bestanden, antall registrerte kultiverte avkom for hvert gyteår, antall registrerte ville avkom for hvert gyteår, antall stamfisk ($N_{stamfisk}$) som er brukt i produksjon, forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) (basert på gjennomsnittlig N_{eVill}) og andel kultivert fisk i for hvert gyteår i Daleelva.

Gyteår	Gytefisk	N_{eVill} $^{1/3-1/2}$ gytefisk	$N_{eKultivert}$	Antall kultiverte avkom	Antall ville avkom	$N_{stamfisk}$	N_{eTotal}/N_{eVill}	Andel kultivert
2014	200	67-100	7,8	73	14	19	0,14	84 %
2015	353	118-177	11,5	48	14	29	0,13	79 %
2016	392	131-196	28,2	70	13	38	0,15	84 %

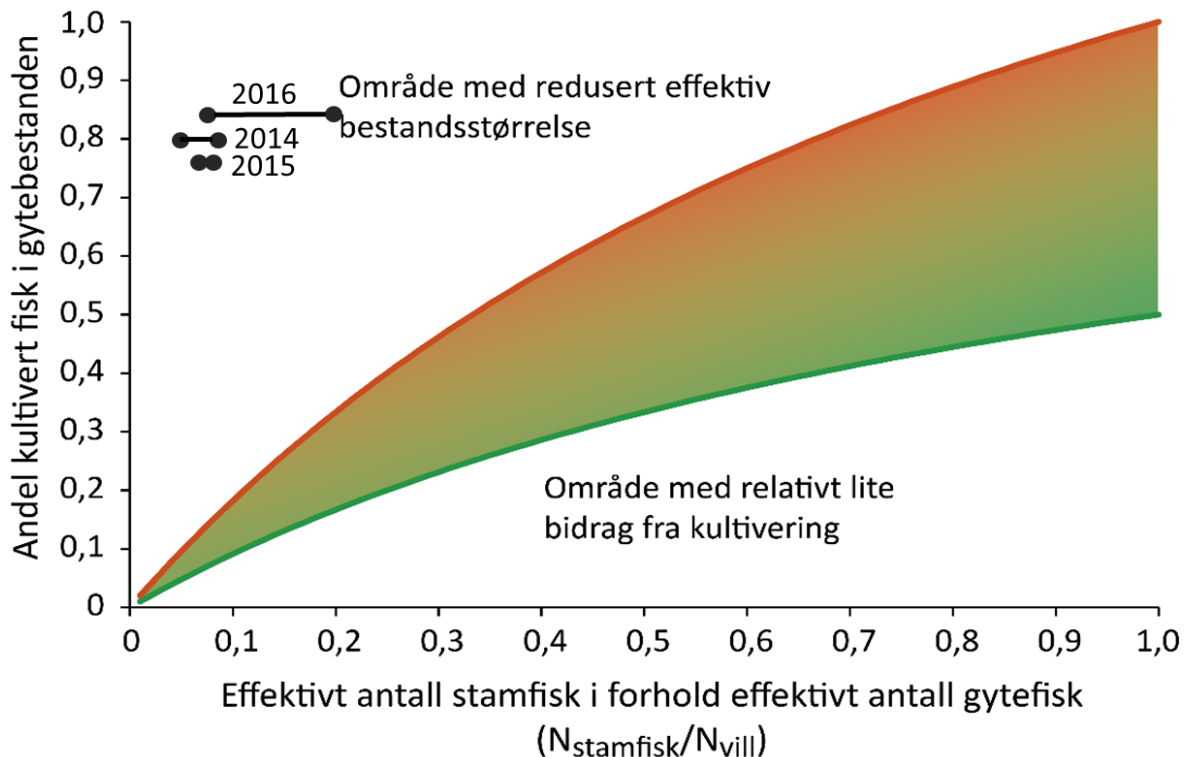
Det er mulig at noen naturlig produserte individer fra gyteåret 2016 vil vandre opp i Daleelva i 2022. Dette vil i så fall senke andelen kultivert fisk noe, men vil ikke betydelig redusere den allerede svært høye andelen kultivert fisk fra dette gyteåret, og heller ikke kunne redusere den sterke Ryman-Laikre effekten i noen betydelig grad.

I **figur 10** er andel kultivert fisk i bestanden plottet mot $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ for hvert av gyteårene 2014, 2015 og 2016. Den røde linjen angir forhold der totalt effektivt antall gytefisk (bidrag fra naturlig produksjon og fra kultivering) er den samme som bidraget fra kun naturlig produksjon og grønn linje angir forhold som gir maksimalt effektivt antall gytefisk ved bidrag fra kultivering. Som beskrevet ovenfor er det effektive antallet ville gytere beheftet med noe usikkerhet, men det er verdt å merke seg at estimatet for tilslag ikke er beheftet med usikkerhet. Usikkerheten i estimatene er indikert som en linje i figuren og punktene på hver side angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ i henhold til nedre og øvre beregning for N_{eVill} basert på gytefisktellinger. En økning i $N_{eStamfisk}$, altså at stamfisken utnyttes bedre, vil føre til at punktene beveger seg mer mot høyre.

For å unngå en Ryman-Laikre effekt i Daleelva bør andel utsatt fisk i bestanden være lavere, og forholdstallet mellom effektivt antall stamfisk og effektivt antall ville gytere bør ligge på den grønne linjen for å oppnå høyest mulig total effektiv bestandsstørrelse. For eksempel vil kultivering kunne øke den effektive bestandsstørrelsen dersom andel kultivert fisk reduseres til rundt 40 % og forholdstallet mellom effektivt antall stamfisk og effektivt antall ville gytere ligger på rundt 0,4.

Gytebestandsmålet i Daleelva tilsier 195 kg hunnfisk. Gjennomsnittsvekten til stamfiskhunner i Daleelva er 6,3 kg (data ikke vist). Dette betyr at gytebestandsmålet er oppnådd med 31 hunner. Stamlaksen kan ha en høyere gjennomsnittsvekt enn elvebestanden for øvrig, se **figur 4** og **figur 22**. Hvis vi tar høyde for dette og antar at det behøves minimum 50 hunner for å oppnå

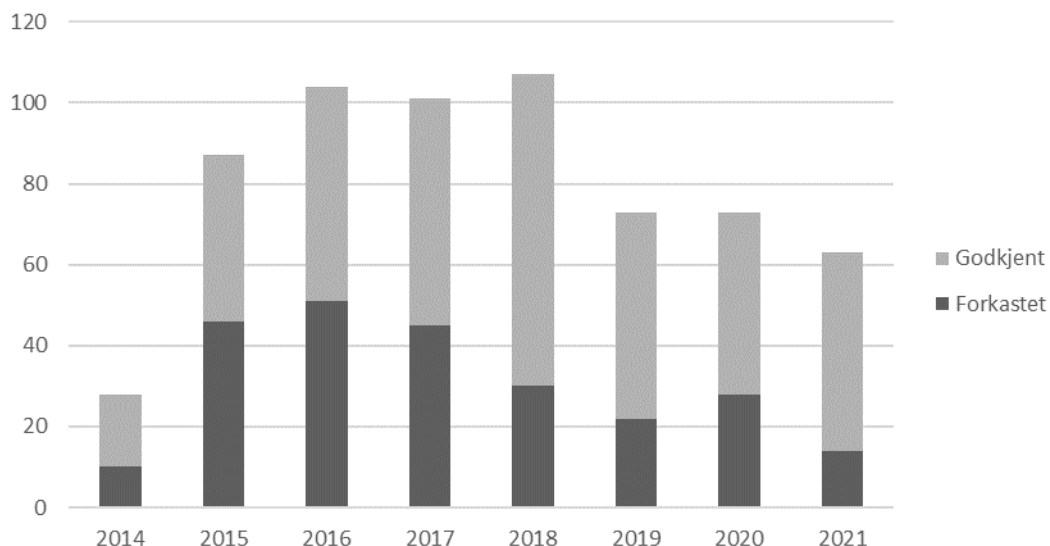
gytebestandsmålet, og at det er lik kjønnsfordeling av laks som går opp i elven, ser vi at gytebestandsmålet fortsatt kan oppnås selv om andel utsatt fisk (og potensielt også antall fisk i elven) reduseres (**tabell 10**).



Figur 10: Forhold mellom kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ (x-aksen) for gyteårene 2014 og 2015 i Daleelva. 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. Punktene angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ i henhold til nedre og øvre estimat for N_{eVill} .

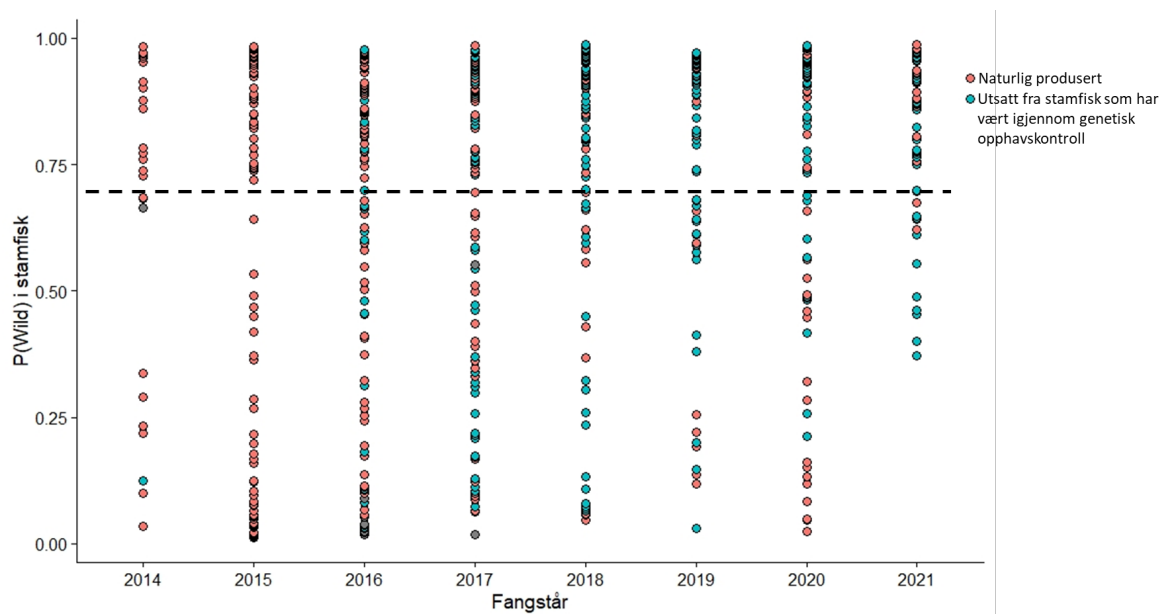
4.4 Genetisk innkryssing av oppdrettsfisk i Daleelva

Daleelva er sterkt påvirket av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Etter at den genetiske opphavskontrollen ble opprettet har i gjennomsnitt 38 % av all laks som har gått til genetisk opphavskontroll blitt forkastet som stamlaks på grunn av innkryssing. I 2015 ble over halvparten av individene forkastet etter opphavskontroll mens andelen forkastet har vært noe lavere de siste årene (**figur 11**).



Figur 11: Antall stamlaks sendt til genetisk opphavskontroll som ble godkjent eller forkastet fra og med 2014 til 2021 i henhold til stamlakskontrollens kriterier.

I **figur 12** er sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{wild})$ for alle genotypede stamfisk illustrert. Det har vært et jevnt innsig av laks som sannsynligvis ikke har rent villaksopphav eller som er rømt oppdrettslaks i Daleelva. Fra gyteåret 2014 ble det funnet 34 avkom etter ett stamfiskpar der hunnlaksen ikke var godkjent med en $P(\text{wild})$ på 0,685. Dette var det stamfiskparet som vi har observert flest avkom fra. De 34 avkommene etter disse hadde en gjennomsnittlig $P(\text{wild})$ på 0,766. Laveste og høyeste observerte $P(\text{wild})$ blant de 34 helsøsknene var 0,080 og 0,979. Videre ble det funnet åtte avkom etter et annet stamfiskpar brukt i 2014 der hannlaksen ikke var godkjent med en $P(\text{wild})$ på 0,665. De åtte helsøsknene fra dette foreldrepåret hadde en gjennomsnittlig $P(\text{wild})$ på 0,757, der laveste verdi var 0,322 og høyeste verdi var 0,956. I fra gyteåret 2015 har det blitt registret fire avkom fra ett stamfiskpar der begge var underkjent i den genetiske opphavskontrollen. De to stamlaksene hadde en $P(\text{wild})$ på henholdsvis 0,036 og 0,178. De fem avkommene etter disse hadde en gjennomsnittlig $P(\text{wild})$ på 0,072. Laveste og høyeste observerte $P(\text{wild})$ blant disse var 0,031 og 0,133. Mange av avkommene etter ikke godkjente stamfisk er plassert under linjen som angir terskelverdien (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen i **figur 12**. Også avkom etter godkjente stamfisk kan enkelte ganger få en $P(\text{wild})$ verdi under terskelverdien. Dette skyldes at estimatet for enkeltindivider ikke er helt nøyaktig.



Figur 12: Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(wild)$ i individer som er samlet inn som stamfisk i Daleelva fra 2014 til 2021. Den stiplede linjen indikerer $P(wild)$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen. Røde prikker er individer som er naturlig produsert og grønne prikker er individer som er avkom etter stamlaks som har vært igjennom genetisk opphavskontroll.

En oversikt over opphavet til stamfisk godkjent etter genetisk opphavskontroll (**tabell 11**) viser at etter 2017 har de fleste godkjente stamfisk kultivert opphav. Med tanke på at effektivt antall stamfisk må økes for å unngå en Ryman-Laikre effekt, vil det ikke være mulig å fange et stort nok antall godkjente stamfisk uten å bruke kultiverte individer i tillegg til naturlig produserte.

Tabell 11: Antall godkjente stamfisk etter genetisk opphavskontroll som var naturlig produsert og antall med kultivert opphav.

Fangstår	Naturlig produsert	Kultivert opphav
2014	17*	0
2015	41*	1
2016	44*	9
2017	28*	28
2018	18*	63
2019	9	42
2020	13	32
2021	14	35

* Kan være individer utsatt som rogn/ungel og som ikke er identifisert som kultivert ved skjelling.

4.5 Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Daleelva

Vi har i dette prosjektet evaluert den årsklassevisse effekten av kultivering av laks i Daleelva for tre årsklasser (gyteår). Til evalueringen har vi benyttet stamfisk fra åtte fangstår. Beregning av effektivt antall stamfisk gir informasjon om hvor godt stamfisken er utnyttet og i hvilken grad antall stamfisk er tilstrekkelig i forhold til tilslaget av kultivert fisk og antall ville gytere.

