

1987

NINA Rapport

## Genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva

Ingerid Julie Hagen, Sten Karlsson, Harald Sægrov, Bjart Are Hellen, Jan-Idar Øygard og Håvard Lo



## **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.

# Genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva

Ingerid Julie Hagen  
Sten Karlsson  
Harald Sægrov  
Bjart Are Hellen  
Jan-Idar Øygard  
Håvard Lo

Hagen, I.J., Karlsson, S., Sægrov, H., Hellen, B.A., Øygard, J.-I. & Lo, H. 2021. Genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva. NINA Rapport 1987. Norsk institutt for naturforskning

Trondheim, oktober 2021

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4766-5

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Odd Terje Sandlund

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Hydro Energi

OPPDRAKSGIVERS REFERANSE

72.311.001

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Knut Stokkenes

FORSIDEBILDE

Fortundalselva © Jan-Idar Øygard

NØKKELOD

Fortunelva

Kultivering

Reetablering

Laks

Innkrysning

Slektskapstre

Genetikk

Stamfisk

KONTAKTOPPLYSNINGER

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

**NINA Oslo**  
Sognsveien 68  
0855 Oslo  
Tlf: 73 80 14 00

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

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

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

[www.nina.no](http://www.nina.no)

## Sammendrag

Hagen, I.J., Karlsson, S., Sægrov, H., Hellen, B.A., Øygard, J.-I. & Lo, H. 2021. Genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva. NINA Rapport 1987. Norsk institutt for naturforskning.

I dette prosjektet har vi benyttet genetiske analyser til å spore utsatt laks i Fortunelva og undersøke den genetiske sammensetningen i bestanden ved hjelp av prøver samlet inn fra 1970-tallet til 2020. Med dette materialet har vi vurdert den naturlige produksjonen i Fortunelva i forhold til bidraget fra kultivering, kvantifisert graden av genetiske endringer over tid, bygd opp et nær fullstendig slektskapstre for stamfisken og kvantifisert graden av innkrysning av rømt oppdrettslaks i ungfisk og voksenfisk. Vi har brukt denne informasjonen til å gjøre en samlet vurdering av kultivering i Fortunelva og til å gi konkrete råd om fremtidig praksis ved valg av stamfisk.

De genetiske undersøkelsene av laksen i Fortunelva viser at det skjer naturlig gyting og rekruttering av laks på hele den anadrome strekningen. I områder i øvre del av elven dominerte likevel kultivert laks utsatt som plommeseekyngel blant ungfiskene. Blant stamfisken er andelen kultivert fisk høy, og ligger over 50 % for alle fangstår etter 2013. Dette tilsier at andelen kultivert fisk i gytebestanden sannsynligvis er tilsvarende høy og at kultiveringen sannsynligvis har stor påvirkning på bestanden i Fortunelva. Resultatene av analysene tilsier at det er en lav grad av innavl blant stamfisken i Fortunelva, og da sannsynligvis også i gytebestanden. Mange individer med opphav i kultiveringsprogrammet i Fortunelva har blitt fanget i Årdalsvassdraget. Kultiveringsprogrammet i Fortunelva har dermed hatt en påvirkning ut over laksebestanden i Fortunelva.

Analyser som sammenlikner historiske prøver fra 1970-tallet med prøver av stamlaks samlet fra 2000 – 2020, og to årsklasser av ungfisk, tilsier at laksebestanden i Fortunelva har en annen genetisk sammensetning fra 2000 og fremover sammenliknet med bestanden på 1970-tallet. Feilvandret laks med andre allelfrekvenser kan ha bidratt til å endre den genetiske sammensetningen i Fortunelva. Analysene indikerer at nye mitokondrielle haplotyper har blitt tilført bestanden. Analyser av variasjon rundt funksjonelt viktige gener viste signifikante endringer i allelfrekvens i løpet av perioden 2000 – 2020. Dette kan tilsie at bestanden i Fortunelva er gjenstand for et endret seleksjonstrykk i elva og/eller i havet. Det kan heller ikke utelukkes at allelfrekvensen har endret seg på grunn av seleksjon i anlegget eller ved tilfeldigheter fra valg av stamfisk og bidraget som enkelte stamfiskfamilier har gitt til den naturlige bestanden. Rømt oppdrettslaks og/eller villaks med sannsynlig oppdrettsopphav gyter i Fortunelva. Innkrysning med rømt oppdrettslaks kan også føre til genetiske endringer.

Kultiveringsprogrammet i Fortunelva er godt egnet til å benytte den samme prosedyren for valg av stamfisk som brukes ved de norske genbankene for anadrom fisk. Slektskapstreet gir informasjon om hvor mange generasjoner ulike individer kan spores tilbake til kjent opphav, og om det relative bidraget til hvert individ. Vi anbefaler at denne informasjon også inkluderes ved valg av stamfisk for å unngå overrepresentasjon av enkelte familier.

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

[ingerid.hagen@nina.no](mailto:ingerid.hagen@nina.no)

Sten Karlsson, NINA, [sten.karlsson@nina.no](mailto:sten.karlsson@nina.no)

Harald Sægrov, Rådgivende Biologer AS, Edvard Griegs vei 3, 5059 Bergen;

[harald.sægrov@radgivende-biologer.no](mailto:harald.sægrov@radgivende-biologer.no)

Bjart Are Hellen, Rådgivende Biologer AS; [bjart.are.hellen@radgivende-biologer.no](mailto:bjart.are.hellen@radgivende-biologer.no)

Jan-Idar Øygard, Hydro Energi, Fortundalen 130, 6877 Fortun; [Jan-Idar.Oygard@hydro.com](mailto:Jan-Idar.Oygard@hydro.com)

Håvard Lo, Veterinærinstituttet, Postboks 4024, Angelltrøa, 7457 Trondheim;

[havard.lo@vetinst.no](mailto:havard.lo@vetinst.no)

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>4</b>
<b>Forord</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
1.1 Fortunelva .....	6
1.2 Kultivering av laks i Fortunelva.....	6
1.3 Genetiske effekter av kultivering .....	7
1.4 Reetablering av laksebestander og utveksling mellom bestander .....	7
1.5 Prosjektets delmål.....	8
<b>2 Materialer og metode</b> .....	<b>9</b>
2.1 Prøvemateriale fra Fortundalselva .....	9
2.2 Genetisk tilordning til stamfiskforeldre.....	10
2.3 Bruk av stamfisken og variasjon i antall avkom.....	11
2.4 Effektivt antall foreldre som bidro til naturlig gyting i 2012 og 2017.....	11
2.5 Slektskap innen stamfisken.....	11
2.5.1 Pedigree analyser.....	11
2.5.2 Innavlsanalyser.....	12
2.6 Optimal bruk av stamfisken .....	12
2.7 Analyser av genetisk struktur .....	12
2.8 Beregning av genetisk innkrysning av oppdrettslaks.....	12
<b>3 Resultater</b> .....	<b>13</b>
3.1 Naturlig produksjon og tilslag av kultivert fisk basert på ungfiskundersøkelser .....	13
3.2 Effektivt antall foreldre som bidro til naturlig gyting i 2012 og 2017.....	14
3.3 Bruk av stamfisken og variasjon i antall avkom.....	15
3.4 Slektskap innen stamfisken.....	16
3.4.1 Stamfiskens slektskapstre .....	17
3.4.2 Innavlsanalyser.....	18
3.5 Optimal bruk av stamfisken .....	19
3.6 Genetisk struktur basert på nøytrale markører .....	21
3.7 Genetisk struktur basert på funksjonelle markører .....	22
3.8 Genetisk struktur basert på mitokondrielle haplotyper .....	24
3.9 Innkrysning med rømt oppdrettslaks .....	25
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>28</b>
4.1 Naturlig produksjon og tilslag av kultivert ungfisk.....	28
4.2 Genetiske effekter av kultivering i Fortunelva .....	29
4.3 Optimal bruk av stamfisken .....	29
4.4 Innkrysning med rømt oppdrettslaks i Fortunelva.....	30
4.5 Genetiske endringer i bestanden over tid.....	30
4.6 Spredning av kultivert fisk .....	30
4.7 Anbefalinger for valg av stamfisk .....	30
4.8 Oppsummerende konklusjoner .....	31
4.9 Videre undersøkelser av laksen i Fortunelva .....	31
<b>5 Referanser</b> .....	<b>33</b>
<b>6 Vedlegg</b> .....	<b>36</b>

## Forord

I forbindelse med villkårsrevisjon og nye konsesjoner i Årdals- og Fortunvassdraget ble NINA kontaktet av Multiconsult ved Morten Kraabøl som har bistått Hydro med de miljøfaglige delene av denne prosessen. Hydro ba om at NINA leverte et tilbud på genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva med et spesielt ønske om å vurdere kultiveringspraksisen og gi råd om fremtidig kultiveringspraksis. Det ble spesielt uttrykt et ønske om å vurdere hvorvidt det er forsvarlig eller tilrådelig å benytte F1-generasjon settefisk som stamlaks. Det ble holdt oppstartsmøte for prosjektet 27. mai 2020, etterfulgt av et nytt møte 12. juni der prosjektgjennomføringen ble planlagt i detalj ut fra hvilke problemstillinger prosjektgruppen vurderte som mulig å besvare. I desember forelå de første preliminnære resultatene fra de genetiske analysene og disse ble diskutert på et møte 13. januar 2021 og fulgt opp med et avsluttende møte 10. februar 2021.

Vi vil takke Morten Kraabøl for assistanse for å igangsette dette prosjektet og for nyttige innspill underveis i prosessen og Knut Sokkenes som vært prosjektleder for Hydro. Vi vil også takke genetikklaboratoriet i NINA ved Ida Pernille Øystese Andersskog, Hege Brandsegg, Line Birkeland Eriksen og Merethe Hagen Spets for DNA ekstraksjon og genotyping. Sigmund Skår hos Rådgivende Biologer AS har laget kartet over Fortunvassdraget. Ola Diserud hos NINA analyserte innkrysning med rømt oppdrettslaks i ungfiskprøvene.

Sten Karlsson, oktober 2021

# 1 Innledning

## 1.1 Fortunelva

Fortunvassdraget i indre Sogn har vært regulert siden 1959. Etter kraftutbyggingen ble vannføringen i dette brevassdraget sterkt redusert i øvre del av anadrom strekning, og siden det ikke ble satt krav til minstevannføring kan vannføringen bli svært lav på den 8,5 km lange elvestrekningen ovenfor utløpet fra kraftverket ved Skagen (**figur 1**). Vanntemperatur, vannføring og turbiditet er faktorer som påvirker dominansforholdet mellom laks og sjøaure og produktiviteten i vassdraget. Alle disse faktorene er påvirket av reguleringen, men i ulik grad ovenfor og nedenfor Skagen (Hellen mfl. 2016, Sægrov mfl. 2020).

Oppstrøms utløpet fra kraftverket ved Skagen er vanntemperaturen om sommeren i snitt 1,5 – 2 °C høyere enn nedenfor utløpet. Nedenfor utløpet dominerer kaldt, leirholdig magasin vann om sommeren, men om vinteren er vanntemperaturen høyere enn ovenfor utløpet på grunn av tappingen av bunnvann fra magasinet. På denne strekningen er det krav om en minstevannføring på 3,75 m<sup>3</sup>/s.

I en utredning (Skurdal mfl. 2001) gjort av Direktoratet for naturforvaltning der laksebestander i Hordaland og Sogn og Fjordane ble vurdert i henhold til bestandsstatus, ble Fortunelva klassifisert som kategori 0, hvilket i Skurdal mfl. (2001) beskrives som «vassdrag som av naturlige årsaker ikke har en årlig gytebestand av laks». Fangststatistikken er mangelfull for Fortunelva, og det er bare oppgitt sporadiske fangster av laks og sjøaure i perioden 1969 – 1994. Ungfiskundersøkelser før regulering på 1950-tallet tilsa at sjøaure var den dominerende anadrome fiskearten i vassdraget (Rosseland 1956; 1957). Dette var også tilfelle i 1986 (Sættem 1987) og ved de årlige ungfiskundersøkelsene i perioden 2005 – 2019 (Sægrov mfl. 2020). I perioden 1995 til 2019 var snittfangsten 138 sjøaure per år, mens laksen var fredet fra 1989 til 2012. Etter 2012 økte innsiget av laks og det ble åpnet for fiske med lave kvoter og det ble kun tillatt å avlive fettfinneklippet laks. En relativt høy andel av laksen som ble fanget var fettfinneklippet og følgelig utsatt som smolt eller ensomrig settefisk. Ungfiskundersøkelsene har vist variabel rekruttering av laks i perioden 2005 – 2019, og det har vært høyest rekruttering i år med høy vanntemperatur i første halvdel av juli da lakseyngelen kommer opp fra gytegrusen og også i perioden etter at plommeseckkyngelen blir satt ut (Sægrov mfl. 2020). Andelen naturlig rekruttert og andelen kultivert laks utsatt som egg eller plommeseckkyngel blant ungfisken i Fortunelva har vært ukjent. Utsatt fisk av eldre stadier har vært fettfinneklippet og kunne dermed identifiseres direkte.

Laksebestanden er ikke vurdert av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning og det er ikke oppgitt gytebestandsmål, men ifølge Lakseregisteret ([Lakseregister innsyn \(fylkesmannen.no\)](http://Lakseregister.innsyn.fylkesmannen.no)) har bestanden svært dårlig status på grunn av høy innblanding av rømt oppdrettslaks (Diserud mfl. 2020), mens høstingspotensiale og gytebestandsoppnåelse er vurdert som moderat. Sjøaurebestanden er oppgitt å være redusert på grunn av vassdragsreguleringer og er klassifisert å ha dårlig tilstand (Anon 2019).