Daleelva utsettes for hyppig effektkjøring med påfølgende store endringer i vannføring. Dette medfører stranding av både voksen gytefisk og ungfisk. Ettersom rogn fra Dale Klekkerier settes ut ovenfor kraftutløpet, er utsatt rogn (og ungfisk dersom de oppholder seg i klekkeområdet) skjermet for de negative konsekvensene av effektkjøring. Videre er laksebestanden i Daleelva utsatt for betydelig negativ påvirkning fra lakseoppdrett i form av genetisk innkrysning og dårlig sjøoverlevelse på grunn av lakselus. Selv om kultivering ikke skal være et verktøy for å «vaske» en bestand for oppdrettsopphav, har kultiveringen av Daleelva i praksis en slik effekt, og stam-lakskontrollen har sannsynligvis medført en reduksjon i graden av innkrysning i elvebestanden.

Med den nåværende situasjonen er det sannsynlig at kultivering er nødvendig for å opprettholde bestanden i Daleelva. Det er en svært høy andel kultivert laks i Daleelva (over 80 %) og bestanden er gjenstand for en sterk Ryman-Laikre effekt. Dette betyr at den store kultiverte andelen av bestanden stammer fra et fåtall foreldre og at genetisk variasjon vil bli redusert som følge av kultiveringen. Denne effekten kan reduseres ved å 1) redusere andelen kultivert fisk i bestanden, og 2) sørge for at det effektive antallet stamfisk økes betydelig. Sistnevnte kan oppnås ved å etterstrebe et jevnere bidrag fra hvert stamfiskpar ved å standardisere antall rogn fra hver hunnlaks og minimere dødeligheten i klekkeriet. Både en økning i det effektive antall stamfisk og en reduksjon i andel kultivert fisk bør gjøres i Daleelva for å oppnå en tilstrekkelig reduksjon i den observerte Ryman-Laikre effekten. Med det antall gytelaks som er registrert i gytefisktellinger i årene 2014–2020 (rundt 200 i 2014 og rundt 300 de fleste andre år) er det rom for å redusere antallet utsatte individer og fortsatt nå gytebestandsmålet for bestanden.

Vi anbefaler derfor at smoltutsettingene i Daleelva halveres, da disse gir det største tilslaget, samtidig som smoltutsettinger medfører de mest betydelige domestiseringseffektene og dårligere tilpasningsevne til utsatte individer. Dersom andelen kultivert fisk i bestanden reduseres til rundt 40 % og det er en gytebestand på rundt 150 individer samtidig som at effektivt antall stamfisk ligger på 50, vil den totale effektive bestandsstørrelsen i elven økes. Et effektivt antall stamfisk på 50 kan oppnås ved for eksempel å krysse 30 stamfisk og sørge for at bidraget mellom de ulike stamfiskene er likere enn det som er forventet ved naturlig gyting. For at bidragene fra de ulike familiene skal bli så like som mulig er det viktig at rognporsjonene standardiseres. Det vil si at like mengder rogn brukes fra hver hunnfisk, og at overskuddet fra individer som produserer svært mye rogn ikke brukes.

Utsatt fisk (særlig de som er satt ut som smolt) har generelt lavere reprodutiv suksess i elven sammenliknet med naturlig produserte individer. Studier på regnbueørret har vist at fisk utsatt som smolt produserer rundt 60 % så mange avkom sammenliknet med ville individer (Araki mfl. 2007). I mså ble det funnet at produksjonen av lakseunger i elven ble redusert i takt med økende andel utsatte mødre (Jonsson mfl. 2019). Det er derfor mulig at en reduksjon i andel utsatt fisk i Daleelva kan føre til at en større andel av fisken er bedre tilpasset naturlig gyting, og at deres avkom er mer konkurransedyktige i elven enn avkom etter utsatt smolt.

Det er utbredt gjenbruk av kultivert fisk som stamfisk i Daleelva. Det svært høye graden av genetisk innkrysning med oppdrettslaks medfører at utsatte individer gjerne blir brukt som stamlaks, da foreldrene til utsatte individer har vært igjennom opphavskontroll og innkryssede individer er fjernet. Etter fangståret 2017 har de fleste godkjente stamfiskene vært av kultivert opphav, og det vil være vanskelig å fange et tilstrekkelig antall naturlig produserte stamfisk hvert år til å oppnå et tilstrekkelig høyt effektivt antall stamfisk. Dette betyr at for å unngå en Ryman-Laikre effekt med påfølgende reduksjon i genetisk variasjon, er det nødvendig å benytte stamfisk med kultivert opphav. Gjenbruk av utsatt fisk kan føre til at enkelte familier får uforholdsmessig mange avkom sammenliknet med andre, hvilket igjen vil føre til redusert genetisk variasjon i bestanden. For å gjøre dette på en måte som gir mest mulig genetisk variasjon i bestanden anbefaler vi foreldretilordning og slektskapsanalyser av alle stamfisker innen samme fangstår og til tidligere fanget stamfisk. For eksempel kan stamfisker prioriteres på følgende måte:

- 1) Økt prioritet til villfisk
- 2) Derom et individ er kultivert, gis økt prioritet til individer som ikke har flere observerte helsøsken eller individer med tilsvarende nært slektskap blant andre stamfisk det samme året, eller tidligere år

- 3) Alle som velges ut til bruk i krysninger skal gi et jevnt bidrag, ved at rognporsjoner standardiseres (både til smoltproduksjon og rognplanting), og dødelighet under smoltproduksjon minimeres

På denne måten kan man unngå at flere av stamfiskene er helsøsken, eller nære slektninger av andre stamfisk som har gitt et stort bidrag.

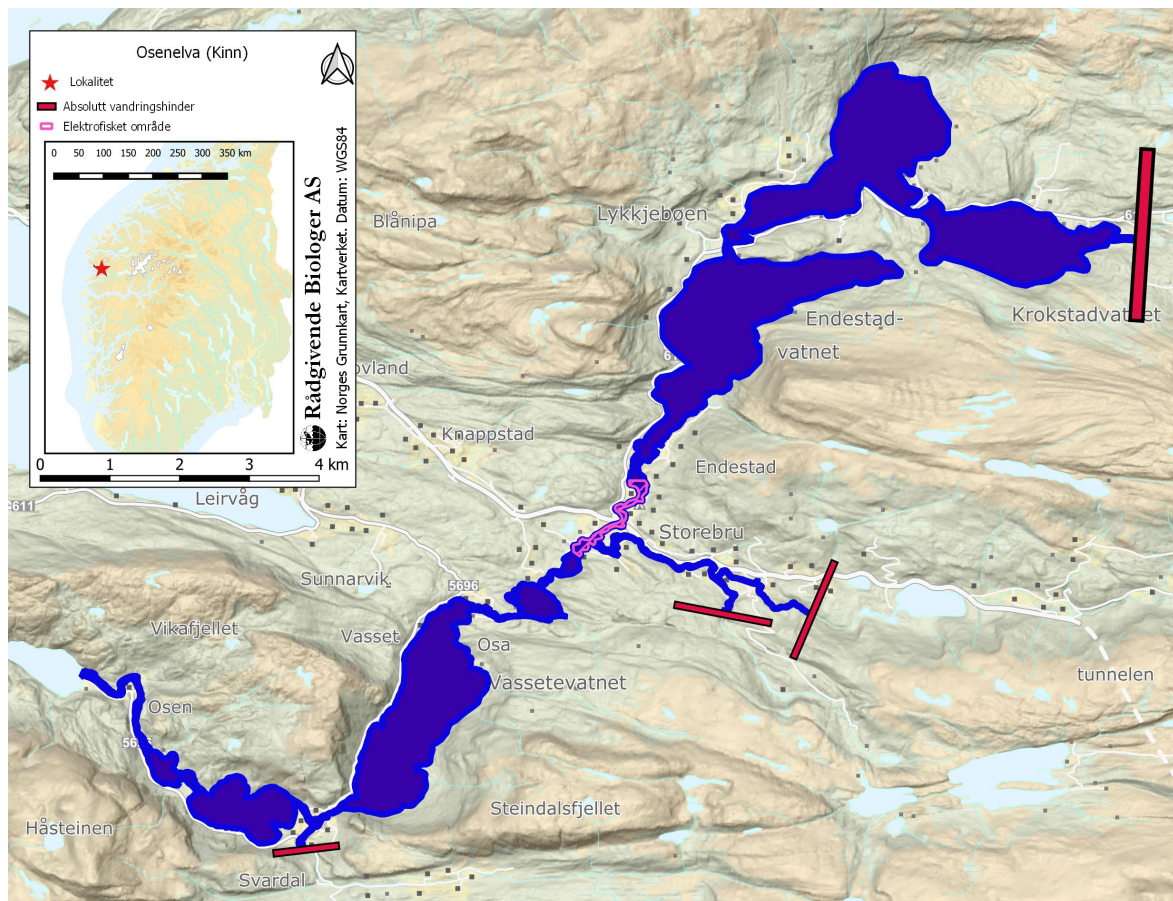
Det ble funnet avkom etter stamfisk som ikke var godkjent i henhold til den genetiske opphavskontrollen. Med den høye andelen kultivert fisk som er funnet i Daleelva, er stamlakskontrollen svært viktig for å unngå oppformering av oppdrettsgener i klekkeriet (Hagen mfl. 2019).

4.5.1 Konklusjoner og anbefalinger

1. Laksebestanden i Daleelva er under sterkt press fra både vannkraftproduksjon og rømt oppdrettslaks. Det er sannsynlig at kultivering er nødvendig for å opprettholde bestanden i Daleelva, og kultiveringen må drives slik at en Ryman-Laikre effekt unngås og genetisk variasjon opprettholdes.
2. Det er en sterk Ryman-Laikre effekt i Daleelva. Dette reduserer genetisk variasjon i bestanden og kan føre til at bestanden i mindre grad klarer å tilpasse seg miljøendringer.
3. For å unngå en Ryman-Laikre effekt bør det være en lavere andel kultivert fisk (rundt 40 %) og det må være et høyere effektivt antall stamfisk. Et høyere effektivt antall stamfisk kan oppnås ved et jevnere bidrag mellom de ulike foreldrepårene. Like mengder rogn fra hver hunnfisk er viktig for å oppnå et jevnt bidrag. Gyteåret 2016 hadde et jevnere bidrag mellom familier enn de to foregående årene, og viser at dette er mulig å oppnå i Dale Klekkerier. Gyteparr kan med fordel også benyttes som stamfisk.
4. Det bør benyttes foreldretilordning og slektskapsanalyser til tidligere brukt stamfisk for å unngå at enkelte familiegrupper får et uforholdsmessig stort bidrag.
5. Opphavskontrollen er svært viktig for å redusere den høye graden av genetisk innkrysning med oppdrettslaks som er observert i Daleelva.

5 Osenelva Vestre Hyen

Gytebestanden i Osenelva (085.Z) (**figur 13**) er vurdert til å være middels stor med et gytebestandsmål på 1029 kg hunner (Anon. 2014b). De siste årene har gytebestandsmålet vært nådd, og det har vært et høstbart overskudd i elven (VRL 2021).



Figur 13: Osenelva, der lakseførende strekning er indikert i blått, og område som ble elektrofisert etter ungfisk er indikert med rosa.

I Osenelva er det ikke observert genetiske endringer som følge av innkrysning (Diserud mfl. 2020) og genetisk integritet er vurdert som god/svært god. Det har tidligere vært gjort kultivering i Osenelva, men opplysningene rundt tidsrom og stamfiskens opphav i den første kultiveringsperioden er mangelfulle (VRL 2021). Kultiveringen startet opp igjen i 2011 da det ble det satt ut øyerogn i elva. I påfølgende år har det hovedsakelig vært satt ut øyerogn, men også noe plommeseckyngel (**tabell 12**).

Tabell 12: Oversikt over antall stamfisk som ble fanget, antall stamfisk som ble godkjent ved skjellkontroll for å ta ut rømt oppdrettsfisk, antall stamfisk som ble godkjent etter genetisk opphavskontroll og antall øyerogn/plommeseckkyngel som ble satt ut. Data er hentet fra Karlsson mfl. (2022) og VRL (<https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>). De evaluerte gyteårene og antall utsatte rogn/plommeseckkyngel fra disse er uthevet.

År	Stam-fisk fanget	Godkjent v/ skjellkontroll	Godkjent v/opphavs-kontroll	Antall rogn / yngel satt ut Tall i parentes er gyteårsklasse
2014	48	35	32	200 000 øyerogn (2013)
2015	42	41	34	225 000 øyerogn (2014)
2016	52	52	48	150 000 øyerogn, 70 000 pl.seckkyngel (2015)
2017	38	38	35	185 000 øyerogn (2016)
2018	13	12	12	200 000 øyerogn (2017)
2019	39	39	35	150 000 øyerogn (2018)
2020	22	22	20	150 000 øyerogn (2019)
2021	0	-	-	Ingen utsettinger (2020)

Denne rapporten omfatter gyteårsklassene 2014 og 2015 (basert på voksenfisk), samt gyteåret 2019 basert på ungfisk. Fra stamfisken brukt i 2014 ble det satt ut 225 000 øyerogn mens det fra stamfisken brukt i 2015 ble satt ut 150 000 øyerogn og 70 000 plommeseckkyngel (**tabell 12**), og fra gyteåret 2019 ble det satt ut 150 000 øyerogn. I denne rapporten har vi kvantifisert bidraget fra de til sammen 595 000 utsatte individene og vurdert hvilke effekter utsetting av disse har hatt på laksebestanden i Osenelva.

5.1 Tilslag av kultivert fisk i Osenelva

Materialet som er tilgjengelig for evaluering av kultivering i Osenelva omfatter stamfisken som er godkjent ved opphavskontroll (**tabell 12**) og ungfisk fanget inn ved elfiske høsten 2021. Elfisken omfattet to årsklasser av ungfisk (0+ og 1+) som tilsvarer gyteårene 2019 og 2020. Fra gyteåret 2020 ble det ikke gjort utsettinger og det er dermed ikke forventet å finne kultiverte 0+ individer. Individene samlet inn som 0+ er brukt til å studere hvordan naturlig produserte ungfisk sprer seg i elven. Blant stamfisken ble det funnet tre avkom etter tidligere brukt stamfisk, mens det blant ungfisken ble funnet ni kultiverte individer fra gyteåret 2019. For voksenfisken tilsier dette en andel kultivert fisk på henholdsvis 13 % og 5 % for de to gyteårene, og 9 % tilslag for ungfisken fra 2019 gyteåret (**tabell 13**).

Tabell 13: Antall prøver og andel kultivert fisk fra gyteårene 2014, 2015, 2019 og 2020 i Osenelva.

Gyteår	Totalt antall prøver	Antall kultiverte individer	Andel kultivert
2014	15 voksne	2 voksne	13 %
2015	21 voksne	1 voksen	5 %
2019	104 ungfisk	9 ungfisk	9 %
2020	129 ungfisk	-	-

For å gjøre en sikker beregning av andel kultivert fisk bør datagrunnlaget være større enn de 15 voksne individene fra 2014 og de 21 voksne individene fra 2015 som beregningene i **tabell 13** er basert på. Det er derfor mulig at andel kultivert fisk ville vært annerledes dersom et større antall individer hadde vært samlet inn. Vi kan likevel si at tilslaget blant voksenfisken sannsynligvis var lite til moderat for de to gyteårene. For ungfisken er utvalgsstørrelsen god, og andel kultivert fisk ligger på 9 % for 2019, hvilket er i samme størrelsesorden som 2014 og 2015. Ingen av individene fanget i Osenelva kunne tilordnes stamfisk brukt i Loneelva, Daleelva og Arnaelva i gyteårene 2014 og 2015.

5.2 Effektivt antall foreldre i stamfisk og vill gytefisk og vurdering av en Ryman-Laikre effekt som følge av kultivering i Osenelva

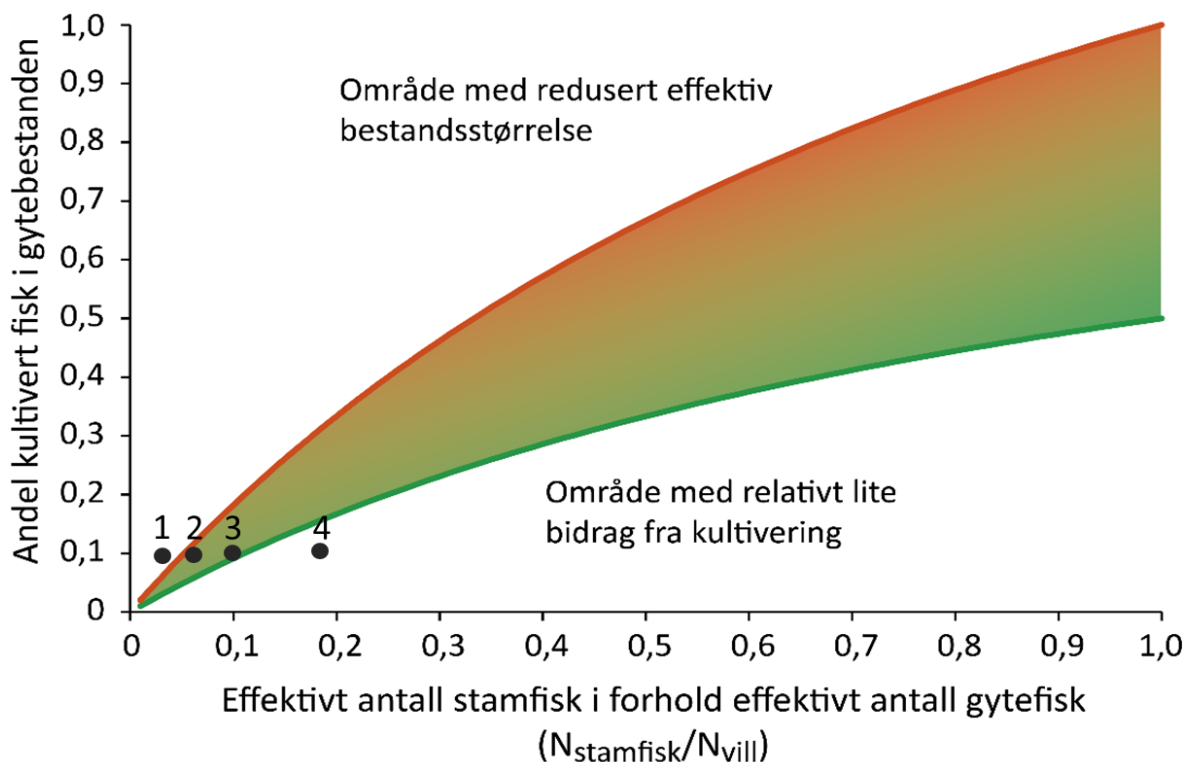
5.2.1 Beregninger basert på voksenfisk

Det ble gjort gytefisktellinger i Osenelva i 2014 og 2015 (Skoglund mfl. 2015; Skoglund mfl. 2016) og disse gir en indikasjon på om utvalgsstørrelsen for naturlig produsert fisk var stor nok til å nøyaktig beregne effektivt antall ville gytere. Under antagelsene om at forholdet mellom effektivt og faktisk antall gytefisk er mellom $1/3$ og $1/2$ (se 2.6), og at utvalgsstørrelsen bør være omtrent like stor som det effektive antallet gytere, ser vi at utvalgsstørrelsen av voksenfisk ikke er stor nok til å benytte Sibship metoden til å beregne effektivt antall ville gytere (**tabell 14**). Vi har i stedet brukt gytefisktellingene direkte, der usikkerheten strekker seg fra nedre estimat ($1/3$) til øvre estimat ($1/2$) av forventet andel som bidrar (**tabell 14**). Utvalgsstørrelsen var også utilstrekkelig for kultivert fisk (både voksenfisk og ungfisk), til å gi en god beregning av effektivt antall stamfisk, og videre beregninger blir lite meningsfulle.

Tabell 14: Antall gytefisk, nedre og øvre estimat for effektiv bestandsstørrelse for vill andel av bestanden (N_{eVill}) basert på antall gytefisk, effektiv bestandsstørrelse for kultivert ($N_{eKultivert}$) andel av bestanden (kunne ikke beregnes), antall registrerte kultiverte avkom for hvert gyteår, antall registrerte ville avkom for hvert gyteår, antall stamfisk ($N_{stamfisk}$) som er brukt i produksjon, forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) (kunne ikke beregnes) og andel kultivert fisk i for hvert gyteår i Osenelva.

Gyteår	Gytefisk	N_{eVill} $1/3-1/2$ gytefisk	$N_{eKultivert}$	Antall kultiverte avkom	Antall ville avkom	$N_{stamfisk}$	N_{eTotal}/N_{eVill}	Andel kultivert
2014	575	192-288	-	2	13	30	-	13 %
2015	672	224-336	-	1	20	34	-	5 %

Figur 14 illustrerer fire forskjellige scenarier for forholdet mellom $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ og andel kultivert fisk i Osenelva. I figuren har vi gjort beregninger ut ifra 10 % kultivert fisk. Denne andelen kultivert fisk ligger rundt gjennomsnittet for de tre evaluerte gyteårene. Punkt nummer 1 angir forhold dersom effektivt antall stamfisk ligger på 40 % av antall stamfisk brukt i kryssninger og det er et høyt antall gytefisk i elven som bidrar ($N_{eVill} = 336$). Dette fører til en begynnende Ryman-Laikre effekt, der den kultiverte andelen (10 %) stammer fra et effektivt antall stamfisk på 15, hvilket er for lite til å opprettholde bestandens genetiske variasjon over tid. Punkt nummer 2 angir forhold dersom effektivt antall stamfisk ligger på 40 % av antall stamfisk brukt i kryssninger og det er et lavere antall gytefisk i elven ($N_{eVill} = 192$). Punkt nummer 3 angir forhold dersom effektivt antall stamfisk er det samme som antall stamfisk brukt i kryssninger og det er et høyt antall gytefisk i elven som bidrar ($N_{eVill} = 336$). Punkt nummer 4 angir forhold dersom effektivt antall stamfisk er det samme som antall stamfisk brukt i kryssninger og det er et lavere antall gytefisk i elven som bidrar ($N_{eVill} = 192$). Dette illustrerer hvordan effektivt antall stamfisk må balanseres i forhold til ville gytere og andel kultivert fisk i bestanden. Ved 10 % kultivert fisk og rundt 300 ville gytere som bidrar til neste generasjon må det være et jevnt bidrag av avkom fra stamfisken for å oppnå et tilstrekkelig høyt effektivt antall stamfisk for at kultiveringen skal gi et positivt bidrag til den effektive bestandsstørrelsen i elven.



Figur 14: Fire forskjellige scenarier for forholdet mellom $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ og andel kultivert fisk ved 10 % kultivert fisk i bestanden. 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.

5.2.2 Effektivt antall foreldre i vill gytefisk i Osenelva beregnet ut fra ungfisk

Effektivt antall vill gytefisk for gyteårene 2019 og 2020 ble estimert ved bruk av ungfisk innsamlet i 2021. Se **figur V1** i Vedlegg for kart over de forskjellige elfiskestasjonene i Osenelva. Estimerer av effektivt antall gytefisk basert på et redusert utvalg av individer tyder på at antall ungfiskprøver ikke var tilstrekkelig og at effektivt antall gytefisk ble underestimert (**figur V2** i Vedlegg). Likevel kan vi si at effektivt antall ville gytefisk var større for gyteår 2020 enn for gyteår 2019 (**tabell 15**). Det ble også undersøkt i hvilken grad familiegrupper av ungfisk var tilfeldig fordelt i elva, fordi dette kan påvirke estimering av effektivt antall gytefisk. I motsetning til tidligere funn i andre elver (Wacker mfl. 2022) var familiegrupper av 0+ individer (gyteår 2020) godt spredd i elva, mens en stor andel søskenpar ble funnet innenfor innsamlingsstasjoner for 1+ individer (gyteår 2019) (**tabell 15**). Når effektivt antall gytefisk beregnes ved bruk av enten bare parvise sammenlikninger innenfor innsamlingsstasjoner (minimum estimat) eller ved bruk av bare parvise sammenlikninger mellom innsamlingsstasjoner (maksimum estimat) var det moderate forskjeller for gyteår 2020 og store forskjeller for gyteår 2019 (**tabell 15**). Beregning av effektivt antall gytefisk basert på prøver av ulike kombinasjoner av innsamlingsstasjoner tyder på en moderat underestimering av effektivt antall gytefisk på grunn av overrepresentasjon av søsken innenfor innsamlingsstasjoner for gyteår 2020 og en mere betydelig effekt for gyteår 2019 (**figur V3** i Vedlegg). Høye estimater av effektivt antall gytefisk innenfor stasjoner (**tabell V1** og **tabell V2** i Vedlegg) for begge gyteår tyder på at et betydelig antall gytefisk bidro til rekruttering i alle undersøkte områder, men resultatet kan delvis også forklares med at ungfiskene har fordelt seg over elva.

Tabell 15: Antall søskenpar og effektivt antall gytefisk for gyteårene 2019 og 2020 i Osenelva beregnet ved ungfiskprøver (alder 0+ og 1+) tatt ved seks innsamlingsstasjoner. Andel søskenpar som ble funnet innenfor stasjoner er vist både som forventet dersom disse var tilfeldig fordelt i elven og som søskenparene ble observert i elven. Effektivt antall gytefisk ble estimert ved bruk av alle prøver (95% konfidensintervall) og ved bruk av utelukkende parvise sammenlikninger gjort innenfor og mellom innsamlingsstasjoner.

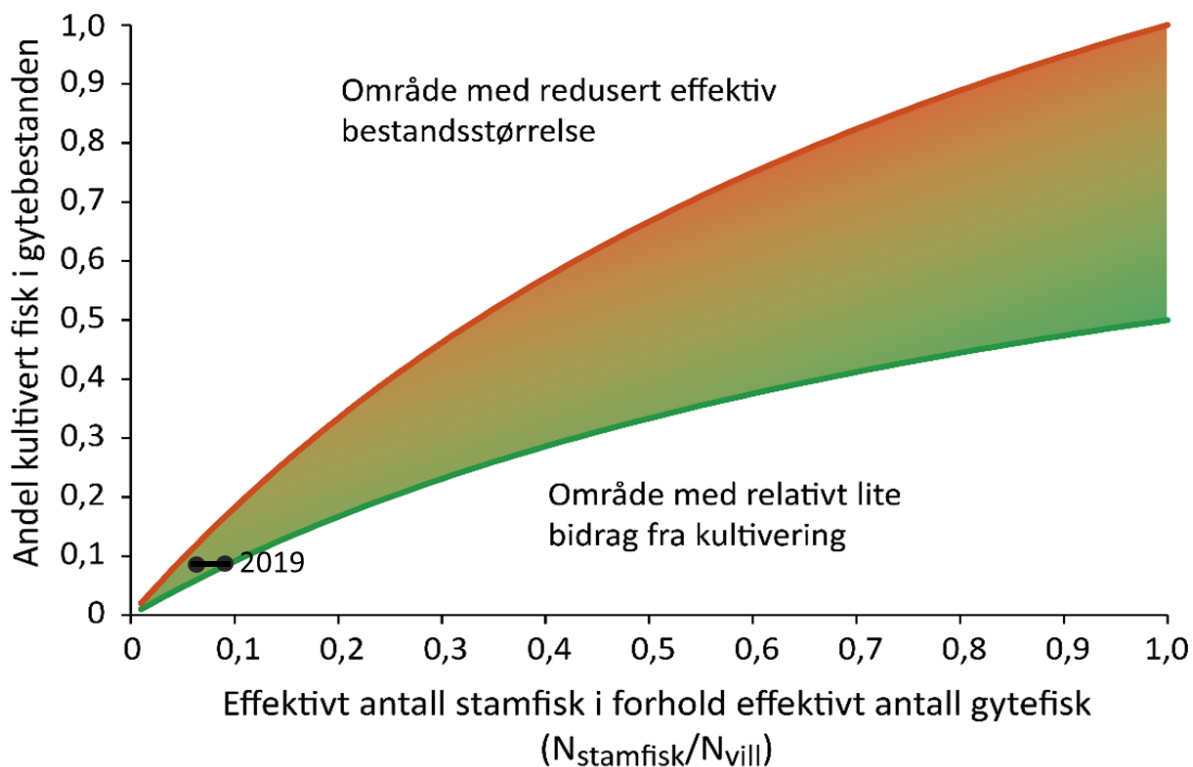
Gyteår	Antall	Alder	Par funnet av		Søskenpar innfor innsamlingsstasjon		Effektivt antall gytefisk		
			Halv-søsken	Hel-søsken	Forventet	Observert	Total N_{eVill}	Innenfor stasjoner	Mellom stasjoner
2019	95	1+	209	24	0,206	0,425	69 (49-97)	32	101
2020	128	0+	262	13	0,345	0,407	113 (86-148)	94	127

I 2019 ble det foretatt gytefisktelling i Osenelva (Skoglund mfl. 2020), mens det ikke ble gjort gytefisktelling i 2020. Effektivt antall vill gytefisk var sannsynligvis høyere i 2020 enn i 2019 (**tabell 15**), og det er dermed sannsynlig at antallet gytefisk kan ha vært høyere i 2020 enn det som ble observert i 2019 (406 gytefisk). I og med at effektivt antall ville gytere er underestimert (**figur V2** i Vedlegg) har vi benyttet gytefisktellinger direkte, der usikkerheten strekker seg fra nedre estimat ($1/3$) til øvre estimat ($1/2$) av forventet andel som bidrar og middelveidien av disse ble brukt til å estimere N_{eTotal}/N_{eVill} (**tabell 16**). Videre er det mulig at effektivt antall stamfisk ($N_{eKultivert}$) også er noe underestimert, da denne er beregnet ut ifra ni gjenfangede avkom. Vi ser at forholdet mellom total effektiv bestandsstørrelse og vill effektiv bestandsstørrelse (N_{eTotal}/N_{eVill}) ligger marginalt over 1 for 2019, hvilket tilsier at kultivering ikke har ført til en vesentlig endring i den totale effektive bestandsstørrelsen i elven. En underestimert av effektivt antall stamfisk vil øke dette forholdstallet noe, men vil sannsynligvis ikke kunne bli høyt nok til å føre til en betydelig endring i effektiv bestandsstørrelse for 2019.