## 1.2 Kultivering av laks i Fortunelva

Etter kraftverksutbyggingen ble det i 1976 gitt pålegg om utsettinger av laks. Utsettingspålegget er på henholdsvis 15 000 smolt eller 5000 smolt og 40 000 ensomrig parr. På 80-tallet ble pålegget oppfylt ved å sette ut laks som ble kjøpt fra klekkeriet i Årøy. Nye krav til bruk av stedefen bestand førte til at det ble bygget eget klekkeri som sto ferdig høsten 1988. Fra 1989 – 1993 ble det fanget nok stamlaks til å oppfylle pålegget, men fra 1994 – 1999 var bestanden av laks så lav at det ble fanget få eller ingen laks og det ble istedenfor satt ut sjøørret. Fra 2000 ble det igjen fanget nok laks til å gjenoppta kultivering og med unntak av 2003 har det siden den gang blitt fanget nok stamlaks til å drive kultivering med utsett av 1-årig laksesmolt som hovedstrategi og et varierende antall ensomrig parr. Fra 2006 ble det også supplert med utsetting av øyerogn og etter hvert også uføret startfjøringsklar plommeseckkyngel. Siden 2012 har det blitt gjennomført genetiske slektskapsanalyser for å unngå krysning av nært beslektede individer og for å evaluere



resultatene av kultivering. Samtidig ble det også gjort endringer i praksis slik at rogn fra hvert par ble fordelt til smoltproduksjon, rognplanting og utsett av plommeseekkyngel.

### 1.3 Genetiske effekter av kultivering

Kultivering kan medføre både ønskede og uønskede genetiske endringer i en bestand. Dersom et lite antall stamfisk bidrar uforholdsmessig mye til bestanden kan dette medføre en reduksjon i effektivt antall foreldre, selv om det totale antallet individer i elven har økt (Ryman & Laikre 1991). Dette kan igjen føre til redusert genetisk variasjon og en mindre livskraftig og tilpasningsdyktig bestand. Videre er det viktig å minimere tilpasning som en følge av domestisering (domestiseringsseleksjon). Dette innebærer for eksempel endret genuttrykk som følge av oppdrettsmiljøet (epigenetiske effekter) (Christie mfl. 2016, Le Luyer mfl. 2017, Hagen mfl. 2019) og utilsiktet seleksjon for tilpasning til oppdrettsmiljø (Christie mfl. 2012a).

Et utvalg oppnevnt av Miljødirektoratet for å vurdere kultivering av anadrom laksefisk anbefalte at motivasjonen for kultivering av laks bør være bevaring av sårbare bestander og fortrinnsvis praktiseres etter at andre kompensierende tiltak er utprøvd (Skår mfl. 2011). Miljødirektoratet har utarbeidet retningslinjer for kultivering (Anon. 2014) og det har blitt laget en veileder for utsetting av fisk (Karlsson mfl. 2016a) som i stor grad bygger på anbefalinger fra stamfiskutvalgets innstilling i 1988 (Korsen mfl. 1988). Formålet med retningslinjene og veilederne er å sikre at genetisk variasjon og genetisk integritet i størst mulig grad opprettholdes i de kultiverte bestandene. Bevaring av genetisk variasjon innebærer riktig utvalg av stamfisk og å balansere antall stamfisk mot både utsatt fisk og antallet gytefisk i elven. Analyser av laksebestander i fem vassdrag der det drives kultivering i Norge har vist at andel kultivert laks i bestanden har stor betydning for hvilken effekt kultivering har hatt på den effektive bestandsstørrelsen (Hagen mfl. 2020). Dersom tilslaget ved kultivering er stort, kan utsetting av klekkerproduserte individer føre til store endringer i mottakerbestanden, mens effekten vil være liten dersom tilslaget er lite.

Kultiveringen av laksen i Fortunelva skiller seg fra de fleste andre kultiveringsprogrammene ved at det har vært og fortsatt er svært lav naturlig rekruttering. Utsettingene vil derfor utgjøre en forholdsvis stor andel av bestanden. I tillegg var kultiveringen i utgangspunktet basert på meget få stamfiskpar i år 2000. I Fortunelva har det i mange år blitt satt ut et høyt antall smolt, ensomrige parr, samt yngel og rogn. En stor andel (over halvparten i gyteårene etter 2013) av stamfisken er fettfinneklippet, hvilket tilsier at de er satt ut som smolt eller parr. Det er dermed sannsynlig at kultivering har en stor påvirkning på den effektive bestandsstørrelsen i Fortunelva og på genetisk variasjon i elvebestanden. Dette betyr igjen at den realiserte effekten av kultivering i stor grad akkumuleres over årsklassene, på grunn av at individer som er naturlig produsert i elven har stor sannsynlighet for å være avkom etter utsatt fisk og dermed være i nær slekt med tidligere brukt stamfisk. En evaluering som kvantifiserer det årsklassevise bidraget fra den kultiverte og naturlige delen av bestanden vil sannsynligvis underestimere effekten av kultivering i Fortunelva. En alternativ og bedre tilnærming er å bygge opp slektskapstreet til stamfisken for å kunne kvantifisere graden av slektskap mellom individer og i hvor mange generasjoner vi kan spore slektskapet til stamfisk bakover i slektskapstreet.

### 1.4 Reetablering av laksebestander og utveksling mellom bestander

Molekylærgenetiske metoder kan gi informasjon om en bestands opphav og størrelse og om bestanden er isolert eller gjenstand for utveksling av individer med andre bestander. Genetisk variasjon innen og mellom bestander påvirkes av tilfeldig genetisk drift, utveksling av individer med andre bestander (genflyt) og naturlig seleksjon. Store bestander er mindre påvirket av tilfeldige genetiske endringer (genetisk drift) og har dermed et mindre tap av genetisk variasjon og har som regel mer genetisk variasjon enn mindre bestander (Wright 1931; Frankham 1995). Samtidig vil bestander som er gjenstand for utveksling med andre bestander være genetisk mer like andre bestander enn det isolerte bestander er (Wright, 1943). Genetisk drift innebærer at frekvensen av ulike genvarianter (alleler) endrer seg innen bestanden som følge av tilfeldigheter. Dette fører til genetiske forskjeller mellom bestander. Genetiske forskjeller mellom bestander

motvirkes ved utveksling av gener mellom bestandene (genflyt). Graden av parvis genetisk isolasjon mellom bestander kan måles ved en fikseringsindeks, såkalt  $F_{ST}$ -verdi (Wright, 1943).

Laks er oppdelt i genetisk adskilte bestander med en liten grad av feilvandring (genflyt) mellom bestandene (Bourret mfl. 2013, Ozerov mfl. 2017). Begrenset genflyt mellom laksebestander og store forskjeller i elvemiljø gjør at laksen ved naturlig seleksjon også er genetisk tilpasset de ulike vassdragene (Garcia de Leaniz mfl. 2007, Barson mfl. 2015). Den genetiske strukturen og de lokale genetiske tilpasningene vil gå tapt dersom bestandene blir kraftig redusert eller forsvinner. Den lokale genetiske integriteten og tilpasningen vil også bli nedbrutt av genflyt via laks fra fremmede bestander (Östergren mfl. 2021) eller innkrysning med rømt oppdrettslaks (Karls-son mfl. 2016b, Diserud mfl. 2020).

Laksebestanden i Fortunelva ble svært redusert på 1990-tallet. Kraftverksutbyggingen førte til endringer i vannføring og vanntemperatur (Hellen mfl. 2016), noe som igjen førte til spesielt vanskelige rekrutteringsforhold for laks tidlig på 1990-tallet. I tillegg ble vannet til settefiskanlegget frem til 1993 hentet fra kraftstasjonen der alle nyere målinger har vist lavere pH og høyere nivå av labilt aluminium enn det som måles i dagens vannforsyning fra Bergselva (jmfør driftsrapport av 1991 for Skagen Kraftverk). Den tidligere dårlige vannkjemien kan ha ført til at kultiveringen ikke ga et vesentlig bidrag de første årene. På slutten av 90-tallet ble bestanden reetablert med et lite antall laks som utgangspunkt. Disse individene stammet sannsynligvis fra en rest av den bestanden som var igjen etter 90-tallet og feilvandret laks fra nærliggende vassdrag. Mørkridselva munner ut like ved utløpet til Fortunelva og er den mest sannsynlige kilden til feilvandret laks i Fortunelva. Både Mørkridselva og Fortunelva er sommerkalde breelver, og sjøaure er den dominerende anadrome arten. Det har årlig blitt fanget laks i Mørkridselva utenom perioden fra 1989 til 2010, da laksen var fredet.

## 1.5 Prosjektets delmål

Følgende delmål har blitt definert for prosjektet:

1. Undersøke hvor stor den naturlige produksjonen i elven er i forhold til utsatt fisk for to gyteårsklasser av ungfisk.
2. Sammenlikne den genetiske variasjonen i stamfisken med en historisk referanse for å vurdere hvorvidt den genetiske integriteten og variasjonen har blitt ivarettatt eller reetablert etter at bestanden ble svært fåtallig på 1990-tallet.
3. Bygge opp et slektskapstre for stamfisken som har blitt brukt i Fortunelva fra 2000 til 2020. Dette vil danne et grunnlag for å vurdere status og videre strategi for valg av stamfisk.
4. Beregne graden av slektskap og genetisk variasjon innen stamfisken, og vurdere om stamfisken er gjenstand for noen grad av innavl.
5. Gi en samlet vurdering av kultiveringen i Fortunelva og gi konkrete råd om en fremtidig praksis i valg av stamfisk og utsettinger.

## 2 Materialer og metode

### 2.1 Prøvemateriale fra Fortundalselva

I dette prosjektet har vi benyttet et stort skjellmateriale som omfatter historiske prøver fra 1970-tallet, all stamfisk som er samlet inn fra 2000 – 2020 og ungfisk fra to årsklasser (**tabell 1** og **figur 1**).

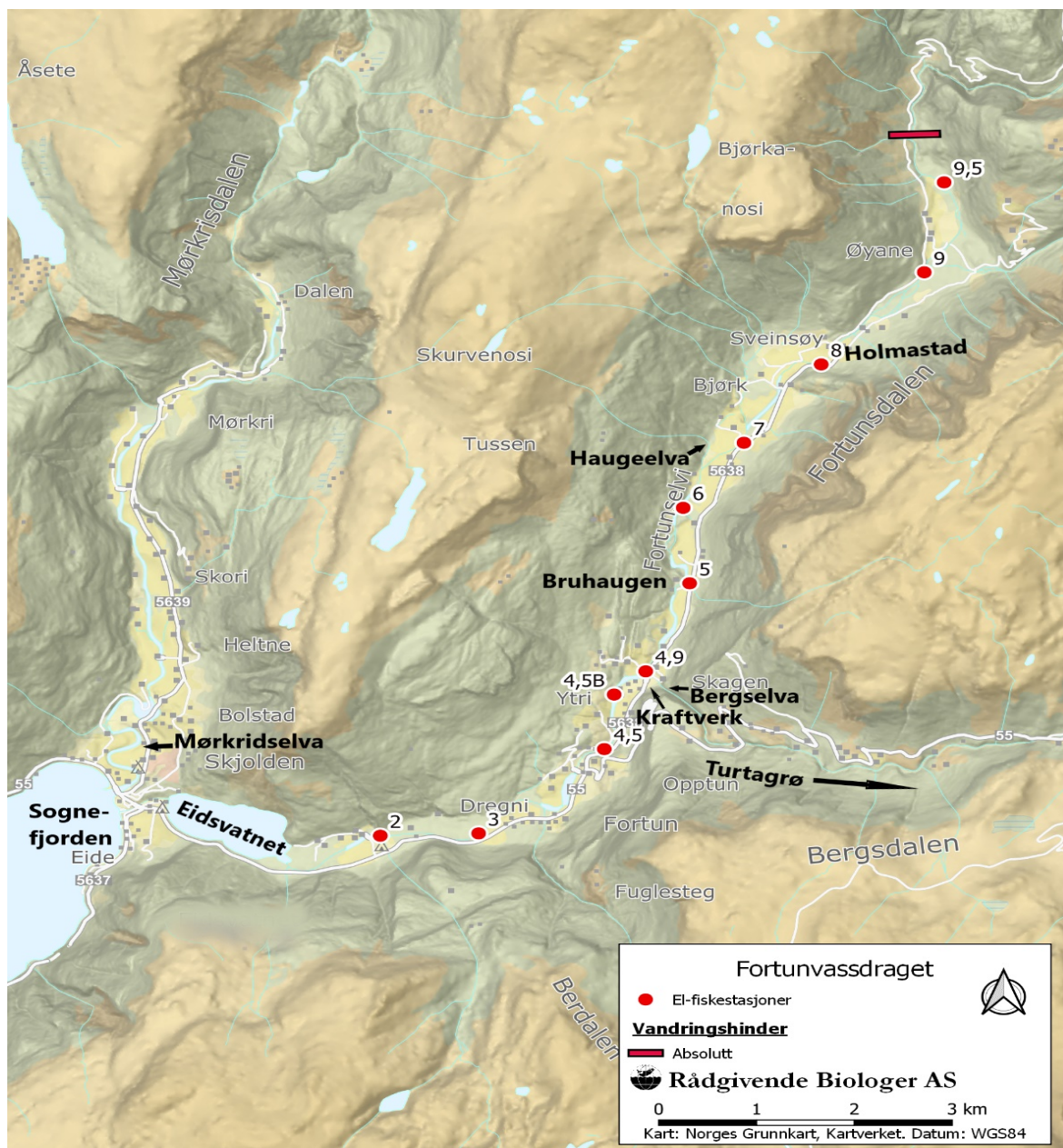
**Tabell 1:** Prøvemateriale, antall prøver og fangstår for skjellprøvene som er benyttet i prosjektet.

Prøvemateriale	Antall prøver	Fangstår
Historiske	102	1970 – 1976
Stamfisk	429	2000 – 2020
Ungfisk årsklasse 2012	100	2014
Ungfisk årsklasse 2017	175	2019

Stamfisk ble tilordnet gyteår basert på lesing av vekstmønster i skjell for å bestemme ferskvannsalder og sjøalder (Lund & Hansen 1991). Individene som er fanget under stamfisket representerer gytebestanden i elva det året de ble fanget.