Tabell 16: Antall gytefisk, nedre og øvre estimat for effektiv bestandsstørrelse for vill andel av bestanden (N_{eVill}) basert på antall gytefisk, effektiv bestandsstørrelse for kultivert ($N_{eKultivert}$) andel av bestanden, antall registrerte kultiverte avkom for hvert gyteår, antall registrerte ville avkom for hvert gyteår, antall stamfisk ($N_{stamfisk}$) som er brukt i produksjon, forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) (basert på gjennomsnittlig estimert N_{eVill}) og andel kultivert fisk i for hvert gyteår i Osenelva.

Gyteår	Gytefisk	N_{eVill} $1/3-1/2$ gytefisk	$N_{eKultivert}$	Antall kultiverte avkom	Antall ville avkom	$N_{stamfisk}$	N_{eTotal}/N_{eVill}	Andel kultivert
2019	406	135-203	12,9	9	95	35	1.07	9 %
2020	-	-	-	-	129	-	-	-

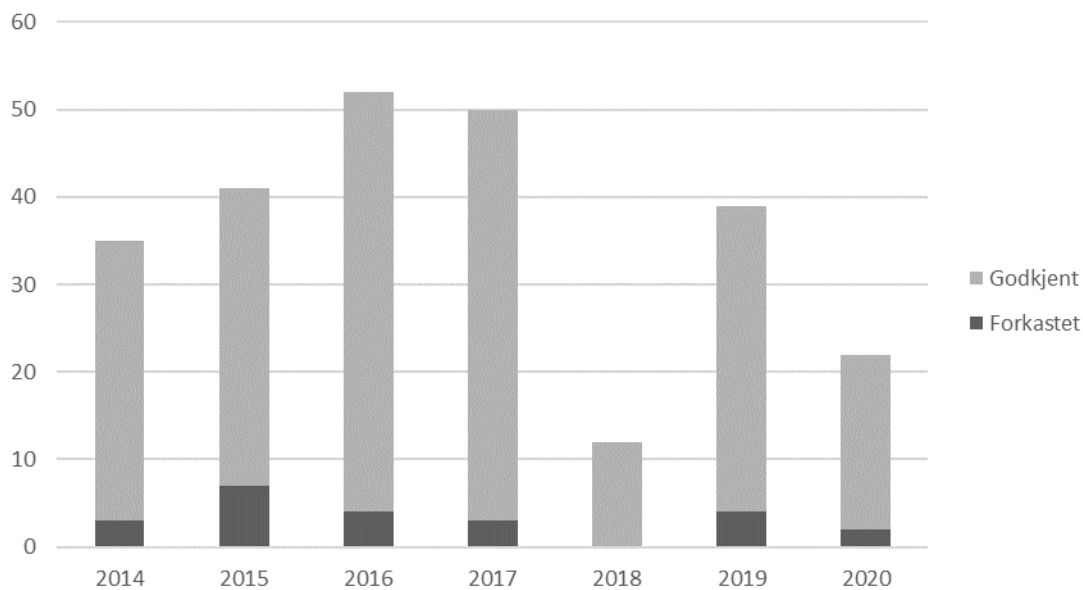
I **figur 15** er andel kultivert fisk i bestanden plottet mot $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$. Den røde linjen angir forhold der totalt effektivt antall gytefisk (bidrag fra naturlig produksjon og fra kultivering) er den samme som bidraget fra kun naturlig produksjon og grønn linje angir forhold som gir maksimalt effektivt antall gytefisk ved bidrag fra kultivering. Som beskrevet ovenfor er det effektive antallet stamfisk beheftet med noe usikkerhet, og kan være underestimert. Usikkerheten i beregnet antall vill gytefisk (N_{eVill}) er indikert som en linje i figuren og punktene på hver side angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ i henhold til nedre og øvre beregning for N_{eVill} basert på gytefisktellinger. En økning i $N_{eStamfisk}$, altså at stamfisken utnyttes bedre, vil føre til at punktene beveger seg mot høyre.



Figur 15: Forhold mellom kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og $N_{\text{Stamfisk}}/N_{\text{Vill}}$ (x-aksen) for gyteåret 2019 i Osenelva beregnet ut ifra ungfisk. 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. Punktene angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{\text{Stamfisk}}/N_{\text{Vill}}$ i henhold til nedre og øvre estimat for N_{Vill} .

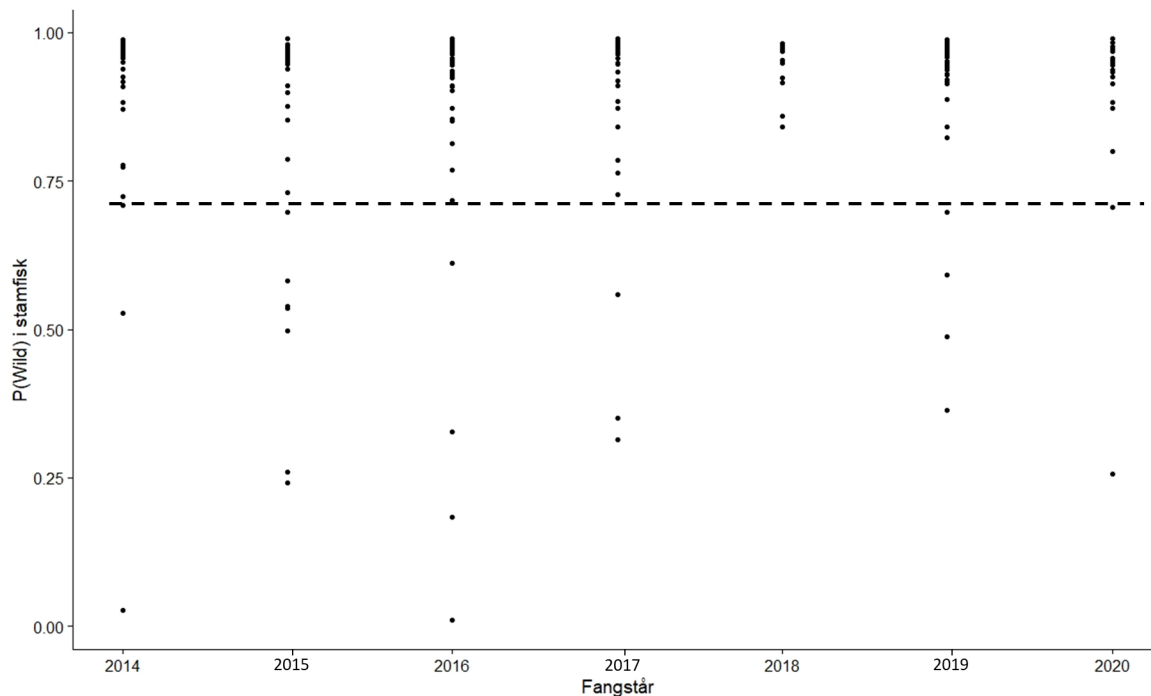
5.3 Genetisk innkrysning av oppdrettsfisk i Osenelva

Det er ikke observert genetiske endringer som følge av innkrysning med rømt oppdrettslaks i Osenelva (Diserud mfl. 2020). I løpet av 2014-2020 har i gjennomsnittlig 8,3 % av stamfisken som har gått til opphavskontroll blitt forkastet, og forventet andel som blir forkastet også i en upåvirket bestand er 8,4 % (Karlsson mfl. 2022) (figur 16).



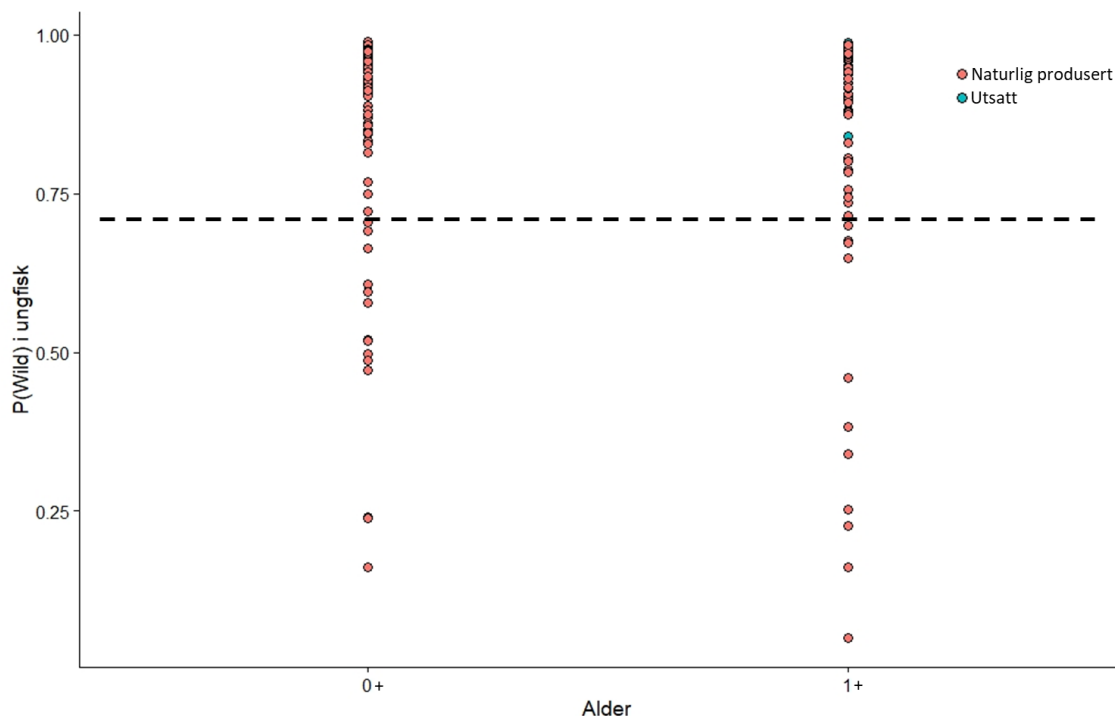
Figur 16: Antall stamlaks sendt til genetisk opphavskontroll som ble godkjent eller forkastet fra og med 2014 til 2020 i Osenelva i henhold til stamlakskontrollens kriterier.

Sannsynligheten for rent villaksopphav og rent oppdrettsopphav i stamlaks som gikk til genetisk opphavskontroll er vist i **figur 17**.



Figur 17: Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{wild})$ i individer som er samlet inn som stamfisk i løpet av 2014–2020. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen

Innkrysning med rømt oppdrettslaks målt i ungfisk (0 + og 1+) indikerer at rømt oppdrettslaks og/eller innkrysset gytefisk, gyter og etterlater seg avkom i Osenelva (**figur 18**).



Figur 18: Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(wild)$ i individer som er samlet inn som ungfisk i 2021. To årsklasser av ungfisk ble samlet inn, med gyteår henholdsvis 2019 (1+) og 2020 (0+). Ni utsatte individer ble identifisert og er markert med blå prikker. Den stiplede linjen indikerer $P(wild)$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.

5.4 Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Osenelva

Vi har i dette prosjektet evaluert den årsklassevise effekten av kultivering av laks i Osenelva for gyteårene 2014, 2015 og 2019. Til evalueringen har vi benyttet stamfisk fra åtte fangstår og ungfisk (1+) fanget på høsten 2021. Til tross for en ekstra innsats (elektrisk fiske etter ungfisk) for å oppnå et godt datagrunnlag gjør den lave gjenfangstraten av kultivert fisk at beregning av effektivt antall stamfisk blir lite presise. Dette fører igjen til at det blir utfordrende å nøyaktig fastslå effekten av kultivering på bestanden i Osenelva.

For Osenelva var det usikkerheter i beregnet effektivt antall stamfisk og andel kultivert fisk basert på stamfiskmaterialet. Vi kan likevel si at tilslaget i Osenelva er lavt til moderat. Andel kultivert fisk har mye å si for hvilken påvirkning (både positive og negative effekter) som kultiveringen kan ha på bestanden. For Osenelva er det sannsynlig at kultiveringen har hatt beskjeden påvirkning i de evaluerte gyteårene.

I de evaluerte gyteårene ble det satt ut både øyerogn og plommeseckyngel i Osenelva. Ved utsetting av plommeseckyngel tar det kort tid før plommesekken er oppbrukt, fordi temperaturene ofte er relativt høye på dette tidspunktet og yngelen utvikler seg raskt (Wist mfl. 2019). Det er derfor viktig med god kontroll på temperaturer i klekkeriet for å kunne sette ut plommeseckyngel på et tidspunkt der det er sannsynlig at overlevelsen blir så god som mulig. I Osenelva hadde øyerogn fra 2014-årsklassen bedre overlevelse enn øyerogn og plommeseckyngel fra 2015-årsklassen. Ved rognplanting er det også viktig å ha god kontroll på temperaturene i anlegget.

Videre bør rogn settes ut så nært klekking som mulig, og ved et tidspunkt som er nært klekke-tidspunktet for egg som er naturlig gytt i elva. Utviklingen til klekkerirogn bør styres slik at den klekker samtidig med rogn i naturlige gytegroper i elva. Dette sikrer at yngelen kommer opp fra grusen på et gunstig tidspunkt for å finne føde.

For å gjøre en god vurdering av kultivering er det viktig at så mye informasjon som mulig er tilgjengelig. Dette inkluderer dokumentasjon av krysninger, dødelighet og informasjon om mengde rogn som er brukt fra hver familie. Videre bør forhold i elva under og etter utsetninger dokumenteres. Det var noe mellomårsvariasjon i tilslaget i Osenelva, og god dokumentasjon kan gi en forståelse av hvilke forhold som gir det beste tilslaget. Dette innebærer blant annet tids-punkt og lokalitet for utsetninger, og vannføring og temperatur både i klekkeriet og i elva.

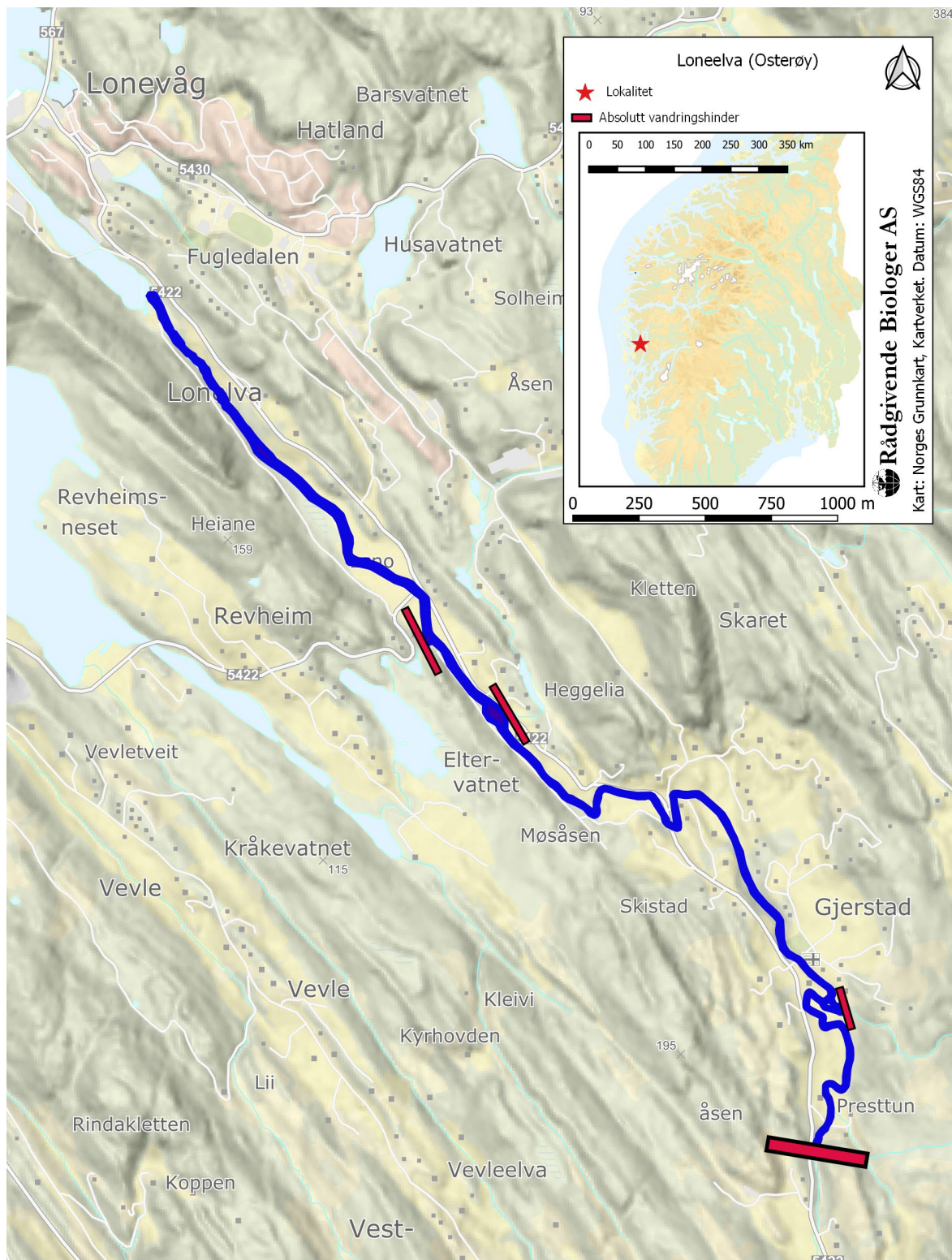
Retningslinjene fra forvaltningen tilsier at kultivering kun bør gjøres etter at andre kompense-rende tiltak har blitt forsøkt (Anon. 2014a). Gytebestandsmålet er for det meste oppnådd i Ose-nelva og tilslaget fra de evaluerte årsklassene tilsier at kultiveringen ikke bidrar vesentlig til at gytebestandsmålet er nådd. Det er sannsynlig at gytebestandsmålet vil bli nådd også dersom kultiveringen avvikles.

5.4.1 Konklusjoner og anbefalinger

1. Det meste av laksen i Osenelva som stammer fra gyteårene 2014, 2015 og 2019 var naturlig produsert og gytebestandsmålet er oppnådd. Det er sannsynlig at gytebestands-målet vil bli oppnådd også dersom kultiveringen avvikles.
2. Rognporsjoner fra hver hunnfisk bør standardiseres, slik at hver familiegruppe har like forutsetninger for likt bidrag.
3. Dersom kultiveringen vedvarer, bør det gjøres tiltak for å øke overlevelsen til utsatt rogn og yngel. Dette innebærer blant annet å synkronisere temperaturer i elven og i klekkeriet, slik at rogn og yngel har best mulig forutsetninger for god overlevelse.

6 Loneelva

Loneelva (060.4Z) (**figur 19**) har en middels stor gytebestand med et gytebestandsmål på 153 kg hunner (Anon. 2014b). De siste årene har gytebestandsmålet for det meste vært oppnådd, og det har vært et høstbart overskudd i elven (VRL 2021).



Figur 19: Kart over Loneelva, der lakseførende strekning er indikert i blått.

I Loneelva er det sannsynligvis genetiske endringer som følge av innkryssning (Diserud mfl. 2020) og genetisk integritet er vurdert som moderat. Det er mangelfulle opplysninger rundt kultiveringspraksisen i Loneelva i tidligere år, men etter 2010 er utsettingene bedre dokumentert (Anon. 2014b). Det settes hovedsakelig ut plommeseekkyngel og noe uforet yngel i Loneelva (**tabell 17**).

Tabell 17: Oversikt over antall stamfisk som ble fanget, antall stamfisk som ble godkjent ved skjellkontroll for å ta ut rømt oppdrettsfisk, antall stamfisk som ble godkjent etter genetisk opphavskontroll og antall øyerogn/plommeseekkyngel som ble satt ut. Data er hentet fra Karlsson mfl. (2021) og VRL (<https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltestander#/map>). De evaluerte gyteårene og antall utsatte rogn/plommeseekkyngel fra disse er uthevet.

År	Stamfisk fanget	Godkjent v/ skjellkontroll	Godkjent v/opphavs-kontroll	Antall rogn / yngel satt ut Tall i parentes er gyteårsklasse
2014	39	39	35	50 000 pl.sekkyngel (2013)
2015	35	35	31	45 000 pl.sekkyngel (2014)
2016	38	38	34	45 000 pl.sekkyngel (2015)
2017	51	49	45	Ukjent mengde
2018	35	35	31	90 000 uforet yngel (2017)
2019	33	33	27	100 000 pl.sekkyngel (2018)
2020	40	40	34	82 000 pl.sekkyngel (2019)
2021	27	27	25	85 000 pl.sekkyngel (2020)

Denne rapporten omfatter gyteårsklassene 2014 og 2015. Fra hver av disse gyteårene ble det satt ut 45 000 plommeseekkyngel (**tabell 17**). I denne rapporten har vi kvantifisert bidraget fra de til sammen 90 000 utsatte individene og vurdert hvilke effekter utsetting av disse har hatt på laksebestanden i Loneelva.

6.1 Tilslag av kultivert fisk i Loneelva

Vi har benyttet materiale som er samlet inn i Loneelva i løpet av sportsfiskesesongene 2018 (14 individer), 2019 (114 individer) og 2020 (74 individer). Innsamlede skjell har blitt alderslest og alle individer av villaks fra gyteårene 2014 og 2015 ble genotypet. I sportsfisket ble det totalt identifisert 24 individer med opphav i stamfisk brukt i 2014 og 2015. Basert på det innsamlede materialet betyr dette at tilslaget for kultivert laks i Loneelva var henholdsvis 4,6 % og 15,9 % for de to gyteårene (**tabell 18**). Krysningslister var ikke tilgjengelige. Det ble funnet avkom etter tre stamfisk som ikke var godkjent i henhold til den genetiske opphavskontrollen.

Tabell 18: Antall prøver og andel kultivert fisk fra to gyteår i Loneelva.

Gyteår	Totalt antall prøver	Antall kultiverte individer	Andel kultivert
2014	68	3	4,6 %
2015	132	21	15,9 %

Stamfisken fra Loneelva er ikke blitt alderslest og bidrar derfor ikke til evalueringen av kultivering i denne bestanden. Foreldretilordning ble likevel gjort innen stamfisken, og det ble funnet 18 stamfisk som hadde opphav i tidligere brukt stamfisk (**tabell 19**). Ingen av individene fanget i Loneelva kunne tilordnes stamfisk brukt i Arnaelva, Daleelva og Osenelva i gyteårene 2014 og 2015.

Tabell 19: Antall stamfisk som ble tilordnet tidligere brukt stamfisk i Loneelva.

Gyeteår/stamfiskår	Antall stamfisk tilordnet tidligere brukt stamfisk
2014	7
2015	10
2016	1

Det høye antallet kultiverte stamfisk tilsier at slektskapsanalyser bør gjennomføres før kryssninger gjøres, for å unngå å bruke stamfisk som er avkom etter tidligere brukt stamfisk. Utstrakt bruk av utsatt fisk som stamfisk kan føre til at enkelte familier får et uforholdsmessig stort bidrag og kan redusere den genetiske variasjonen i elvebestanden.

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

Vi har beregnet effektivt antall stamfisk og vill gytefisk for gyteårene 2014 og 2015. Kryssningslister manglet for Loneelva i 2014 og 2015 og vi har derfor antatt at all godkjent stamfisk ble brukt i kryssninger. Fra 2014 ble kun tre kultiverte individer fanget i sportsfiske, og tilslaget var dermed tilsvarende lavt (4,6 %, **tabell 18**). 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. Dette betyr at beregninger av gjennomsnittlig antall avkom og varians i antall avkom per stamfisk blir usikre. Dermed blir også beregningen av effektivt antall stamfisk usikker. For Loneelva 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 20**). For å gjøre en nøyaktig beregning av effektivt antall stamfisk ved det tilslaget vi har registrert i Loneelva i 2014, må utvalgsstørrelsen være større. Vedrørende utvalgsstørrelsen for naturlig produsert fisk er denne sannsynligvis stor nok (se 2.6 for mer informasjon) til å gjøre en god beregning av antallet gytefisk som har bidratt i de to gyteårene. Det ble ikke utført gytefisktelling i Loneelva i 2015 på grunn av vanskelige forhold (Skoglund mfl. 2016). Det var et godt innsig av laks i Arnaelva, Daleelva og Osenelva i 2015 (**tabeller 5, 10 og 14**). I og med at vi estimerte høyere effektivt antall ville gytere (N_{eVill}) for 2015 enn for 2014 i Loneelva (**tabell 20**), kan vi anta at antallet ville gytefisk i Loneelva sannsynligvis var 165 eller høyere i 2015. Vi har derfor antatt minimum 165 gytefisk, og gjort videre beregninger basert på dette for 2015.

Tabell 20: Antall gytefisk registrert i gytefisktelinger, nedre og øvre estimat for effektiv bestandsstørrelse for vill (N_{eVill}) og kultivert ($N_{eKultivert}$) andel av bestanden, antall registrerte kultiverte avkom for hvert gyteår, antall registrerte ville avkom for hvert gyteår, antall stamfisk ($N_{stamfisk}$) som er brukt i produksjon, forholdstallet mellom effektiv bestandsstørrelse i totalbestanden og vill bestand (N_{eTotal}/N_{eVill}) og andel kultivert fisk i for hvert gyteår i Loneelva.

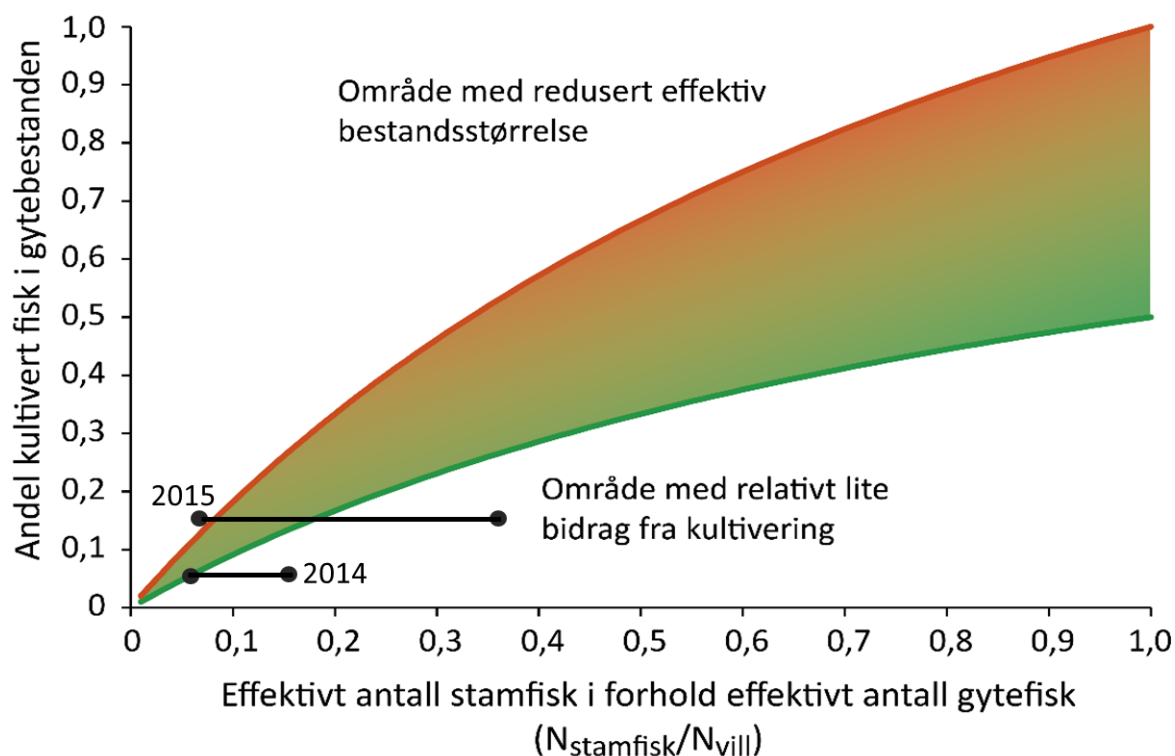
Gyeteår	Gytefisk	N_{eVill} Nedre-øvre KI	$N_{eKultivert}$	Antall kultiverte avkom	Antall ville avkom	$N_{stamfisk}$	N_{eTotal}/N_{eVill}	Andel kultivert
2014	165	71 37-90	6,05	3	49	37	1,07	4,6 %
2015	165*	79 35-78	12,8	21	61	32	1,16	15,9 %

* Minste sannsynlige antall fisk basert på innsig i andre nærliggende elver, gytefisktelling i 2014 og beregnet N_{eVill} .