Ungfiskmaterialet ble innsamlet ved standard elektrofiske på 10 stasjoner i Fortunelva høstene 2013 og 2019 (**figur 1**). Det ble fisket på 4 stasjoner nedenfor utløpet fra Skagen kraftstasjon, og denne elvedelen betegnes videre i rapporten som «nede». På den anadrome elvestrekningen ovenfor Skagen kraftstasjon, heretter betegnet som «oppe», ble det fisket på 6 stasjoner. Lakseungene ble tilordnet gyteårsklasse basert på alder ut fra analyse av otolitter (for detaljer: se Sægrov mfl. 2020).

Prøvene som er listet i **tabell 1** ble genotypet for 96 SNP-markører (Single Nucleotide Polymorphisms) som gir informasjon om slektskap, genetisk likhet og sannsynlighet for oppdrettsopphav. Av de 96 genetiske markørene er 68 nøytrale, hvilket betyr at de ligger i områder av genomet (arvestoffet) som ikke koder for gener og som dermed ikke (i vesentlig grad) er utsatt for naturlig seleksjon. Genetiske forskjeller i disse markørene reflekterer dermed nøytrale prosesser som genflyt (utveksling) og tilfeldig genetisk drift. Femten markører er lokalisert i det mitokondrielle arvestoffet. Til forskjell fra kjerne-DNA som nedarves fra både mor og far, nedarves det mitokondrielle arvestoffet kun fra mor. Tretten genetiske markører er funksjonelle, hvilket betyr at de er lokalisert i eller like ved (i kobling med) gener som vi vet er gjenstand for naturlig seleksjon. Disse genene omfatter blant annet *vgll3* og *six6*, som forklarer en stor grad av alder ved kjønnsmodning hos laks og viser store genetiske forskjeller mellom laksebestander (Barson mfl. 2015).



**Figur 1:** Fortunelva med elektrofiskestasjoner og Skagen kraftverk inntegnet. Samløpet med Bergselva er skillet mellom nede og oppe i Fortunelva.

## 2.2 Genetisk tilordning til stamfiskforeldre

Kultivert fisk ble tilordnet stamfiskforeldre basert på prinsippet om mendelsk nedarving. Dette innebærer at avkom arver ett av to gener fra hver av foreldrene. For hver genetisk markør som ble analysert var et avkom nødt til å ha sammenfallende genotype med minst én av mors og én av fars to gener på samme markør. Ved å analysere et tilstrekkelig høyt antall markører kan vi med tilnærmet 100 % sikkerhet identifisere hvilke foreldre et individ har. I denne analysen brukte vi genotyper for 81 SNP-markører. Analysen ble utført ved hjelp av et skript i Visual Basic (Thomas Moen, AquaGen AS, upublisert) og ble utført for både ungfisk og individer samlet inn som stamfisk.

All stamfisk samlet inn for et gitt gyteår ble satt som mulige foreldre, uavhengig av oppgitt kjønn og om de var inkludert i eventuelle krysningslister. Tilordnete foreldrepar ble i etterkant undersøkt

for kjønn og om de var oppgitt som krysninger i krysningslistene. Genetisk tilordning av avkom til stamfiskforeldre ble ytterligere kvalitetssikret ved å sammenlikne mitokondriell haplotype (basert på 15 mitokondrielle SNPer) hos hunnstamfisk med avkom. Prinsippet her er at mødre og avkom er nødt til å ha samme haplotype, da mitokondriene i sin helhet og utelukkende nedarves fra mor til avkom. Alle foreldre – avkom par ble sjekket mot krysningslister. Både ungfisk og stamfisk ble tilordnet stamfiskforeldre. For å kunne tilordne alle individer med opphav i stamfisk er det nødvendig med prøver fra all stamfisk. Fra enkelte gyteår var det ikke tilgjengelig prøve-materiale fra all stamfisk som ble brukt i krysninger. Dette gjelder særlig 2002, da ingen stamfiskprøver er tilgjengelig. Videre mangler det enkeltindivider fra 2008, 2009, 2010, 2012 og 2013. Fettfinneklippede individer som ikke ble tilordnet foreldre har sannsynligvis opphav i stamfisken som det mangler prøver fra. I 2012 og 2013 ble det sendt prøver av stamfisk til NOFIMA for slektskapsanalyse. I disse analysene var alle prøver representert. Vi har derfor supplert foreldretilordning med resultater fra NOFIMA for de manglende prøvene. Alle overlappende foreldretilordninger i dette prosjektet og de fra NOFIMA var sammenfallende. Voksente avkom (stamfisk) som av NOFIMA var blitt tilordnet stamfiskforeldre ble analysert sammen med ungfiskprøvene i dette prosjektet, for å identifisere mulige hel- og halvøsken mellom disse, og dermed om de var avkom til stamfisken som vi manglet prøver fra.

### **2.3 Bruk av stamfisken og variasjon i antall avkom**

Effektivt antall foreldre er som regel forskjellig og ofte mindre enn faktisk antall foreldre. Dersom bidraget fra forskjellige stamfisk er svært skjevt, vil dette føre til at det effektive antallet foreldre blir lavere enn faktisk antall foreldre. For alle gyteår ble det beregnet gjennomsnittlig antall avkom per stamfisk og varians i antall avkom som ble produsert. Dette ble gjort samlet for begge kjønn, på grunn av det var så få individer som ble tilordnet stamfisk de ulike gyteårene. Dersom et fåtall stamfisk får mange avkom som returnerer som voksen gytefisk og bidrar uforholdsmessig mye til den samlede bestanden, kan dette lede til at den totale effektive bestandsstørrelsen (bidraget fra stamfisk og bidraget fra vill gytefisk) blir redusert som følge av kultivering. Variansen i antall avkom produsert per stamfisk gir informasjon om hvor ulikt bidraget fra hver familiegruppe er.

### **2.4 Effektivt antall foreldre som bidro til naturlig gyting i 2012 og 2017**

Beregning av effektivt antall foreldre som har gitt opphav til den naturlig rekrutterte ungfisken i de to årsklassene ble gjort ved å benytte en såkalt «Sibship» metode (Wang 2009) som er implementert i programmet COLONY 2.0.2.3 (Jones & Wang 2010). I denne analysen identifiseres halv- og helsøsken ut fra genotypisk likhet. Ut fra sammensetningen av hel- og halvøsken og ubeslektede individer i stikkprøven blir deretter effektivt antall foreldre i bestanden estimert. Individer som ikke ble tilordnet stamfiskforeldre eller som ikke var helsøsken med kultivert voksfisk indentifisert av NOFIMA, ble definert som naturlig produsert (ikke kultivert).

### **2.5 Slektskap innen stamfisken**

Graden av slektskap innen stamfisk og hvilken betydning dette kan ha for innavl og genetisk variasjon ble analysert ved hjelp av to forskjellige tilnærminger:

#### **2.5.1 Pedigree analyser**

Det ble satt opp et slektskapstre (pedigree) for all stamfisk som ble analysert genetisk. Ut fra dette ble det avdekket hvor mange av dagens stamfisk som har slektskap bakover i tid og i hvor mange ledd. Slektskapstreet ble visualisert med programmet Pedigree Viewer 6.5.

## 2.5.2 Innavlsanalyser

Beregning av individuell innavlskoeffisient for hver stamfisk ble utført i programmet PLINK 1.9 (Purcell mfl. 2007). Statistiske analyser av innavlskoeffisient ble utført i hjelp av en «linear mixed» modell i programvaren R. Vi har vurdert om innavlskoeffisient har endret seg over tid. I modellen har vi brukt kjønn som «random» faktor.

## 2.6 Optimal bruk av stamfisken

Ny stamfisk som er i slekt med tidligere brukt stamfisk skal fortrinnsvis ikke brukes i kultivering, og særlig ikke dersom tidligere brukte slektninger har bidratt mye til bestanden. Etter innsamling av stamfisk er det derfor viktig å beregne individenes slektskap til hverandre og til tidligere brukt stamfisk. I Fortunelva vil mange nyinnsamlede individer være i slekt med hverandre og med tidligere brukt stamfisk. Det kan derfor være vanskelig å utelukkende krysse individer som ikke har opphav eller slekt i utsettinger. Bidraget fra tidligere brukte stamfiskslektninger bør dermed vektas, slik at stamfisk med slektninger som har bidratt lite, brukes i større grad enn stamfisk med slektninger som har bidratt mye. I Fortunelva har slektskapsanalyser blitt utført siden 2012, for å unngå å krysse nært beslektede individer. Vi har brukt stamfisken som ble samlet inn og godkjent i 2020 for å illustrere betydningen av å beregne stamfiskenes parvise slektskap. Parvist slektskap mellom de forskjellige nyinnsamlede stamfiskene ble beregnet i programmet COANCESTRY 1.0.1.8 (Wang 2011). Videre foreslår vi ytterligere prosedyrer for å sikre at den genetiske bredden i stamfisken videreføres i størst mulig grad.

## 2.7 Analyser av genetisk struktur

Analyser av parvis genetisk avstand ( $F_{ST}$ ) mellom stikkprøver fra ulike tidsperioder ble gjort i R-pakken Adegenet (Jombart 2008, Jombart & Ahmed 2011). Vi grupperte prøvene som:

- Historiske (1970 – 1976)
- Stamfisk samlet inn i tidsperioden 2000 - 2010
- Stamfisk samlet inn i tidsperioden 2011 – 2020
- Ungfisk fra gyteåret 2012 som ble fanget i 2014
- Ungfisk av gyteåret 2017 som ble fanget i 2019

Analysen gir et estimat på graden av genetisk avstand mellom grupper av individer som er samlet inn i løpet av de tre forskjellige tidsperiodene. Dette gir informasjon om hvorvidt bestanden i Fortunelva har endret seg genetisk over tid. Videre gjennomførte vi en Principle Coordinates Analyse (PCoA), som gir en visuell presentasjon av genetisk avstand mellom individer gruppert i henhold til tidsperiodene beskrevet ovenfor. PCoA ble utført i programmet GenAlEx 6.4 (Peakall & Smouse 2006). Disse analysene ble gjennomført separat for nøytrale og funksjonelle markører. Videre ble frekvensen av ulike mitokondrielle haplotyper telt opp for hver tidsperiode.

## 2.8 Beregning av genetisk innkryssing av oppdrettslaks

Beregning av genetisk innkryssing av oppdrettslaks ble utført med et sett genetiske markører som er identifisert som godt egnet til å skille mellom villaks og oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2011). Genotyper fra disse markørene ble analysert i henhold til en metode utviklet av Karlsson mfl. (2014). Dette innebærer at genetisk innkryssing med oppdrettslaks ble vurdert for hver enkelt laks og presentert som en  $P(\text{Wild})$ -verdi mellom 0 og 1 i henhold til Karlsson mfl. (2014, 2016a). Individer med rent villaksopphav får generelt  $P(\text{Wild})$ -verdier nær 1, mens individer med rent oppdrettsopphav får generelt  $P(\text{wild})$ -verdier nær 0. For å skille ut individer med sannsynlig oppdrettsopphav har vi benyttet en  $P(\text{wild})$ -grenseverdi på 0,71, hvilket er den samme som brukes som terskelverdi for å godkjenne stamfisk i stamlakskontrollen (Karlsson mfl. 2021).

### 3 Resultater

#### 3.1 Naturlig produksjon og tilslag av kultivert fisk basert på ungfiskundersøkelser

Tilslaget av kultivert fisk som hovedsakelig var utsatt som plommeseekkyngel ble sammenlignet med naturlig gyttte egg på de to elvedelene (nede og oppe) i Fortunelva. De to elvedelene har ulike fysiske betingelser med henseende på vannføring og vanntemperatur gjennom året. Det ble satt ut mange flere plommeseekkyngel oppe i elven enn nede i elven i 2013 og 2018 hhv. fra gyteårsklassene 2012 og 2017 (**tabell 2**). Utsettingene oppe i elven var fordelt fra elektrofiskestasjonen 7 til 9. I nedre elvedel ble det i 2018 satt ut et lite antall i Bergselva, som ligger helt øverst på denne strekningen, og i nærheten av elektrofiskestasjon 2 og 3 (**figur 1**). Det har blitt satt ut et betydelig antall ensomrig og merket (fettfinneklippet) lakseparr nede og oppe årlig siden 2010. Disse har blitt fanget og identifisert under elektrofisket hver høst, men er ikke analysert i denne sammenheng. I tillegg blir det hvert år satt ut vandringsklar smolt nedenfor Eidsvatnet (Sægrov mfl. 2020), men disse er adskilt fra fiskeunger som vokser opp ovenfor Eidsvatnet og har ingen påvirkning på ungfisken, utenom når de kommer tilbake som voksne gytefisk.

**Tabell 2:** Antall øyerogn og plommeseekkyngel av laks fra gyteårsklassene 2012 og 2017 som ble satt ut nede og oppe i Fortunelva, og antall lakseeegg som ble gytt naturlig de samme høstene fordelt på elvedel basert på gytefisktellinger.<sup>1</sup>: Plommeseekkyngelen ble utsatt i Bergselva der avløpet fra kraftstasjonen kommer ut helt øverst i nedre elvedel.<sup>2</sup>: 3000 av disse ble foret i 14 dager før utsetting. Antall naturlig gyttte egg er basert på gytefisktellinger høstene 2012 og 2017 (Sægrov mfl. 2013; 2018; 2020).

Stadium	Gyteårsklasse 2012		Gyteårsklasse 2017	
	Nede	Oppe	Nede	Oppe
Øyerogn	Ingen	6400	Ingen	5000
Plommeseekkyngel	1500 <sup>1</sup>	63000	4000 <sup>2</sup>	51000
Naturlig gyttte egg	150000	60000	135000	220000

Gjennomsnittlig tetthet av 1+ laks var den samme oppe og nede i Fortunelva i 2014 (**tabell 3**). I 2019 var tettheten oppe på samme nivå som i 2014 mens tettheten nede var dobbelt så høy. Det var store variasjoner i tetthet og fangbarhet mellom de enkelte stasjonene og denne variasjonen gjenspeiles i store konfidensintervaller ved beregning av gjennomsnittlig tetthet for hver elvedel.

**Tabell 3:** Areal som ble elektrofisket og gjennomsnittlig tetthet av 1+ lakseunger oppe og nede i Fortunelva i 2014 (gyteårsklasse 2012) og 2019 (gyteårsklasse 2017) (fra Sægrov mfl. 2015; 2020).

Fisket år	Areal fisket, m <sup>2</sup>		Tetthet (n/100 m <sup>2</sup> ± 95 % ki.)	
	Oppe	Nede	Oppe	Nede
2014	600	400	12,9 ± 11,1	11,2 ± 14,7
2019	600	547	13,6 ± 11,9	26,2 ± 21,6

I 2014 var 47 % av 1+ laks som ble fanget oppe i Fortunelva av kultivert opphav og disse var satt ut som egg eller plommeseekkyngel. Det var høyest andel kultivert laks på stasjon 7 og 8 med hhv. 70 og 73 % i området der plommeseekkyngelen var satt ut (**tabell 4**). Nede i Fortunelva ble det ikke fanget kultivert laks fra utsettinger i Bergselva. I 2019 var andelen med kultivert opphav blant 1+ laks 35 % oppe i elven og 9 % nede (**tabell 4**). Andel kultivert laks oppe i elven varierte mye mellom stasjonene med 81 % på stasjon 8 langt oppe i elven og 18 % og 0 % på de to nederste stasjonene i denne elvedelen. Merk at det ikke var satt ut fisk i området ved stasjon 5 eller 6, men her var det likevel en betydelig andel kultivert fisk høsten 2019. Denne

nedstrøms forflytningen skjedde trolig i forbindelse med storflommen høsten 2018. Nede i elven var det liten forskjell i andel kultivert fisk mellom stasjonene (7-13 %).

**Tabell 4:** Antall ville (gytt naturlig) og kultiverte (utsatt) lakseunger og andel kultiverte fra gyteårsklassen 2012 og 2017 fanget som 1+ på 6 stasjoner oppe og 4 stasjoner nede i Fortunelva i hhv. 2014 og 2019. De kultiverte ble satt ut som øyerogn og plommeseckyngel i 2013 og 2018.

Elvedel	Sta- sjon	Gyteårsklasse – 2012				Gyteårsklasse – 2017			
		Vill	Kult.	Sum	% kult.	Vill	Kult.	Sum	% kult.
Oppe	9	1	0	1	0,0	5	2	7	28,6
Oppe	8	3	8	11	72,7	3	13	16	81,3
Oppe	7	4	11	15	70,3	16	7	23	30,4
Oppe	6	14	14	28	50,0	5	3	8	37,5
Oppe	5	13	0	13	0,0	28	6	34	17,6
Oppe	4,9	3	0	3	0,0	1	0	1	0,0
Oppe	sum	38	33	71	46,5	58	31	89	34,8
Nede	4,5B	2	0	2	0,0	16	2	18	11,1
Nede	4,5	8	0	8	0,0	24	2	26	7,7
Nede	3	4	0	4	0,0	13	2	15	13,3
Nede	2	14	0	14	0,0	25	2	27	7,4
Nede	Sum	28	0	28	0,0	78	8	86	9,3

Både ville og kultiverte 1+ lakseunger var større oppe i Fortunelva sammenlignet med nede, og laksungene var større i 2019 sammenlignet med i 2014 (**tabell 5**). Det var liten forskjell i lengde mellom ville og kultiverte fanget på samme elvedel og år.

**Tabell 5:** Antall og gjennomsnittslengde (mm ± standard avvik) av 1+ ville og kultiverte lakseunger fanget oppe og nede i Fortunelven i 2014 (gyteårsklasse 2012) og i 2019 (gyteårsklasse 2017).

	Kategori	Oppe		Nede	
		Antall	L, mm ± SD.	Antall	L, mm ± SD.
Gyteårsklasse 2012	Vill	38	73,0 ± 7,6	25	61,3 ± 6,9
Gyteårsklasse 2012	Kultivert	33	72,3 ± 4,5	0	-
Gyteårsklasse 2017	Vill	58	76,8 ± 7,5	78	65,7 ± 8,5
Gyteårsklasse 2017	Kultivert	31	78,3 ± 5,8	8	71,3 ± 4,0

### 3.2 Effektivt antall foreldre som bidro til naturlig gyting i 2012 og 2017

Ungfiskindivider som ikke ble tilordnet stamfiskforeldre, ble ansett som naturlig produsert. For å beregne effektivt antall gytefisk som har bidratt til naturlig gyting utførte vi Sibship-analyser separat for hver av gyteårsklassene 2012 og 2017. I og med at gytefisk sannsynligvis gyter enten i nedre eller i øvre deler av elven ble de to områdene av Fortunelva analysert hver for seg. Resultatene av sibshipanalyser tilsier at effektivt antall gytefisk som bidro til naturlig gyting var lavere i 2012 enn i 2017, men at det ikke var en betydelig forskjell mellom de to elvedelene (**tabell 6**).

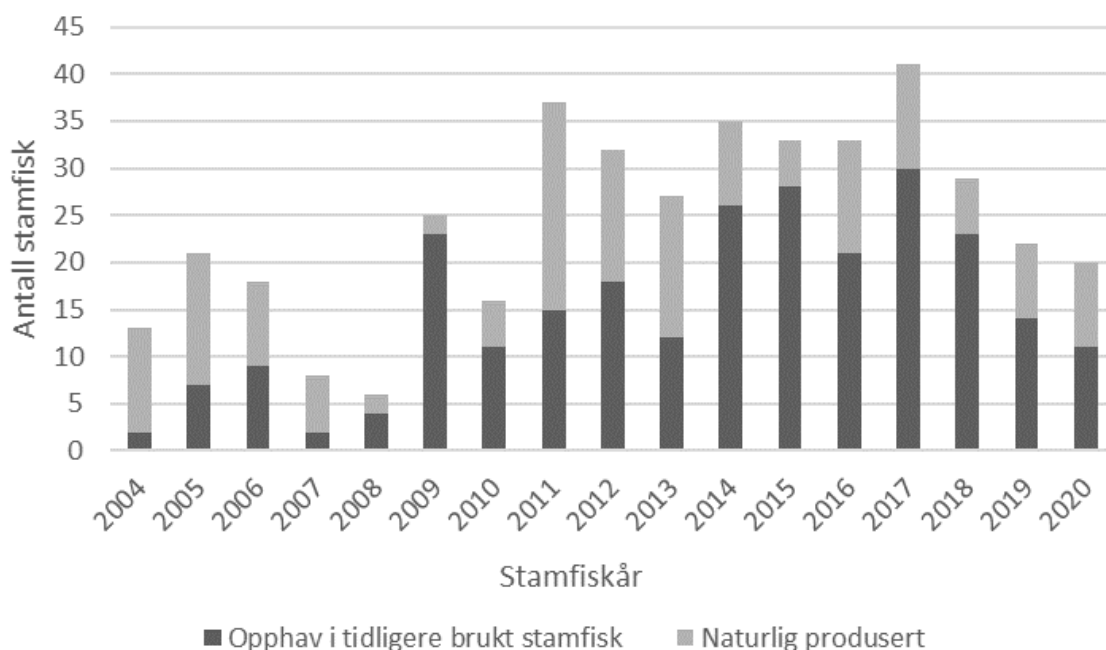


**Tabell 6:** Effektivt antall gytefisk ( $N_e$ ) beregnet med Sibship metoden. Antall gytefisk er beregnet innen årsklassene 2012 og 2017 og innen nedre og øvre elvedel i Fortunelva. Nedre og øvre konfidensintervall (KI) for estimatene er gitt i parentes.

Årsklasse	$N_e$ i nedre elvedel (KI)	$N_e$ i øvre elvedel (KI)
2012	36 (21 – 70)	35 (22 – 61)
2017	57 (40 – 85)	49 (26 – 65)

### 3.3 Bruk av stamfisk og variasjon i antall avkom

I Fortunelva har det vært utbredt bruk av stamfisk med kultivert opphav. I 2000 og 2001 var ingen stamfisk av kultivert opphav. Fra og med 2004 begynner stamfisk av kultivert opphav å gjøre seg gjeldende blant innsamlet stamfisk. I gjennomsnitt over alle år i perioden 2004 til 2020 hadde over halvparten av stamfisken opphav i tidligere brukt stamfisk (**figur 2**). I 2009 hadde 23 av 25 stamfisk opphav i tidligere brukt stamfisk.



**Figur 2:** Antall stamfisk som ble samlet inn i hvert stamfiskår, og antall av disse som hadde opphav i tidligere brukt stamfisk eller som var naturlig produsert.

Etter 2008 har det blitt samlet inn et større antall stamfisk enn tidligere (**tabell 7**). For gyteårsklassene som er fulltallige med tanke på alderssammensetning, har det for de fleste årsklassene blitt registrert avkom etter mer enn halvparten av stamfisken som har vært brukt i krysninger. I 2001 ble det registrert avkom fra alle stamfisker som var brukt i krysninger. Fra alle andre år var det gjort krysninger med stamfisk som det ikke har blitt registrert noen avkom fra. Utvalgsstørrelsen fra elvebestanden tilsvarer det som har blitt fanget av stamfisk hvert år. Når disse ble fordelt over de forskjellige årsklassene ble det tilordnet fra ett til 42 individer per årsklasse. Naturlig produsert stamfisk ble alderslest på skjell og ble dermed også tilordnet et gyteår. Blant naturlig produsert stamfisk ble 24 tilordnet gyteår før 2000.

**Tabell 7:** Oversikt over antall individer som er tilordnet gyteår etter 1999, antall individer som er brukt i kryssninger i løpet av gyteårene 2000 – 2017, antall stamfisk som det ble registrert avkom fra, antall avkom som er sporet til stamfisk i de respektive gyteårene, flest avkom registrerte fra en stamfisk («høyeste antall avkom»), gjennomsnittlig antall avkom som er registrert fra stamfiskene benyttet i kryssninger og den samlede variansen i antall avkom fra all stamfisk som er benyttet i kryssninger i de forskjellige gyteårene.

Gyteår	Tilordnet gyteår	Antall kryssset	Antall stamfisk med avkom	Totalt antall avkom	Høyeste antall avkom	Gj.snitt antall avkom	Varians
2000	17	7	4	5	3	1,43	3,83
2001	22	7	7	16	8	4,57	1,20
2002	7	7	Ikke sporbar	Ukjent	Ukjent	Ukjent	Ukjent
2004	19	13	11	17	5	2,62	1,61
2005	22	> 10	6	18	11	6*	1,29*
2006	12	14	5	10	8	1,43	11,37
2007	22	8	6	22	9	5,50	2,15
2008	5	9	2	3	3	0,67	15,75
2009	29	19	10	22	10	2,32	11,03
2010	37	13	11	25	11	3,85	3,87
2011	27	24	10	17	6	1,42	8,13
2012	38	20	15	36	11	3,60	3,98
2013	42	19	17	35	8	3,68	1,38
2014	21	25	14	19	6	1,44	6,76
2015	7	20	4	3	2	0,30	19,18
2016**	6	20	6	5	3	0,50	14,32
2017**	3	19	6	3	1	0,32	9,15

\* Kryssningsliste mangler for 2005. Gjennomsnitt og varians er basert på stamfisk med registrerte avkom.

\*\* Årsklasser ikke fulltallige.

I henhold til erfaringer basert på tidligere evaluering av kultivering er antall individer som er tilordnet de forskjellige gyteårene for lavt til å få estimater av effektivt antall stamfisk og effektivt antall naturlig gytefisk som er sikre nok til å gjøre en god evaluering av kultiveringsens effekt på den samlede effektive bestandsstørrelsen (Hagen mfl. 2020). Dersom utvalgsstørrelsen er svært liten og antallet stamfisk er relativt høyt (som for gyteårene etter 2008), vil det føre til at avkom fra mange stamfisk ikke registreres, selv om disse kan ha bidratt til bestanden i elven. Gjennomsnittlig antall avkom per stamfisk kan dermed bli kunstig lavt, og varians i antall avkom kan bli kunstig høy. Et slikt mønster er tilfellet i Fortunelva, der gjennomsnittlig antall avkom var lavt og varians i antall avkom var høy for gyteårene med liten utvalgsstørrelse i forhold til antall stamfisk (**tabell 7**). Det blir dermed utfordrende å vurdere det faktiske bidraget fra hver stamfisk og å kvantifisere variasjon i bidrag. Kultiveringsprogrammet i Fortunelva er imidlertid i stor grad preget av bruk av stamfisk som er avkom etter tidligere brukt stamfisk og derfor er bidraget over mange generasjoner viktigere å vurdere enn det årsklassevis bidraget fra stamfiskene. Slektskapstreet for stamfisk i perioden 2000 til 2020 vil være nyttig for en slik vurdering.

### 3.4 Slektskap innen stamfisk

De forskjellige tilnærmingene til analyser av slektskap innen stamfisk belyser forskjellige aspekter ved de kryssningene som er gjort, hvor mange generasjoner tilbake individenes slektskap kan spores, hvor genetisk like individene er og hvordan dette har påvirket genetisk variasjon og innavl.

### 3.4.1 Stamfiskens slektskapstre

Det foreligger ikke skjellprøver av stamfisken som ble samlet inn i 2002. Her ble det samlet inn sju stamfisk bestående av seks hunner og én hann. Det ble sannsynligvis gjort krysninger med alle hunnfisker mot den ene hannfisken. På grunn av manglende prøver var det ikke mulig å tilordne avkom til disse individene. Det er dermed sannsynlig at stamfisk samlet inn i årene 2005 – 2010 kan ha hatt opphav i de ukjente individene fra 2002. Det er funnet 10 fettfinneklippet stamfisk som ikke har blitt tilordnet stamfiskforeldre og som etter skjellesing har gyteår 2001 - 2003. Disse har sannsynligvis opphav i stamfiskene fra 2002. Enkelte skjell er utfordrende å tolke, og vi tar derfor høyde for en feilmargin i skjell-lesingen på +/- ett år.