Vi ser at forholdet mellom total effektiv bestandsstørrelse og vill effektiv bestandsstørrelse (N_{eTotal}/N_{eVill}) ligger marginalt over 1 for 2014, hvilket tilsier at kultivering ikke har ført til en vesentlig endring i den totale effektive bestandsstørrelsen i elven. Beregnet tilslag av kultivert fisk i

Loneelva er et sikkert estimat. Dette betyr at selv om effektivt antall stamfisk er beheftet med usikkerhet er det likevel sannsynliggjort at kultivering ikke har medført noen endring i effektiv bestandsstørrelse, og heller ikke reell bestandsstørrelse for 2014. I 2015 ligger N_{eTotal}/N_{eVill} noe høyere, og kan ha ført til en økning i effektiv bestandsstørrelse. For dette gyteåret er usikkerhetene for vill andel av bestanden større, og N_{eTotal}/N_{eVill} kan bevege seg over i en Ryman-Laikre effekt dersom øvre estimat for N_{eVill} brukes i beregningene (se **figur 20**).

I **figur 20** er andel kultivert fisk i bestanden plottet mot $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ for hvert av gyteårene 2014 og 2015. Som beskrevet ovenfor er det effektive antallet gytere (både ville og kultiverte) beheftet med noe usikkerhet, men det er verdt å merke seg at estimatet for tilslag ikke er beheftet med usikkerhet. Usikkerheten i estimatene er indikert som en linje i figuren og punktene på hver side angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ i henhold til nedre og øvre estimat for N_{eVill} . En økning i $N_{eStamfisk}$, vil føre til at punktene beveger seg mer mot høyre. For 2015 er det sannsynlig at N_{eVill} ligger i øvre del av estimatet, hvilket tilsier at kultivering har ført til noe økning i den effektive bestandsstørrelsen i Loneelva. Dersom N_{eVill} er betydelig høyere enn antatt, har bestanden vært gjenstand for en Ryman-Laikre effekt dette gyteåret.



Figur 20: Forhold mellom kultivert fisk i gytebestanden (y-aksen) og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ (x-aksen) for gyteårene 2014 og 2015 i Loneelva. 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. Punktene angir forholdet mellom andel kultivert fisk og $N_{eStamfisk}/N_{eVill}$ i henhold til nedre og øvre estimat for N_{eVill} .

6.3 Stamfiskens representativitet i forhold til prøver fra sportsfiske i Loneelva

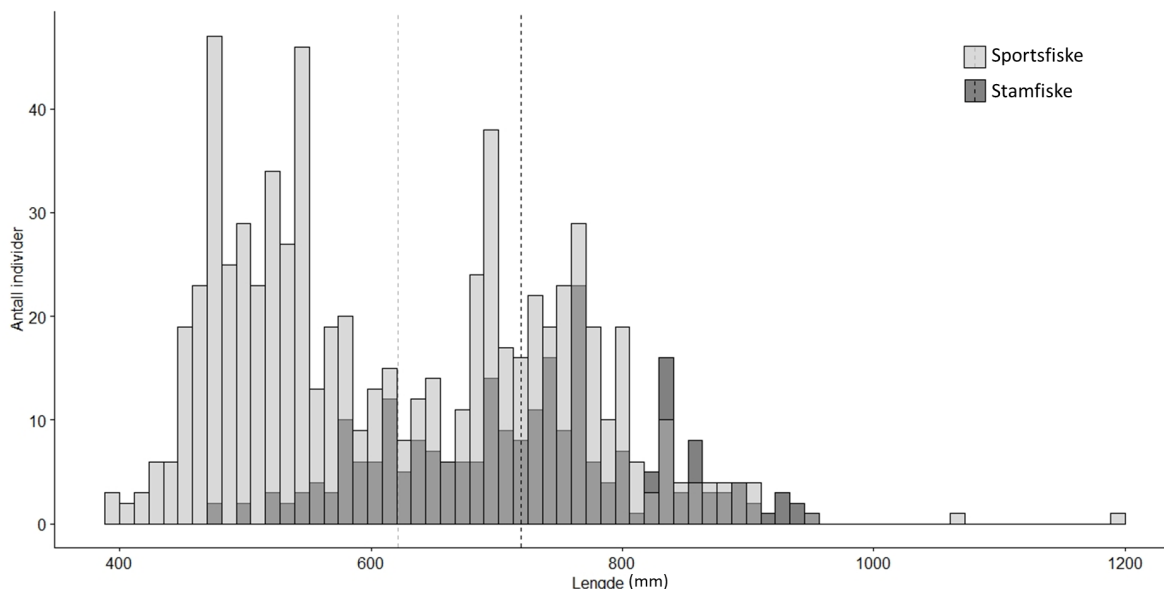
Stamfiskens vekt og lengde ble sammenliknet med tilsvarende data for individer fanget i Loneelva i løpet av sportsfiskesesongene 2014–2021. Stamfisken var i gjennomsnitt 1092 gram tyngre og 97 mm lengre enn individer fanget under sportsfisket de samme årene (**tabell 21**).

Denne forskjellen er statistisk signifikant (tosidig t-test) og tilsier at stamfisken generelt har vært betydelig større enn gjennomsnittet i sportsfiskefangstene. Dette betyr at stamfisken ikke er et tilfeldig utvalg av elvebestanden, men at store individer oftere har blitt valgt ut som stamfisk.

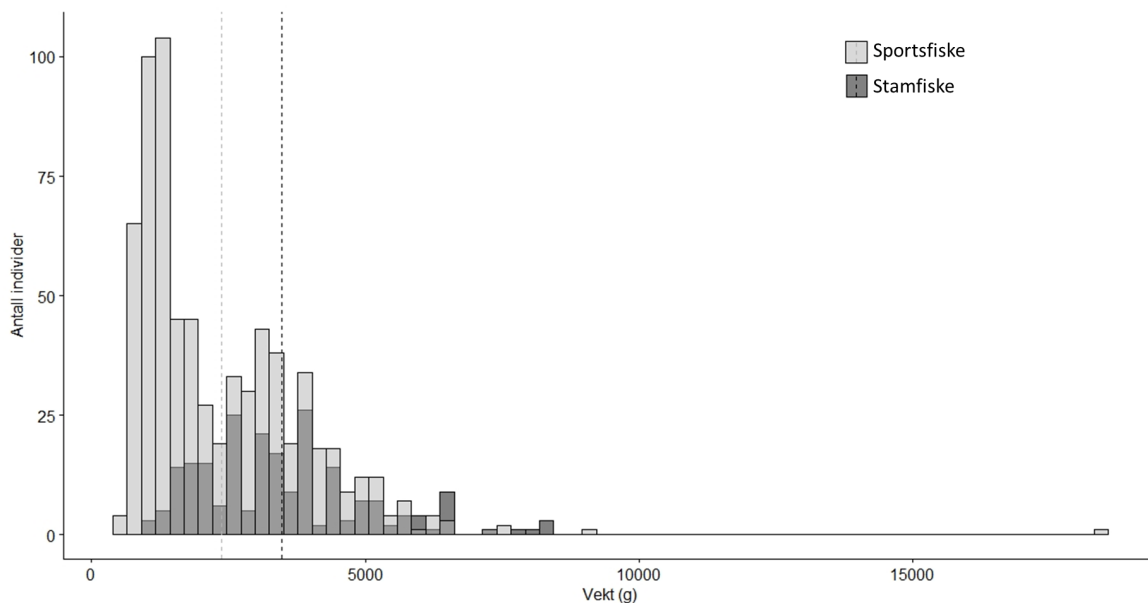
Tabell 21: Gjennomsnittlig vekt og lengde for stamfisk og individer fanget under sportsfisket i løpet av sesongene 2014 – 2021 i Loneelva. En p-verdi under 0,05 tilsier at forskjellene er statistisk signifikante.

	Stamfisk	Sportsfiske	p-verdi
Gjennomsnittlig vekt (g)	3467	2375	< 0,000
Gjennomsnittlig lengde (mm)	719	622	< 0,000

Ved å studere størrelsesfordelingen for individer fanget i sportsfisket og individer fanget som stamfisk (**figur 21** og **figur 22**) ser vi at størrelsesfordelingen til stamfisken er forskjøvet i forhold til individer fanget i sportsfiske. Individer med en vekt på 2 kg og mindre representerer i stor grad ensjøvinterlaks (data ikke vist). Størrelsesfordelingen blant stamfisk angir at et fåtall stamfisk har en vekt som tilsier at de er ensjøvintere.



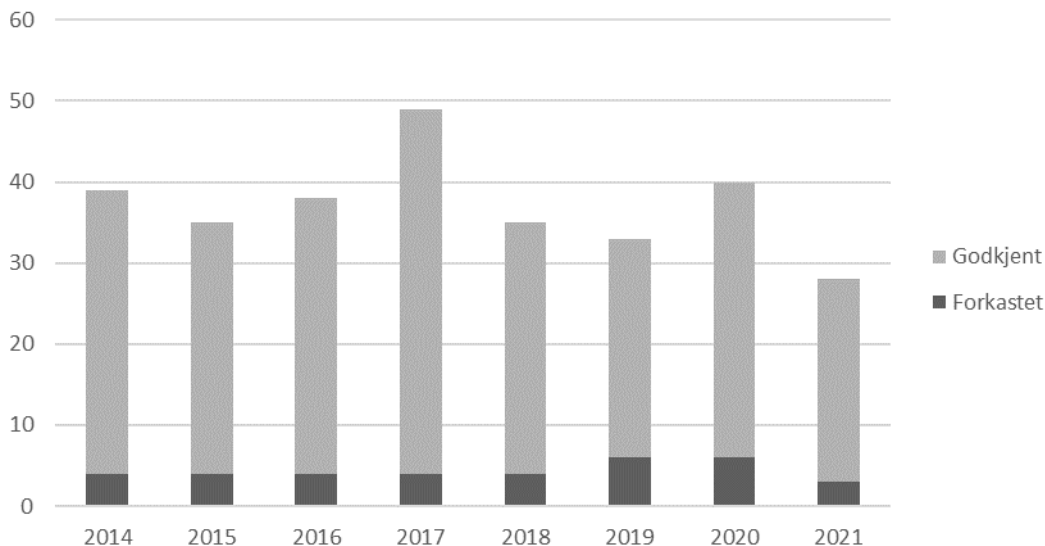
Figur 21: Størrelsesfordeling presentert som lengde (mm) blant individer fanget i Loneelva under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2014–2021. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig lengde for hver av de to gruppene.



Figur 22: Størrelsesfordeling presentert som vekt (g) blant individer fanget i Loneelva under sportsfiske og individer fanget som stamfisk i fangstårene 2014–2021. De stiplede linjene angir gjennomsnittlig vekt for hver av de to gruppene.

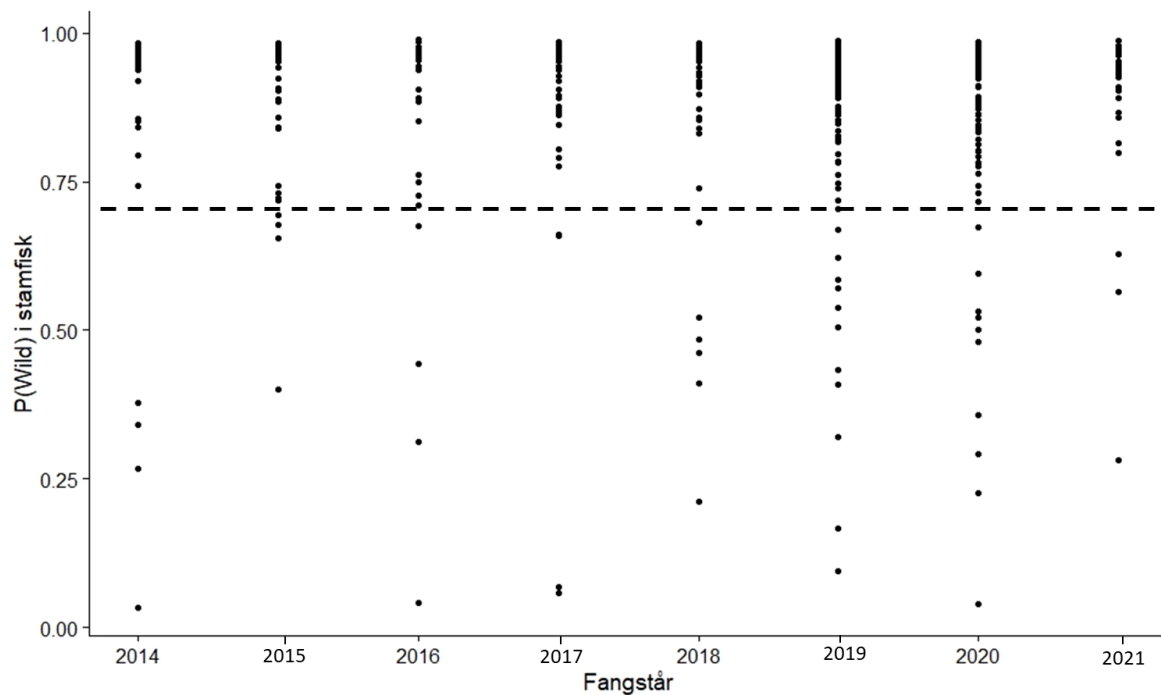
6.4 Genetisk innkryssing av oppdrettsfisk i Loneelva

Etter at stamlakskontroll ble innført i 2014 har i gjennomsnitt 12 % av laksen som ble sendt til genetisk opphavskontroll blitt forkastet som stamfisk på grunn av innkryssing med rømt oppdrettslaks (figur 23).