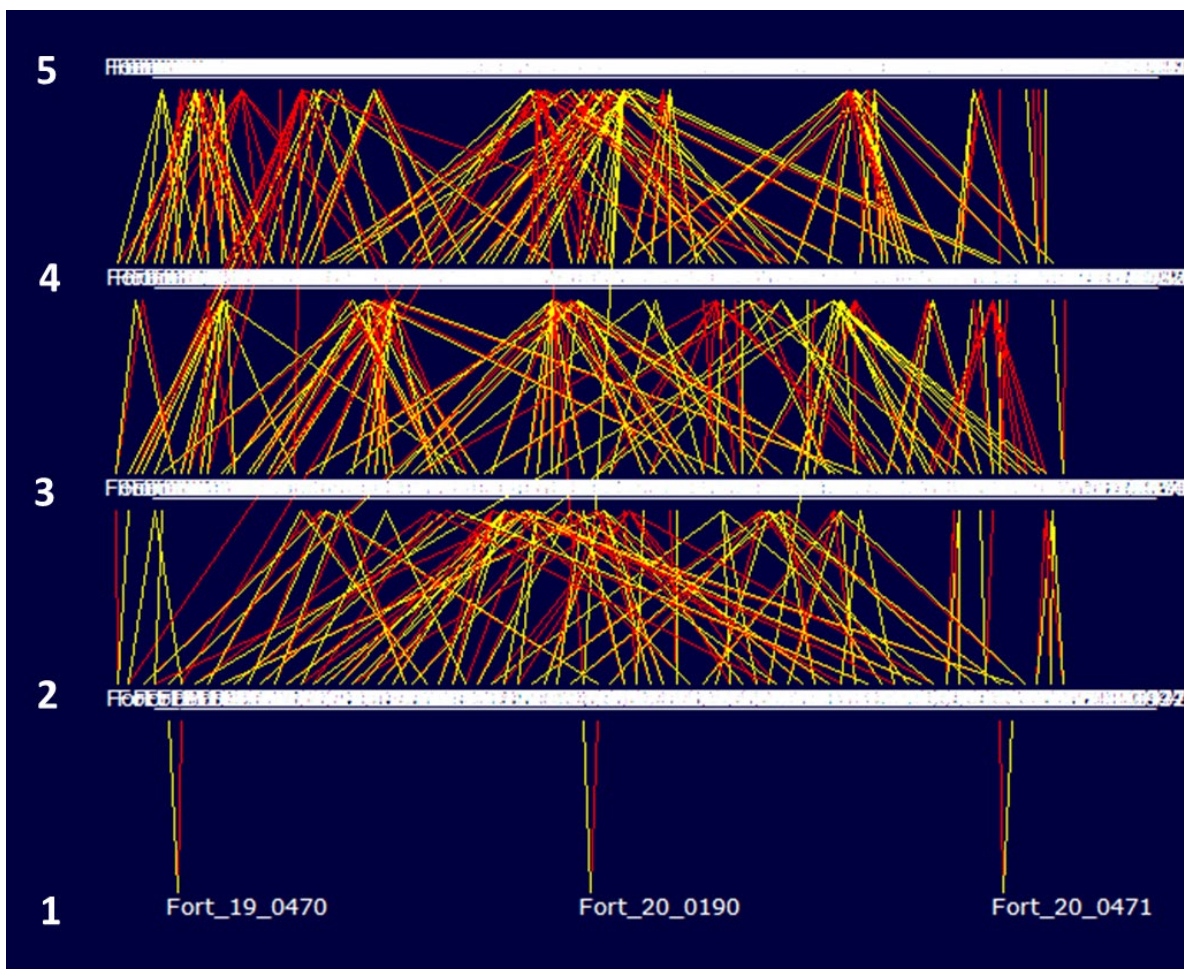
I perioden 2011 – 2013 ble det tatt inn 13 fettfinneklippede stamfisk som ikke var mulig å spore til foreldre. Disse kan ha opphav i stamfisk som det mangler prøver fra og som ble brukt i årene 2008 – 2010. Videre ble det identifisert to fettfinneklippede individer i 2020 som ikke ble tilordnet stamfiskforeldre. Disse ble forsøkt tilordnet til stamfisk i Årøyelva og Vikjaelva uten å få noen treff.

Totalt foreligger det en genetisk profil for 428 stamfisk i Fortunelva. Av disse har 255 individer opphav i tidligere brukt stamfisk og 175 hadde ukjente foreldre. Stamfisk med ukjente foreldre kan også ha nært slektskap til tidligere brukt stamfisk, ved at de er naturlig produsert avkom fra kultivert fisk (barnebarn til stamfisk), og dette fremkommer ikke i slektskapstreet. For enkelte individer kunne slektskapet spores opptil fire generasjoner tilbake (**tabell 8**). Et fullstendig slektskapstre finnes som vedlegg i rapporten.

**Tabell 8:** Antall individer blant stamfisken som har ukjente foreldre, antallet med kjente foreldre og antallet som kan spore sitt slektskap til en eller to kjente besteforeldre, oldeforeldre og tippoldeforeldre blant tidligere brukte stamfisk.

Har ikke kjente foreldre	Har kjente stamfiskforeldre	Har kjente besteforeldre	Har kjente oldeforeldre	Har kjente tippoldeforeldre
175	255	60	18	4

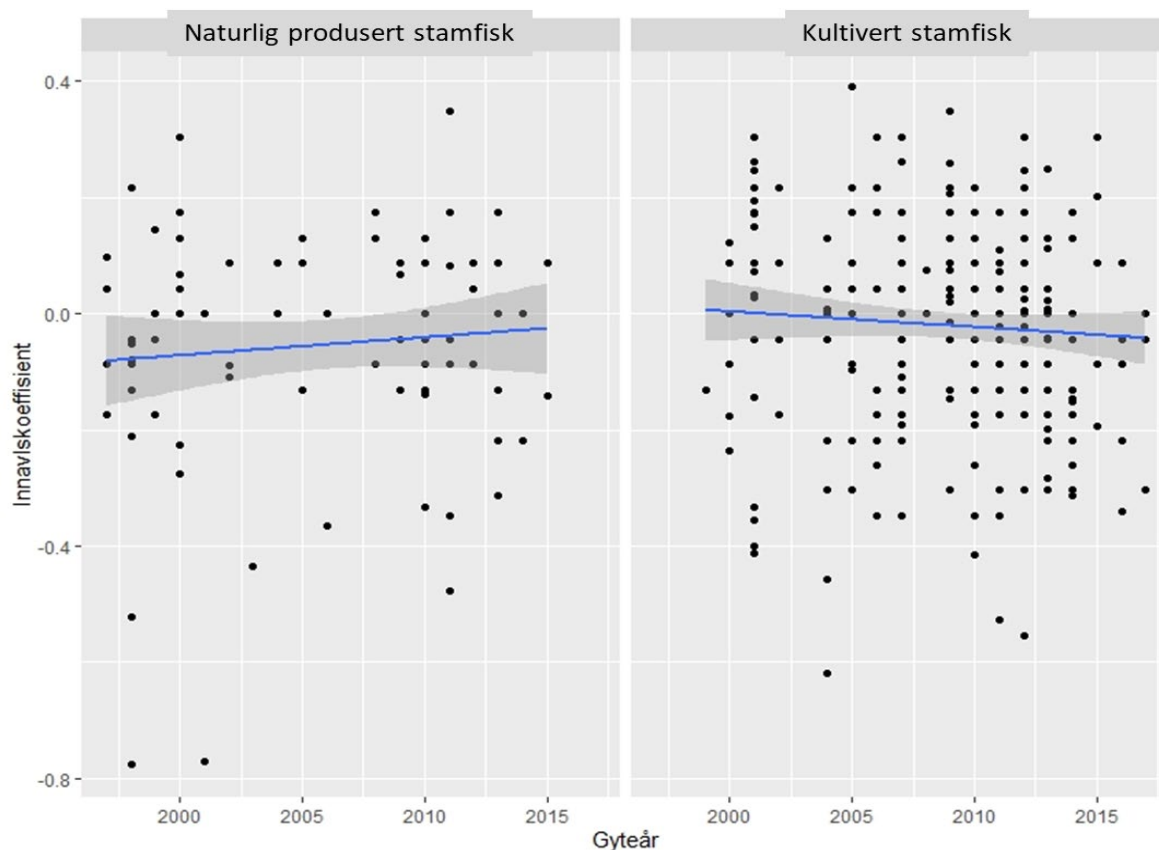
Ut ifra slektskapstreet ble det funnet tre helsøsken som var et resultat av én helsøskenkrysning: Individene Fort\_11\_3259, Fort\_11\_3272 og Fort\_14\_0439 er et resultat av én helsøskenkrysning i 2006. Begge disse foreldrene var avkom etter det samme stamfiskparet fra 2001. De overnevnte individene har dermed en innavlskoeffisient på 0,25. **Figur 3** visualiserer slektskapstreet og viser hvordan enkelte stamfisk gir opphav til mange avkom.



**Figur 3:** Visualisering av slektskapstreet for stamfisken i Fortunelva fra 2000 – 2020. Røde linjer viser slektskap mellom mor og avkom, og gule linjer viser slektskap mellom far og avkom. Hvert nivå representerer én generasjon, der foreldre ligger ett nivå over avkommet. Tallet til venstre angir de forskjellige generasjonene.

### 3.4.2 Innavlsanalyser

Det var ingen signifikant endring i innavlskoeffisient over tid i naturlig produsert stamfisk (**figur 4**). Det var en svak og ikke signifikant trend til økt innavlskoeffisient over tid, men denne kan være drevet av to individer som skilte seg særskilt ut med lav innavlskoeffisient tidlig i tidsserien. For kultivert stamfisk var det en signifikant endring mot lavere innavlskoeffisient over tid ( $p = 0,03$ ). Dette kan være på grunn av slektskapsanalyser som ble utført ved anlegget fra og med 2012 for å unngå krysninger med nært beslektede individer. Når individer med gyteår etter 2013 ble utelatt fra analysen var det ingen signifikant endring i innavlskoeffisient over tid.



**Figur 4:** Innavlskoeffisient i naturlig produsert stamfisk (klassifisert som «villfisk») og i stamfisk med opphav i tidligere brukt stamfisk. Individene er gruppert etter gyteår. Blå linjer er basert på «simple least squares regression». Grå områder representerer standard feil.

### 3.5 Optimal bruk av stamfisken

Siden 2012 har slektskapsanalyser vært brukt i Fortunelva for å unngå å krysse nært beslektede individer. Parvise slektskapsverdier («relatedness») mellom godkjente stamfisker fra 2020 viser hvor viktig slike analyser er for å unngå uheldige krysninger (**tabell 9**). Mellom helsøskenpar er relatedness teoretisk på 0,5, men fra andre studier er det kjent at denne verdien kan variere fra under 0,4 til over 0,6 (Visscher mfl. 2006). Halvsøsken har teoretisk en relatedness på 0,25 med tilsvarende variasjon rundt gjennomsnittet. Tre individer blant stamfisker fra 2020 i Fortunelva tilhørte en gruppe med helsøsken. Disse er kjente helsøsken ut ifra slektskapstreet og hadde tilsvarende parvise relatedness-verdier på 0,554 – 0,672. Det ble også funnet parvise slektskap på helsøsken-nivå mellom individer som ikke kunne være helsøsken, da de besto av par med individer av både naturlig og kultivert opphav. Dette kan skyldes både usikkerhet i estimatene og at slektskapsnivået er tilsvarende det mellom helsøsken men med et annet slektskapsforhold. Det ble funnet 21 parvise slektskap på et nivå som tilsvarer halvsøsken (relatedness på 0,219 – 0,350). Alle par som inngikk i krysninger, hadde lav parvis relatedness (**tabell 9**), noe som var forventet ettersom krysningene rettet seg mot ubeslektede individer. Krysninger mellom beslektede individer er ikke anbefalt, men å utelukkende selektere på individer med det laveste slektskapet til andre stamfisk kan medføre en seleksjon til fordel for feilvandrende fisk. For å balansere bidraget fra hver stamfisk kan det være hensiktsmessig å benytte seg av informasjon i slektskapstreet til å beregne det relative bidraget fra stamfiskenes slektninger. Av de 19 stamfiskene som ble fanget og godkjent i 2020 var 11 av kultivert opphav og med kjente stamfiskforeldre. To var fetttinneklippet og dermed av kultivert opphav, men med ukjente foreldre og seks var villfisk. For seks individer blant 2020 stamfisken kunne slektskapet spores 3 generasjoner tilbake (**tabell 10**).

**Tabell 9:** Parvis slektskap for alle 18 stamfisker som ble samlet inn og godkjent i 2020. Oransje ruter indikerer kjente helsøskenpar. Lysegrå ruter indikerer par av individer som er beslektet på helsøsken-nivå. Lyseblå ruter indikerer par av individer som er beslektet på halv-søsken-nivå. Stamfisk i mørkegrå ruter er naturlig produsert (villfisk) og stamfisk i lysegrå ruter er av kultivert opphav. Ruter med rød kant indikerer det parvise slektskapet til individer som ble kryssset i 2020. To stamfisk i ruter med stiplet kant er av mulig kultivert opphav.

Stam188	Stam188																				
Stam189	0,0174	Stam189																			
Stam190	0	Stam190																			
Stam191	0,232	0,011	0,123	Stam191																	
Stam192	0,085	0,107	0	0,079	Stam192																
Stam193	0,340	0	0,058	0,341	0	Stam193															
Stam194	0,133	0	0,143	0,158	0,0132	0,147	Stam194														
Stam195	0,330	0,188	0	0,308	0,0026	0,132	0,219	Stam195													
Stam196	0,044	0	0,171	0	0	0,005	0,160	0,103	Stam196												
Stam197	0,148	0,067	0	0,346	0,2317	0,062	0,220	0,129	0,107	Stam197											
Stam471	0,052	0	0	0,0239	0,1381	0,158	0,224	0,031	0	0,251	Stam471										
Stam472	0,049	0	0,150	0,395	0,0694	0,092	0,023	0,224	0,034	0,193	0,007	Stam472									
Stam473	0,318	0	0,099	0,335	0,0927	0,118	0	0,362	0,067	0,199	0	0,554	Stam473								
Stam474	0,191	0	0	0,219	0,076	0,069	0	0,309	0,055	0,216	0	0,608	0,672	Stam474							
Stam475	0,134	0	0,017	0,084	0	0	0	0,130	0,017	0	0,007	0,127	0,257	0	Stam475						
Stam476	0,058	0,079	0	0,03	0,17	0	0,103	0	0,033	0,392	0,144	0	0,211	0,027	0,064	Stam476					
Stam477	0,006	0,185	0,009	0,172	0,1151	0	0	0,270	0	0,238	0	0,248	0,254	0,183	0	0,037	Stam477				
Stam478	0,105	0	0,420	0,332	0,0418	0,239	0,514	0,234	0,202	0,350	0,017	0,254	0,208	0,125	0,248	0,184	0,052	Stam478			
Stam479	0,000	0	0,0349	0	0	0,020	0,043	0	0,014	0	0,053	0	0	0	0	0	0	0	0,064	Stam479	

**Tabell 10:** Antall individer blant stamfisken i 2020 som har ukjente foreldre, antallet med kjente foreldre og antallet som kan spore sitt slektskap til en eller to kjente besteforeldre og oldeforeldre blant tidligere brukte stamfisk.

Har ikke foreldre i slektskapstre	Har kjente stamfiskforeldre	Har kjente besteforeldre	Har kjente oldeforeldre
8	11	8	6

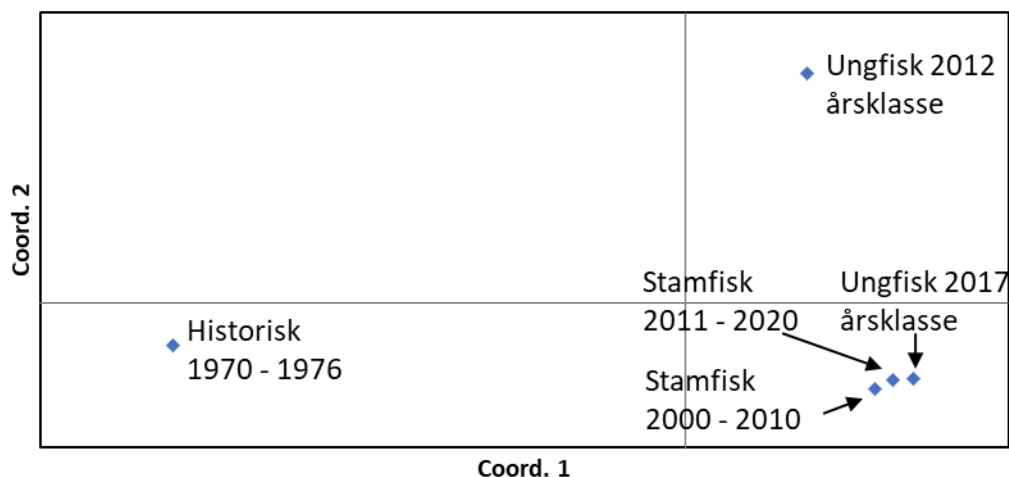
For 2020-stamfisken kan det være hensiktsmessig å beregne det relative bidraget fra foreldre, besteforeldre og oldeforeldre og vekte bidraget fra nyinnsamlet stamfisk i forhold til dette ved å for eksempel redusere rognporsjoner fra stamfisk hvis slektinger har hatt et stort bidrag til bestanden og øke bidraget fra individer hvis slektinger har bidratt lite.

### 3.6 Genetisk struktur basert på nøytrale markører

Alle analyser av genetisk struktur basert på nøytrale markører ble utført både med og uten individer som sannsynligvis ikke hadde rent villaksopphav ( $P(\text{wild}) < 0,71$ ). Det medførte ingen endring av resultatene å fjerne individer med  $P(\text{wild})$  under 0,71. Vi viser derfor resultater der alle individer er inkludert. Parvis genetisk avstand uttrykt som  $F_{ST}$ -verdier basert på nøytrale markører tilsier at det er genetiske forskjeller mellom de historiske prøvene som er samlet inn fra 1970 – 1976 og prøver som er samlet inn fra 2000 og fremover. Alle  $F_{ST}$ -verdier mellom de historiske prøvene og de fire gruppene av nyere prøver ligger over 0,02 (**tabell 11, figur 5**). Bortsett fra den parvise  $F_{ST}$ -verdien mellom ungfisk av årsklasse 2017 og stamfisk samlet inn mellom 2011 og 2020 var alle  $F_{ST}$ -verdier signifikante i henhold til et signifikansnivå på 0,05 (Bonferronikorrigert for antall tester). Ungfisken fra gyteårsklasse 2012 var som ungfisken fra gyteårsklasse 2017 forventet å vise ingen eller små forskjeller til stamfisk samlet inn i den samme perioden (2011 – 2020), men ungfisken fra gyteårsklasse 2012 viste forholdsvis store og signifikante genetiske forskjeller til alle de ulike stikkprøvene (**tabell 11, figur 5**).

**Tabell 11:** Parvise  $F_{ST}$ -verdier mellom grupper av individer samlet inn i forskjellige tidsperioder.  $F_{ST}$ -verdiene er basert på 68 nøytrale markører. Verdier over diagonalen er  $p$ -verdier for de respektive  $F_{ST}$ -verdiene (under diagonalen). Uthevede  $F_{ST}$ -verdier er signifikante i henhold til et signifikansnivå på 0,05.

	Historisk 1970 - 1976	Stamfisk 2000-2010	Stamfisk 2011-2020	Ungfisk 2012 årsklasse	Ungfisk 2017 årsklasse
Historisk 1970 - 1976		< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00
Stamfisk 2000-2010	<b>0,035</b>		< 0,00	< 0,00	< 0,00
Stamfisk 2011-2020	<b>0,027</b>	<b>0,004</b>		< 0,00	0,45
Ungfisk 2012 årsklasse	<b>0,034</b>	<b>0,020</b>	<b>0,013</b>		< 0,00
Ungfisk 2017 årsklasse	<b>0,036</b>	<b>0,005</b>	0,002	<b>0,017</b>	



**Figur 5:** Principle Coordinates Analyse (PCoA) basert på parvise genetiske distanser ( $F_{ST}$ ) fra genetisk variasjon i 68 nøytrale markører for voksen laks fanget i Fortunelva i løpet av tre tidsperioder og for ungfisk fra gyteårsklassene 2012 og 2017.

### 3.7 Genetisk struktur basert på funksjonelle markører

Parvis genetisk avstand uttrykt som  $F_{ST}$ -verdier basert på markører som er koblet til funksjonelle områder i genomet - her genene *vgll3* og *six6* - tilsier at det er genetiske forskjeller mellom prøver som er samlet inn i de forskjellige tidsperiodene (**tabell 12** og **13**). Den største genetiske forskjellen var mellom den historiske stikkprøven og de nyere prøvene i *six6*-genet (**tabell 13**) og høyere enn de genetiske forskjellene observert med nøytrale markører (**tabell 11**), mens de genetiske forskjellene i *vgll3*-genet (**tabell 12**) var på nivå med de nøytrale markørene. Både *vgll3* og *six6* viser store genetiske forskjeller mellom laksebestander og er gjenstand for sterk naturlig seleksjon (Barson mfl. 2015). De forholdsvis store forandringene i *six6*-genet mellom de historiske og de nyere prøvene kan skyldes innsig av feilvandret laks med andre allelfrekvenser eller endret seleksjonstrykk i Fortunelva og/eller i havet. Det kan heller ikke utelukkes at allelfrekvensen har endret seg som følge av seleksjon i anlegget eller tilfeldigheter som skyldes valg av stamfisk og hvor stort bidrag enkelte stamfiskfamilier har gitt til den naturlige bestanden.

**Tabell 12:** Parvise  $F_{ST}$ -verdier mellom grupper av individer samlet inn i forskjellige tidsperioder basert på markører som er koblet til *vgll3*. Verdier over diagonalen er *p*-verdier for de respektive  $F_{ST}$ -verdiene (under diagonalen). Uthevede  $F_{ST}$ -verdier er signifikante i henhold til et signifikansnivå på 0,05.

	Historisk 1970 - 1976	Stamfisk 2000-2010	Stamfisk 2011-2020	Ungfisk 2012 årsklasse	Ungfisk 2017 årsklasse
Historisk 1970 - 1976		< 0,00	< 0,00	0,01	0,00
Stamfisk 2000-2010	<b>0,016</b>		0,11	0,04	0,76
Stamfisk 2011-2020	<b>0,020</b>	0,004		0,01	0,05
Ungfisk 2012 årsklasse	<b>0,012</b>	<b>0,007</b>	<b>0,015</b>		0,12
Ungfisk 2017 årsklasse	<b>0,014</b>	0,000	0,007	0,004	





**Figur 6:** Principle Coordinates Analyse (PCoA) basert på parvise genetiske distanser ( $F_{ST}$ ) fra genetisk variasjon vll3-genet for voksen laks fanget i Fortunelva i løpet av tre tidsperioder og for ungfisk fra gyteårsklassene 2012 og 2017.

**Tabell 13:** Parvise  $F_{ST}$ -verdier mellom grupper av individer samlet inn i forskjellige tidsperioder basert på markører som er koblet til six6. Verdier over diagonalen er p-verdier for de respektive  $F_{ST}$ -verdiene (under diagonalen). Uthevede  $F_{ST}$ -verdier er signifikante i henhold til et signifikansnivå på 0,05.

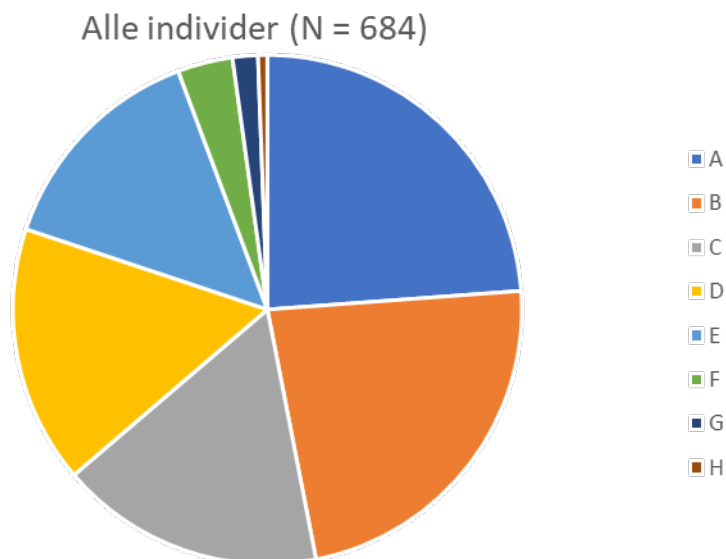
	Historisk 1970 - 1976	Stamfisk 2000-2010	Stamfisk 2011-2020	Ungfisk 2012 årsklasse	Ungfisk 2017 årsklasse
Historisk 1970 - 1976		< 0,00	< 0,00	0,01	< 0,00
Stamfisk 2000-2010	<b>0,048</b>		0,45	0,05	0,06
Stamfisk 2011-2020	<b>0,032</b>	0,001		0,03	0,30
Ungfisk 2012 årsklasse	<b>0,078</b>	0,007	<b>0,009</b>		0,01
Ungfisk 2017 årsklasse	<b>0,030</b>	0,007	0,002	<b>0,023</b>	



**Figur 7:** Principle Coordinates Analyse (PCoA) basert på parvise genetiske distanser ( $F_{ST}$ ) fra genetisk variasjon six6-genet for voksen laks fanget i Fortunelva i løpet av tre tidsperioder og for ungfisk fra gyteårsklassene 2012 og 2017.

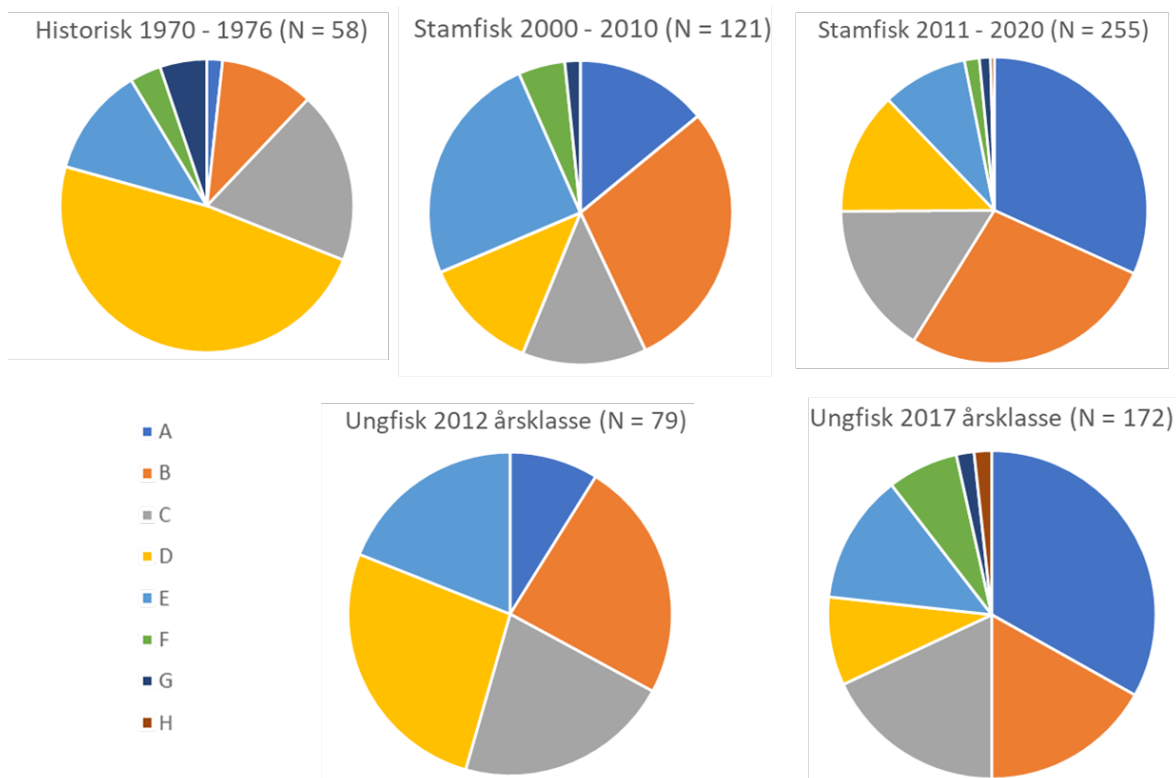
### 3.8 Genetisk struktur basert på mitokondrielle haplotyper

Av de 15 mitokondrielle SNP markørene fungerte genotyping relativt dårlig for én av markørene. Denne ble derfor fjernet fra analysene. Fjorten markører ble derfor brukt i videre analyser og sammenfattet til såkalte haplotyper (unike kombinasjoner av alleler ved de 14 markørene). Alle disse ble genotypet i 684 individer, og det ble funnet åtte mitokondrielle haplotyper (**figur 8**).