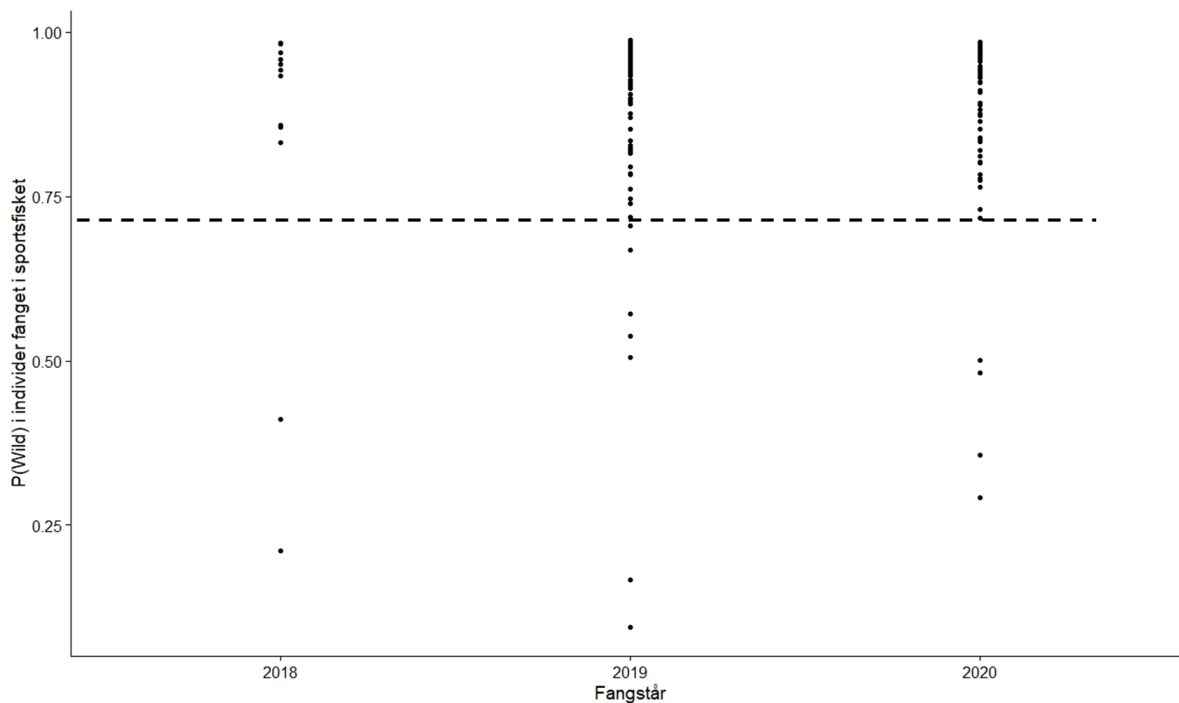


Figur 23: Antall stamlaks sendt til genetisk opphavskontroll som ble godkjent eller forkastet fra og med 2014 til 2021 i henhold til stamlakskontrollens kriterier i Loneelva.

Sannsynligheten for rent villaksopphav og rent oppdrettsopphav i stamlaks som gikk til genetisk opphavskontroll er vist i figur 24, og tilsvarende data for individer fanget i sportsfisket er vist i figur 25.



Figur 24: Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{wild})$ i alle genotypede individer (både fra stamfiske og sportsfiske) fra fangstårene 2014–2021. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.



Figur 25: Sannsynlighet for rent villaksopphav uttrykt som $P(\text{wild})$ i individer som er fanget i sportsfisket 2018–2020 og som har gyteår 2014 og 2015. Den stiplede linjen indikerer $P(\text{wild})$ terskelverdi (0,71) for å forkaste stamfisk i henhold til stamfiskkontrollen.

6.5 Oppsummering av resultater og betydning for kultiveringen i Loneelva

Vi har i dette prosjektet evaluert den årsklassevise effekten av kultivering av laks i Loneelva for to årsklasser (gyteår). Videre har vi vurdert bruken av stamfisk, og om denne representerer gytebestanden slik forvaltningen anbefaler. Til evalueringen har vi benyttet sportsfiskefangster fra tre fangstår. I tillegg har vi benyttet stamfisk fra åtte stamfiskår, for å vurdere stamfiskens representativitet og i hvilken grad denne er avkom etter tidligere brukt stamfisk. Til sammen har dette datamaterialet gjort det mulig å vurdere den samlede effekten av kultivering på bestanden i Loneelva for de to evaluerte gyteårene.

Tilslaget i Loneelva var lavt til moderat for de to gyteårene. Tilslaget av kultivert fisk er viktig for hvor stor effekt kultiveringen kan ha (Hagen mfl. 2020). I 2014 hadde kultiveringen liten reell effekt på laksebestanden i Loneelva, mens i 2015 var det sannsynlig at den effektive bestandsstørrelsen ble økte noe som følge av kultiveringen. Vi påpeker at dette prosjektet bare omfatter to gyteår og det er mulig at andel kultivert laks fra tidligere og senere gyteår kan være annerledes. Likevel tilsier disse resultatene at laksen i Loneelva for det meste er naturlig produsert. Det ble ikke observert utveksling av kultiverte individer mellom Loneelva og de andre evaluerte bestandene i dette prosjektet.

I Loneelva er forholdet mellom effektivt antall stamfisk og antall godkjente stamfisk henholdsvis 0,16 og 0,40 for 2014 og 2015. Forholdstallet for 2014 er sannsynligvis underestimert på grunn av det lave antallet tilordnede avkom. Et jevnt bidrag fra de ulike familiegruppene (foreldrene) vil øke effektivt antall stamfisk og motvirke en eventuell Ryman-Laikre effekt.

Stamlaksen i Loneelva var for fangstårene 2014 – 2021 betydelig større enn gjennomsnittet i sportsfiskefangstene. Dette tilsier at stamfisken ikke har vært et tilfeldig utvalg av elvebestanden og at det i kultiveringsprogrammet har vært en kunstig seleksjon for store individer. Kroppsstørrelse hos laks er nært knyttet til antall sjøvintre, noe som igjen i stor grad er genetisk bestemt (Barson mfl. 2015). Frekvensen av genvariasjonene som påvirker sjøalder varierer mellom ulike laksebestander og er tilpasset miljøet i de ulike elvene (Barson mfl. 2015). En kunstig seleksjon der store individer foretrekkes som stamfisk kan dermed føre til at det settes ut individer der genfrekvensen er endret i forhold til det som ved naturlig seleksjon er gunstig for bestanden. En slik seleksjon i retning av store individer er ikke i henhold til forvaltningens anbefalinger.

Vi identifiserte 18 stamfisker med opphav i tidligere brukt stamfisk. Fordi krysningslister ikke var tilgjengelige, er det uvisst om alle disse ble brukt i krysninger. Gjenbruk av utsatt fisk som stamfisk kan medføre høyere sannsynlighet for nært slektskap mellom stamfisk og at noen familier bidrar uforholdsmessig mye til bestanden. Informasjon fra slektskapsanalyser er et nyttig verktøy for å unngå krysninger med nære slektninger blant stamfisken.

For å gjøre en god vurdering av kultivering er det viktig at så mye informasjon som mulig er tilgjengelig. Dette inkluderer dokumentasjon av krysninger, dødelighet og informasjon om mengde rogn som er brukt fra hver familie. Videre bør forhold i elva under og etter utsetninger dokumenteres. I og med at tilslaget i Loneelva varierte en del mellom de to evaluerte gyteårene, kan god dokumentasjon gi en forståelse av årsakene til det variable tilslaget. Dette innebærer blant annet tidspunkt og lokalitet for utsetninger, og vannføring og temperatur både i klekkeriet og i elva.

Ved utsetting av plommeseckkyngel er tidsvinduet for utsetting kun noen få dager rett før plommesekken er oppbrukt (Wist mfl. 2019). Dette skyldes at temperaturene ofte er forholdsvis høye på dette tidspunktet og larvene utvikler seg raskt. En må derfor ha god kontroll på temperaturer i klekkeriet for å kunne sette ut plommeseckkyngel på et tidspunkt der det er sannsynlig at overlevelsen blir så god som mulig. I Loneelva hadde plommeseckkyngel fra 2014-årsklassen dårlig overlevelse, mens utsettingene fra 2015-årsklassen hadde bedre overlevelse. Dersom temperaturene i klekkeriet ikke samsvarer med temperaturene på utsetningsstedet, eller nærmer seg ti grader, kan en kort periode med fôring av yngelen i noen tilfeller øke overlevelsen av utsetningsmaterialet (Bremset mfl. 2019). En annen metode for å øke overlevelsen på utsetningsmaterialet kan være å fordele utsetninger fra de samme familiene på flere utsetningsstadier. For eksempel

kan rogn fra en familie fordeles likt til rognplanting, uføret yngel, og startføret yngel. De ulike utsettingsstadiene kan spores ved bademerking av rogn (otilittmerking). Ved rognplanting er det også viktig å ha god kontroll på temperaturene i anlegget. Videre bør rogn settes ut så nært klekking som mulig, og ved et tidspunkt som er nært klekkesidspunktet for egg som er naturlig gytt i elva. Utviklingen til klekkerirogn bør styres slik at den klekker samtidig med rogn i naturlige gytegroper i elva. Dette sikrer at yngelen kommer opp fra grusen på et optimalt tidspunkt når den skal begynne å finne føde. Øyero gn graves ned rett før klekking, helst på lavere til middels vannføring. For å unngå flom kan rogn plantes tidligere. Rogn skal plantes på 70-90 % utvikling.

Retningslinjene fra forvaltningen tilsier at kultivering kun bør gjøres etter at andre kompensere nde tiltak har blitt forsøkt (Anon. 2014a). Gytebestandsmålet er for det meste oppnådd i Loneelva og tilslaget fra de to evaluerte årsklassene tilsier at kultiveringen ikke bidrar vesentlig til at gytebestandsmålet er nådd. Det er sannsynlig at gytebestandsmålet vil bli nådd også dersom kultiveringen avvikles.

6.5.1 Konklusjoner og anbefalinger

1. Det meste av laksen i Loneelva som stammer fra gyteårene 2014 og 2015 var naturlig produsert og gytebestandsmålet er for det meste oppnådd. Det er sannsynlig at gytebestandsmålet vil bli oppnådd også dersom kultiveringen avvikles.
2. Dersom kultiveringen vedvarer, bør det benyttes slektskapsanalyser for å unngå kryssninger mellom slektninger og unngå gjenbruk av utsatt fisk.
3. Stamfiskutvalget bør være tilfeldig og representere alders- og størrelsesfordelingen til bestanden. Gyteparr kan med fordel også benyttes som stamfisk.
4. Det bør brukes like mange hunner som hanner og antall befruktet rogn fra hver familie bør være likt, for å unngå overrepresentasjon av enkelte familier.
5. Det bør gjøres tiltak for å forbedre overlevelsen til utsatte individer, for eksempel ved å gjøre utsettinger på et optimalt tidspunkt i forhold til elvetemperatur og utviklingsstadium og eventuelt å fordele utsettingene fra samme familier på flere utsettingsstadier.
6. Individer som ikke blir godkjent i opphavskontroll skal ikke brukes i kryssninger.