**Figur 8:** Mitokondrielle haplotyper i individer fanget i Fortunelva fra 1970 til 2020. De forskjellige haplotypene er illustrert med ulike farger.

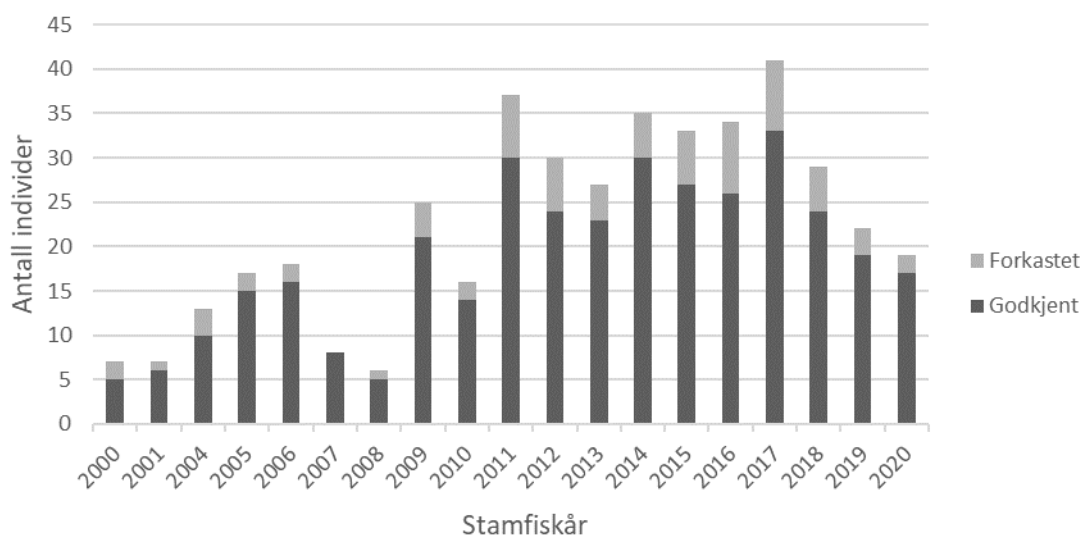
Det har skjedd endringer i frekvensen av forskjellige haplotyper når historiske prøver sammenliknes med prøver samlet inn etter reetableringen (**figur 9**). I de historiske prøvene var haplotype D mest vanlig, men denne har minsket i frekvens etter reetableringen. Videre har haplotype A økt i frekvens fra å bli observert i en liten andel av de undersøkte individene fra 1970-tallet til å bli den mest vanlige haplotypen i stamfisk fanget etter 2011. Det er forventet å observere færre haplotyper når utvalgsstørrelsen er mindre. For eksempel observerte vi færre haplotyper i ungfisk av 2012 årsklassen med en stikkprøve på 79 individer enn i 2017 årsklassen med en stikkprøve på 172 individer.



**Figur 9:** Mitokondrielle haplotyper i individer fanget i Fortundalselva fra 1970 til 2020. Individene er gruppert etter tidsperiode. For hver gruppe er det angitt (N) hvor mange individer som ble tilordnet en haplotype. De forskjellige haplotypene er illustrert med ulike farger.

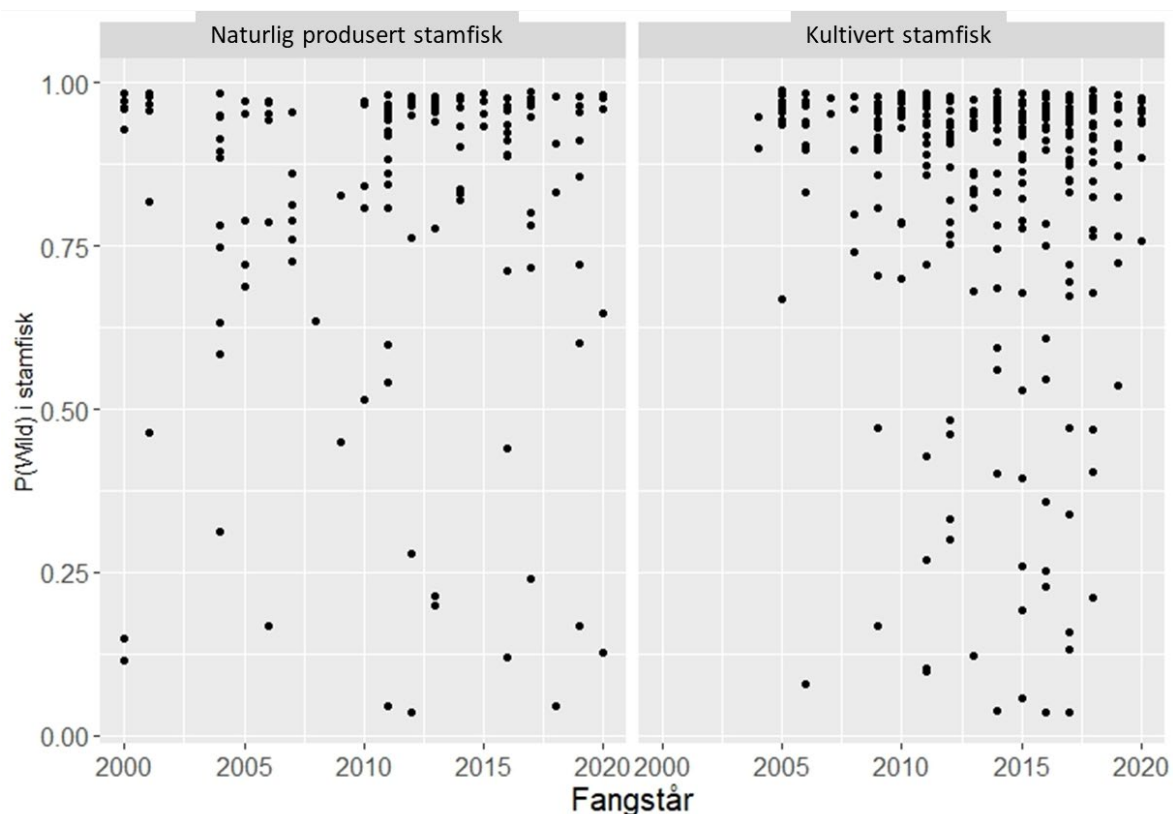
### 3.9 Innkryssning med rømt oppdrettslaks

Siden stamlakskontrollen ble innført i 2014 har i gjennomsnitt 17 % av stamfisken blitt forkastet som stamfisk på grunn av sannsynligheten for innkryssning med rømt oppdrettslaks (en  $P(wild)$  under 0,71), (**figur 10**).



**Figur 10:** Antall stamlaks fanget i Fortundalselva i løpet av stamfiskårene 2000 – 2020 som ville vært godkjent eller forkastet før 2014 og som ble godkjent eller forkastet etter 2014 i henhold til stamlakskontrollens kriterier.

Det har vært et jevnt tilsig av individer som det ikke har vært mulig å skille ut som oppdrettslaks ved skjellanalyse, men som etter genetisk analyse har stor sannsynlighet for å ikke ha rent vill-laksopphav (**figur 11**). Disse er klassifisert som «villaks» og kan være naturlig produserte avkom etter rømt oppdrettslaks, hybrider etter gyting mellom villaks og rømt oppdrettslaks eller de kan være oppdrettslaks som har rømt som ungfisk. Sistnevnte er vanskelig å skille ut som rømt oppdrettslaks fra kultivert laks satt ut som smolt. Før stamlakskontrollen hadde mange kultiverte stamfisk lav  $P(\text{wild})$ . Etter innføring av stamlakskontrollen er det en tendens til at færre stamfisk med kultivert opphav med gyteår etter 2013 har lav  $P(\text{wild})$ , mens det samme ikke ser ut å gjelde stamfisk som er naturlig produsert (**figur 11**). Dersom kultivert fisk fortsetter å utgjøre en stor andel av bestanden i Fortunelva og det blir begrenset med rømt oppdrettslaks i elven så skal man forvente at innkrysningsgraden av rømt oppdrettslaks i bestanden vil gå ned som følge av den genetiske stamlakskontrollen.



**Figur 11:** Grad av innkryssing av rømt oppdrettslaks presentert som  $P(\text{wild})$  i stamlaks fanget i Fortunelva fra 2000 til 2020. Individene er klassifisert som henholdsvis naturlig produsert og kultivert.

Innkryssing med rømt oppdrettslaks målt i ungfisk (1+) tilsier at rømt oppdrettslaks og/eller innkrysset gytefisk, gyter og etterlater seg avkom i Fortunelva (**figur 12**). Særlig i 2019 ble det fanget en stor andel naturlig produsert ungfisk i nedre deler av elven med høy sannsynlighet for oppdrettsopphav. Ungfisk fanget som 1+ i 2014 hadde opphav i 2012 gyteåret før stamlakskontrollen ble innført. Enkelte kultiverte individer fanget i øvre deler av elven i 2014 hadde svært lav  $P(\text{wild})$  og var avkom etter stamfisk som ikke ville vært godkjent i henhold til stamlakskontrollen. Ungfisken fanget som 1+ i 2019 tilhørte 2017 gyteåret og også blant disse var det noen med  $P(\text{wild})$  under terskelnivået for å godkjenne stamlaks. Disse er avkom etter tre par stamfisk som var godkjent etter den genetiske opphavskontrollen, men der én av foreldrene i hver av de tre parene hadde en  $P(\text{wild})$ -verdi nært den nedre grensen ( $P(\text{wild}) < 0,71$ ) for å bli godkjent. Estimertene av innkryssing har stor usikkerhet på individnivå og det er derfor ikke overraskende at avkom vil kunne få en  $P(\text{wild})$  som er forskjellig fra deres foreldre.



**Figur 12:** Grad av innkryssing av rømt oppdrettslaks presentert som  $P(\text{wild})$  i ungfisk (1+) fanget i Fortunelva i årene 2014 og 2019 i nedre og øvre deler av elven. Individene er klassifisert som henholdsvis naturlig produsert (røde punkter) og kultivert (blå punkter).

Det var ingen tydelig forskjell i grad av innkryssing med rømt oppdrettslaks i de to årsklassene med naturlig produsert ungfisk i nedre del av Fortunelva sammenliknet med øvre (**tabell 14**). Når de to årsklassene ble analysert hver for seg, gikk mønsteret i forskjellig retning for de to årene: for 2012 årsklassen var gjennomsnittlig innkryssing høyere i den øvre delen sammenliknet med den nedre delen, mens for 2017 årsklassen var gjennomsnittlig innkryssing høyere i den nedre delen sammenliknet med den øvre. Forskjellen mellom de forskjellige elvedelene var signifikant for 2017 årsklassen.

**Tabell 14:** Gjennomsnittlig grad av innkryssing med rømt oppdrettslaks i naturlig produsert ungfisk av to årsklasser i nedre og øvre deler av Fortunelva. Tall i parentes angir  $p$ -verdi for innkryssingsestimaten, der verdier under 0,05 er ansett som signifikante og markert med **uthevet skrift**. Forskjellen i innkryssing mellom de to elvedelene ble testet med en tosidig  $t$ -test.

Årsklasse	Innkryssing «nede»	Innkryssing «oppe»	$p$ -verdi for forskjell mellom elvedelene
2012	0,024 ( $p = 0,09$ )	<b>0,102</b> ( $p = 0,00$ )	0,32
2017	<b>0,113</b> ( $p = 0,00$ )	0,001 ( $p = 0,13$ )	0,03

## 4 Diskusjon

I denne rapporten har vi gjort genetiske undersøkelser av laksen i Fortunelva. Vi har benyttet et stort prøvemateriale som omfatter historiske prøver fra 1970-tallet, nær alle stamfisk som er samlet inn fra 2000 – 2020, og ungfiskprøver fra to årsklasser. Genetiske analyser av disse prøvene har gitt informasjon om den naturlige produksjonen i Fortunelva sammenliknet med bidraget fra kultivering, endringer i genetisk sammensetning i bestanden over tid, slektskapet innen stamfisken, relativt bidrag fra forskjellige stamfiskindivider og innkryssning av rømt oppdrettslaks i ungfisk og voksenfisk. Vi har brukt denne informasjonen til å gjøre en samlet vurdering om kultiveringen i Fortunelva og gi konkrete råd om en fremtidig praksis i valg av stamfisk.