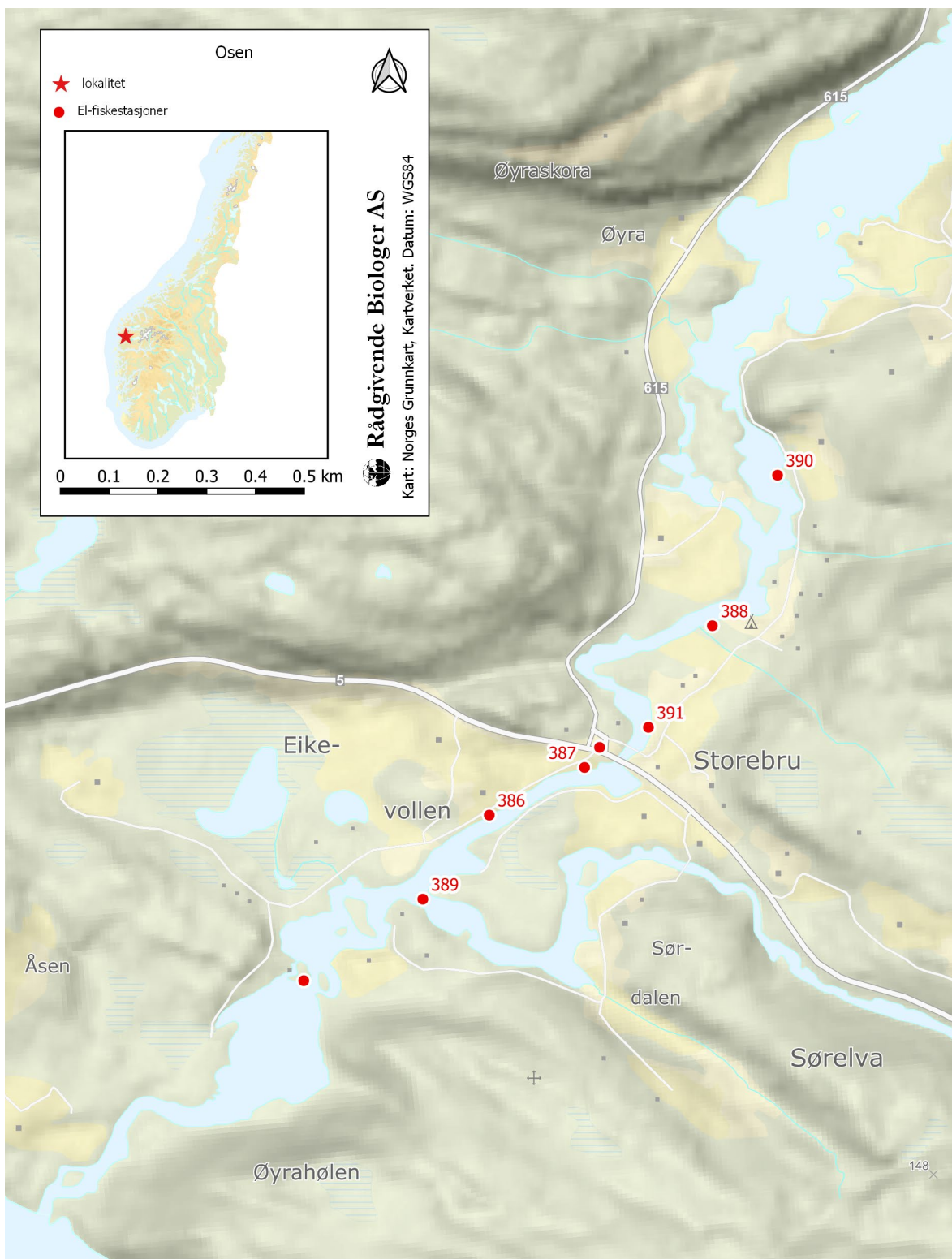
7 Referanser

- Ackerman, M.W., Hand, B.K., Waples, R.K., Luikart, G., Waples, R.S., Steele, C.A., Garner, B.A., McCane, J. & Campbell, M.R. 2017. Effective number of breeders from sibship reconstruction: empirical evaluations using hatchery steelhead. *Evolutionary Applications* 10: 146-160.
- Anon. 2014a. Retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. Miljødirektoratet, M186-2014. 12 s.
- Anon. 2014b. Status for norske laksebestander i 2014. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 6, 225 s.
- Araki, H., Cooper, B. & Blouin, M.S. 2007. Genetic Effects of Captive Breeding Cause a Rapid, Cumulative Fitness Decline in the Wild. *Science* 318(5847): 100.
- 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., Sægrov, 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.
- Berg, M. 1986. Det norske lakse- og innlandsfiskets historie, Universitetsforlaget AS, Oslo.
- Bolstad, G.H., Hindar, K., Robertsen, G., Jonsson, B., Sægrov, H., Diserud, O.H., Fiske, P., Jensen, A.J., Urdal, K., Næsje, T.F., Barlaup, B.T., Florø-Larsen, B., Lo, H., Niemelä, E. & Karlsson, S. 2017. Gene flow from domesticated escapes alters the life history of wild Atlantic salmon. *Nature Ecology & Evolution* 1: 0124.
- Bolstad, G.H., Karlsson, S., Hagen Ingerid, J., Fiske, P., Urdal, K., Sægrov, H., Florø-Larsen, B., Sollien Vegard, P., Østborg, G., Diserud Ola, H., Jensen Arne, J. & Hindar, K. 2021. Introgression from farmed escapees affects the full life cycle of wild Atlantic salmon. *Science Advances* 7(52): eab
- Bremset, G., Holthe, E., Berg, M., Museth, J., Jensås, J.G. & Ulvan, E.M. 2019. Fiskebiologiske undersøkelser i Røssåga. Årsrapport for 2018. NINA Rapport 1558. Norsk institutt for naturforskning.
- Caballero, A. 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity* 73 (Pt 6): 657-679.
- Christie, M.R., Marine, M.L., French, R.A., Waples, R.S. & Blouin, M.S. 2012. 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
- Ferchaud, A.L., Perrier, C., April, J., Hernandez, C., Dionne, M. & Bernatchez, L. 2016. Making sense of the relationships between N_e , N_b and N_c towards defining conservation thresholds in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Heredity* 117(4): 268-278.
- Gabrielsen, S-E., Skår, B., Halvorsen, G.A., Barlaup, B.T., Lehmann, G.B., Wiers, T., Normann, E. & Skoglund, H. 2019. Daleelva - Langsiktige undersøkelser av laks og sjøaure i perioden 2006-2016 («LIV II»). LFI rapport 341.
- Glover, K. A., Solberg, M. F., McGinnity, P., Hindar, K., Verspoor, E., Coulson, M. W., Hansen, M. M. et al. 2017. Half a century of genetic interaction between farmed and wild Atlantic salmon: status of knowledge and unanswered questions. *Fish and Fisheries*, 18: 890–927.
- Hagen, I.J., Jensen, A.J., Bolstad, G.H., Diserud, O.H., Hindar, K., Lo, H. & Karlsson, S. 2019. Supplementary stocking selects for domesticated genotypes. *Nature Communications* 10(1): 199.
- Hagen, I.J., Ugedal, O., Jensen, A.J., Lo, H., Holthe, E., Bjørn, B., Florø-Larsen, B., Sægrov, H., Skoglund, H. & Karlsson, S. 2020. Evaluation of genetic effects on wild salmon populations from stock enhancement. *ICES Journal of Marine Science*.
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Sægrov, H., Hellen, B.A., Øygard, J.-I. & Lo, H. 2021a. Genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva. Norsk institutt for naturforskning (NINA).
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Urdal, K. & Hellen, B.A. 2021b. Evaluering av kultivering av laks i Korsbrekelva. Norsk institutt for naturforskning (NINA).

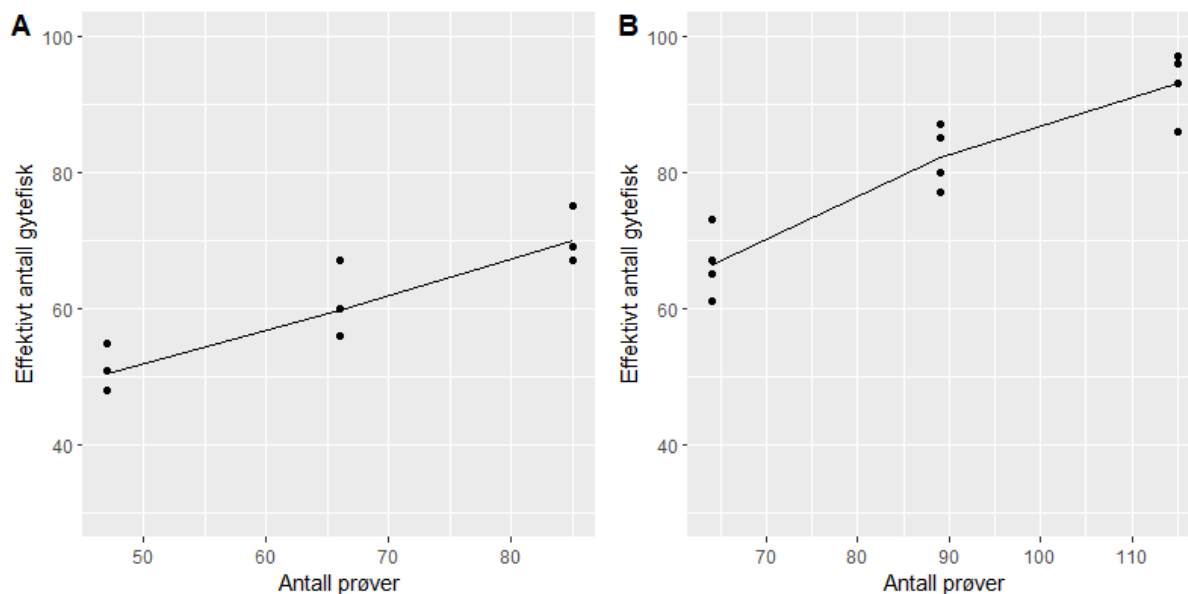
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Fiske, P., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2021c. Evaluering av kultivering i Ørstaelva. Norsk institutt for naturforskning (NINA).
- Hagen, I.J., Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., Florø-Larsen, B. & Sollien, V.P. 2022. Evaluering av frivillig kultivering i Fetvassdraget. Norsk institutt for naturforskning (NINA).
- Jones, O.R. & Wang, J. 2010. COLONY: a program for parentage and sibship inference from multi-locus genotype data. *Molecular Ecology Resources* 10(3): 551-555.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Jonsson, M. 2019. Supportive breeders of Atlantic salmon *Salmo salar* have reduced fitness in nature. *Conservation Science and Practice* 1(9): e85.
- 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., 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., Florø-Larsen, B., Havn, J. B., Sollien, V.P., Tønder, T. S., Andersskog, I. P. Ø., Brandsegg, H., Eriksen, L. B. & Spets, M. H. 2022. Stamlakskontroll 2021. NINA Rapport 2133. Norsk institutt for naturforskning.
- Korsen, I., Johansen, O., Mork, J., Steinkjer, J. & Weiseth, A. 1988. Vurdering av kultiveringsvirksomheten, og bruk av stedegen fiskestamme til utsettinger. Innstilling fra stamfiskutvalget, Trondheim, Februar 1988.
- Kålås, S. & G.H. Johnsen 2000. Biologisk delplan for Storelva i Arna. Rådgivende Biologer AS. Rapport nr. 441, 28 sider.
- NVE (Norges vassdrags- og energidirektorat). 2022. <https://atlas.nve.no/>
- 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(3): 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(1): e54469.
- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Lehmann, G.B., Normann, E.S., Wiers, T., Skår, B., Pulg, U., Vollset, K.W., Velle, G., Gabrielsen, S-E. & Stranzl, S. 2015. Gytefisktelling, kartlegging og uttak av rømt oppdrettslaks i elver på Vestlandet høsten 2014. LFI-rapport nr: 242
- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Normann, E.S., Wiers, T., Lehmann, G.B., Skår, B., Pulg, U., Vollset, K.W., Velle, G., Gabrielsen, S-E. & Stranzl, S. 2016. Gytefisktelling og uttak av rømt oppdrettslaks i elver på Vestlandet høsten 2015. LFI-rapport nr: 266
- Skoglund, H., Wiers, T., Normann, E.S., Landro, Y. & Postler, C. 2020. Gytefisktelling i BKK-regulerte elver høsten 2020. LFI rapport 401.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2022. Status for norske laksebestander i 2022. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 17, 125 s. <https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>

- Wacker, S., Aronsen, T., Karlsson, S., Ugedal, O., Diserud, O. H., Ulvan, E. M., Hindar, K., Næsje, T. 2021. Selection against individuals from genetic introgression of escaped farmed salmon in a natural population of Atlantic salmon. *Evolutionary Applications*, 14: 1450-1460.
- Wacker, S., Aronsen, T., Hagen, I.J., Karlsson, S., Berntsen, H.H., Skoglund, H., Solem, Ø., Sæggrov, H. & Ugedal, O. 2022. Estimering av effektivt antall gytefisk fra stikkprøver av ungfisk av laks. Betydning av genetiske markører, antall prøver og romlig fordeling. HydroCen rapport 28. Norwegian Research Centre for Hydropower Technology
- Wang, J.L. 2009. A new method for estimating effective population sizes from a single sample of multilocus genotypes. *Molecular Ecology* 18(10): 2148-2164.
- Wiers, T. & Gabrielsen, S-E. 2011. Rognplanting i Osenvassdraget, Flora kommune. LFR Rapport nummer 196.
- Wist, A.N., Bjørn, B., Sollien, V.P. og Skjøstad, M.B. 2019. Reetableringsprosjektet i Raumaregionen. Årsrapport 2018. Veterinærinstituttets rapportserie, 21-2019.

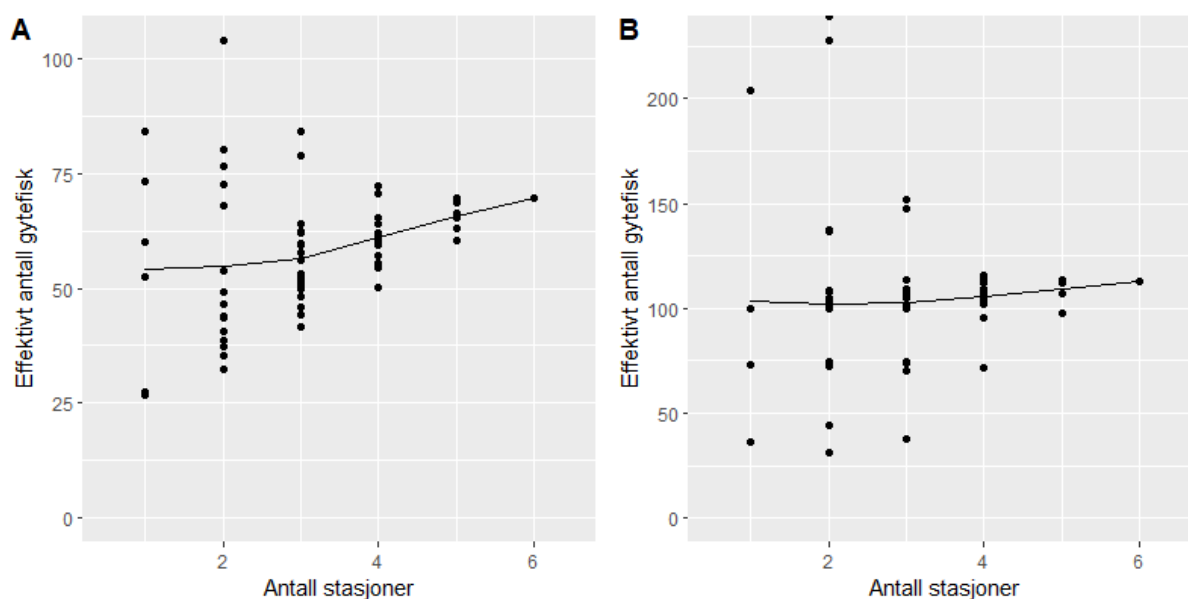
8 Vedlegg



Figur V1: Deler av Osenelva Vestre Hyen. Elfiskestasjoner hvor ungfisk ble samlet inn er indikert med røde punkter.



Figur V2: Effektivt antall gytefisk estimert for gyteår 2019 (A) og 2020 (B) fra ulikt antall ungfisk-prøver fra Osenelva. Hver sirkel viser en analyse i programmet COLONY og linjen forbinder gjennomsnitt.



Figur V3. Effektivt antall gytefisk for gyteår 2019 (A) og 2020 (B) beregnet fra slektskap blant ungfisk i Osenelva. Ungfisk ble innsamlet ved elfiskestasjoner og effektivt antall gytefisk er beregnet ved gjentatt utvalg av prøver fra ulikt antall stasjoner. Dette ble gjort for alle mulige kombinasjoner av et gitt antall innsamlingsstasjoner. Hver svarte sirkel viser en kombinasjon av innsamlingsstasjoner og linjen forbinder gjennomsnittene.

Tabell V1. Slektskap blant gyteår 2019 ungfisk (1+ alder) innsamlet ved seks elfiskestasjoner i Osenelva. Tabellen viser antall prøver (N), andel halvsøskenpar (antall halvsøskenpar/ antall parvise sammenlikninger), andel helsøskenpar (antall helsøskenpar/ antall parvise sammenlikninger) og effektivt antall gytefisk innenfor stasjon (N_{eVill}).

	VP386	VP387	VP388	VP389	VP390	VP391
N	6	11	19	7	23	29
Halvsøsken	0,07	0,05	0,05	0,05	0,11	0,10
Helsøsken	0	0	0,01	0	0,02	0,02
N_{eVill}	--	73	53	--	27	27

Tabell V2. Slektskap blant gyteår 2020 ungfisk (0+ alder) innsamlet ved seks elfiskestasjoner i Osenelva. Tabellen viser antall prøver (N), andel halvsøskenpar (antall halvsøskenpar/ antall parvise sammenlikninger), andel helsøskenpar (antall helsøskenpar/ antall parvise sammenlikninger) og effektivt antall gytefisk innenfor stasjon (N_{eVill}).

	VP386	VP387	VP388	VP389	VP390	VP391
N	10	18	65	1	33	1
Halvsøsken	0,07	0,02	0,04	--	0,05	--
Helsøsken	0,02	0	0	--	0	--
N_{eVill}	36	204	100	--	73	--

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: 978-82-426-4967-6

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