### 4.1 Naturlig produksjon og tilslag av kultivert ungfisk

Naturlig produksjon og tilslag av kultivert ungfisk i to årsklasser med god overlevelse ble undersøkt. Årsklassene gytt høsten 2012 og høsten 2017 var relativt tallrike og var blant de som forekom i høyest tetthet i perioden 2005 til 2018 (Sægrov mfl. 2020). Oppe i Fortunelva var det omtrent samme gjennomsnittlige tetthet av naturlig gytte og kultiverte 1+ laks under elektrofiske høsten 2014. Kultiverte laksunger dominerte på de øverste stasjonene mens naturlig gytte dominerte på de nederste stasjonene i denne elvedelen. Basert på gytefisktellinger høsten 2012 ble det beregnet at det ble gytt 68 000 lakseegg oppe i Fortunelva. Til sammenligning ble det satt ut 51 000 plommeseekkyngel oppe sommeren 2013. Eggoverlevelsen for naturlig gytte egg er normalt høyt (> 90 %, Lura & Sægrov 1991), men hvis vannføringen blir veldig lav gjennom vinteren, som den var den uvanlig kalde vinteren 2013, kan egg bli tørrlagt og fryse (Sægrov mfl. 1994, Hellen mfl. 2016). Dette ble ikke undersøkt nærmere i Fortunelva. På grunn av at vi ikke kjenner til eggoverlevelsen vet vi ikke hvor mange plommeseekkyngel som kom opp fra gytegro-pene i elva, og det er dermed vanskelig å vurdere om overlevelsen fra sent plommeseekkestadium og frem til alder 1+ var den samme for naturlig gytte som for kultiverte lakseunger. Det ble ikke satt ut øyerogn eller plommeseekkyngel nede i Fortunelva i 2013, og alle 1+ laksungene fanget høsten 2014 i denne elvedelen stammet dermed fra naturlig gyting. I 2012 ble det observert 46 laks under gytefisktellinger, i 2017 var bestanden mer tallrik med 124 observerte laks. Dette sammenfaller med beregninger basert på genetiske data som tilsier at antallet gytefisk som bidro til gytingen var høyere i 2017 enn i 2012. Det ble høsten 2017 gytt langt flere egg oppe i Fortunelva enn antallet plommeseekkyngel som ble satt ut sommeren 2018: hhv. 220 000 egg og 51 000 plommeseekkyngel pluss 5 000 øyerogn. Som 1+ var andelen kultivert laks likevel hele 35 % noe som indikerer høyere overlevelse for kultivert laks sammenliknet med naturlig rekruttert. I 2018 ble det satt ut 1000 plommeseekkyngel i Bergselva som er helt øverst på nedre elvedel og der utløpet fra kraftverket kommer ut. Det er lite sannsynlig at de kultiverte fiskene som ble fanget på stasjonene helt ned mot Eidesvatnet hadde blitt spredd nedover fra Bergselva. Det ble i 2018 satt ut rundt 3000 startforede yngel i elveløpet nedenfor Bergselva. De to kultiverte individene fanget på stasjonene helt ned mot Eidesvatnet er mest trolig fra denne utsettingen. I 2013 ble det satt ut 1500 plommeseekkyngel i Bergselva, men ingen av disse ble gjenfanget som 1+ i 2014. Det ble ikke fanget kultivert laks nede i 2014 og dette indikerer at det er lite nedstrøms spredning av laks utsatt som plommeseekkyngel fra øvre til nedre elvedel.

De genetiske analysene viser at det forekom vellykket naturlig rekruttering av laks på det meste av den anadrome elevstrekningen i Fortunelva etter gyting i 2012 og 2017, men kultivert laks utsatt som plommeseekkyngel dominerte i de øvre delene av anadrom strekning der de var utsatt. På denne strekningen kan vannføringen bli svært lav enkelte vintre (som i 2013) og en kan ikke utelukke at egg som blir gytt på denne strekningen dør på grunn av uttørking/frost, i hvert fall i spesielt nedbørsfattige og kalde vintre. Det er videre sannsynlig at mange av foreldrene til de naturlig gytte lakseungene selv var kultivert laks utsatt som smolt, føret settefisk og/eller plommeseekkyngel.

## 4.2 Genetiske effekter av kultivering i Fortunelva

I Fortunelva har det vært utbredt bruk av kultivert fisk som stamfisk. Slektskapstreet til stamfisken tilsier at opphavet til mer enn halvparten av individene kan spores til tidligere brukt stamfisk. Dette betyr at også mange individer som ikke direkte kan spores til kjente stamfiskforeldre sannsynligvis har et relativt høyt slektskap med både kultiverte og naturlig produserte individer i bestanden. De genetiske effektene av kultivering i Fortunelva vil dermed kunne forsterkes og akkumuleres over flere år. Dette betyr at en årsklassevis evaluering av kultivering i Fortunelva ikke vil gi et fullgodt mål på effekten av kultivering. Videre er datagrunnlaget for hvert gyteår for lite til å gi et nøyaktig estimat av bidraget til den kultiverte og naturlige delen av bestanden. Likevel er det sannsynlig at effekten av kultivering i Fortunelva er betydelig. Dette kan begrunnes i at de fleste innsamlede stamfisker er av kultivert opphav, hvilket igjen betyr at andel kultivert fisk sannsynligvis ligger på over 50 %.

## 4.3 Optimal bruk av stamfisken

Det ble funnet et betydelig slektskap mellom mange par av individer blant stamfisken fra 2020, og dette er representativt også for tidligere gyteår (data ikke vist). Likevel tilsier våre analyser at det ikke er en betydelig grad av innavl blant stamfisken. Slektskapsanalyser for å unngå å krysse beslektede individer har vært gjort siden 2012 og har sannsynligvis bidratt til at graden av innavl er lav. I tillegg vil feilvandrerere fra andre bestander bidra til å redusere innavl. Videre er den effektive bestandsstørrelsen i Fortunelva (hvor kultiveringsprogrammet har et stort bidrag) stor nok til at innavl sannsynligvis ikke vil gjøre seg gjeldende før etter flere generasjoner enn det som inngår i dette prosjektet (Franklin 1980). For å oppnå størst mulig genetisk variasjon i avkommet til kultivert fisk bør ikke beslektede individer krysses. Samtidig kan en praksis med konsekvente kryssninger med de minst beslektede individene også føre til at feilvandrerere fra andre elver i større grad velges ut og medføre en seleksjon til fordel for stamfisk som ikke er stedegen. Videre kan bruk av stamfisk som er i slekt med tidligere brukt stamfisk medføre et skjevt bidrag der enkelte familier blir representert uforholdsmessig mye i forhold til hva som er sannsynlig dersom disse individene hadde gytt naturlig. Det vil derfor være hensiktsmessig å sjekke slektskapet for hver ny stamfisk mot både nyinnsamlede individer og mot tidligere brukt stamfisk. Videre bør bidraget fra tidligere slektninger også vurderes i denne sammenhengen. I de norske genbankene for laks og sjøørret benyttes rutinemessig en metode for å unngå kryssninger mellom slektninger og for å unngå at et skjevt bidrag bygger seg opp over generasjoner. Samtidig blir det også tatt høyde for å unngå seleksjon til fordel for feilvandrerere som kan undergrave bestandenes genetiske egenart. I første omgang beregnes individenes parvise slektskap, både mellom nyinnsamlet stamfisk og mot tidligere brukt stamfisk. Dette gir også informasjon om sannsynligheten for hel- og halvsøskengrupper. Videre benyttes informasjon om individenes mitokondrielle haplotype til å vurdere genetisk likhet og slektskap. Etter flere år med kultivering vil det bli aggregert så mange individer av stamfisk og parvise sammenligninger av slektskap at manuell kontroll og utvelgelse blir utfordrende. NINA har i samarbeide med Veterinærinstituttet derfor utviklet et program (et «slektskapsscript») som systematiserer og oppsummerer alle data fra de overnevnte genetiske analysene innenfor en definert gruppe stamfisk. Vi anbefaler at kultiveringsprogrammet i Fortunelva benytter seg av den samme prosedyren som de norske genbankene for anadrom fisk ved utvalg av stamfisk. Så lenge det finnes et tilstrekkelig antall stamfisk hvert år anser vi denne tilnærmingen som bedre enn å opprette en egen stamfiskbeholdning med F1 stamfisk, og dermed unngå (eller redusere) domestiseringsseleksjon og epigenetiske effekter i anlegget. Genbankenes «slektskapsscript» er under stadig forbedring, og informasjon om foreldre/avkomtilordninger vil bli inkludert i scriptet. Kultiveringsprogrammet i Fortunelva egner seg godt til en slik samlet vurdering av genetisk likhet, relativt bidrag og informasjon i slektskapstreet. Etter at utvalg av stamfisk er gjort er det viktig å krysse disse slik at den genetiske variasjonen opprettholdes og maksimaliseres og at bidraget fra hvert individ blir så likt som mulig. Det kan være hensiktsmessig å også ta hensyn til tidligere slektningers bidrag til bestanden og vekte bidraget til ny stamfisk i forhold til bidrag fra tidligere brukte stamfisk. Dette kan gjøres ved å redusere rognporsjoner fra stamfisk med tidligere slektninger som har hatt et stort bidrag til bestanden.

## 4.4 Innkryssing med rømt oppdrettslaks i Fortunelva

Det er dokumentert betydelig innkryssing av rømt oppdrettslaks i Fortunelva (Diserud mfl. 2020). Graden av innkryssing i gytefisk tilsier at det er et jevnt innsig av rømt oppdrettslaks og innkrysset gytefisk. Særlig i gyteåret 2017 har rømt oppdrettslaks og/eller innkrysset gytefisk gitt opphav til innkrysset ungfisk. Utsortering av innkrysset stamfisk ved den genetiske stamlakskontrollen bidrar sannsynligvis mye til å redusere graden av innkryssing i Fortunelva i og med at andel kultivert laks utgjør en stor del av bestanden. Det var ingen konsistent forskjell mellom graden av innkryssing i naturlig produsert ungfisk mellom de nedre og øvre delene av elven.

## 4.5 Genetiske endringer i bestanden over tid

Bestanden har endret seg genetisk over tid sammenliknet med en historisk referanse. Genetiske endringer ble undersøkt ved hjelp av både nøytrale og funksjonelle markører i kjerne-DNA i tillegg til markører i det mitokondrielle DNA-et. Nøytrale markører i kjerne-DNA indikerer at prøver samlet inn mellom 2000 og 2020 er relativt ensartede i forhold til hverandre og at disse er forskjellig fra den historiske stikkprøven fra 1970-tallet. Laksebestanden i Fortunelva var kraftig redusert og meget fåtallig på 90-tallet og det er derfor ikke overraskende at den genetiske sammensetningen i dag ikke har blitt gjenskapt slik som den var på 70-tallet. De funksjonelle markørene som er koblet til genene *vgll3* og *six6* ga et mindre ensartet resultat, der de forskjellige gruppene av prøver skilte seg mer fra hverandre sammenliknet med nøytrale markører. Dette kan skyldes ulike seleksjonstrykk over tid i klekkeriet eller i naturen (både i elven og i havet). Oppformering av enkelte stamfiskfamilier kan også føre til endringer i allelfrekvenser over tid. Videre har frekvensen av forskjellige mitokondrielle haplotyper endret seg, og det er sannsynlig at nye haplotyper har blitt tilført. Dette kan skyldes en rekke faktorer, for eksempel reetablering med individer med andre haplotyper og allelfrekvenser enn den opprinnelige bestanden, endret seleksjonstrykk i elven over tid, endret seleksjonstrykk på grunn av kultivering (valg av stamfisk og vekst i anlegg) og tilfeldige genetiske endringer som følge av valg av stamfisk og oppformering av enkelte familiegrupper. Det har også vært betydelig innkryssing av rømt oppdrettslaks i Fortunelva (Diserud mfl. 2020). Oppdrettslaks er genetisk forskjellig fra villaks (Karlsson mfl. 2011; 2014) og innkryssing av rømt oppdrettslaks kan derfor endre allelfrekvenser bort fra de frekvensene som opprinnelig dominerte i bestanden.

## 4.6 Spredning av kultivert fisk

Utover mulige genetiske effekter på bestanden som kultiveres, kan utsettinger føre til en unaturlig høy grad av feilvanding mellom bestander (Jonsson mfl. 2006; Palmé mfl. 2012, Keefer & Caudill 2014). I Årdalsvassdraget innerst i Årdalsfjorden har det ikke blitt satt ut laks de siste 20 årene, men likevel har sportsfiskefangstene de siste 15 årene bestått i gjennomsnitt av 60 % utsatt laks. Av laks identifisert som sikker utsatt laks (fettfinneklippt og skjellanalyser) fanget i Årdalsvassdraget i perioden 2005 – 2019 ble 81 individer (86 %) identifisert som avkom etter stamlaks fra Fortunelva (Karlsson mfl. 2021, NINA prosjektnotat 296). Generelt bør vurderinger av genetiske effekter av kultivering også inkludere hvilken påvirkning kultiveringen kan ha på andre bestander som følge av feilvandring av utsatt fisk. For kultiveringen av Fortunelva og i andre vassdrag i Sognefjorden der det drives kultivering (Årøyelva, Daleelva, Lærdalselva) vil vi anbefale at det blir gjort en utvidet analyse av genetisk sporing av kultivert laks for å forstå omfanget av feilvanding av utsatt laks.

## 4.7 Anbefalinger for valg av stamfisk

Et slektskapstre for stamfisken har blitt laget, og dette vil tjene som et grunnlag som videre foreldretilordning kan bygge på. Graden av slektskap mellom naturlig produsert fisk er sannsynligvis betydelig i Fortunelva, i og med at bestanden er liten og i stor grad består av kultivert fisk. Dette har blitt vist i slektskapsanalyser av stamfisken som ble samlet inn og godkjent i 2020, der



både par av naturlige produserte individer og par av kultiverte og naturlig produserte hadde et høyt slektskap uten å være søsken. Videre har vi foreslått at kultiveringsprogrammet i Fortunelva benytter seg av en prosedyre for å velge stamfisk som baserer seg på kombinert informasjon fra slektskapsanalyser og foreldretilordning, og at bidraget fra nyinnsamlet stamfisk vektet mot det relative bidraget fra stamfiskenes tidligere slektninger. Bidrag kan vektet ved å redusere rognporsjoner fra stamfisk hvis slektninger har bidratt mye til bestanden. Dette vil bidra til å ivareta den genetiske bredden i bestanden. En slik sammenfatning av kompleks informasjon som har blitt akkumulert over mange generasjoner blir for omfattende til å håndteres manuelt og bør sammenfattes og analyseres ved hjelp av tilsvarende prosedyre som benyttes av de norske genbankene for anadrom fisk.

## 4.8 Oppsummerende konklusjoner

De genetiske undersøkelsene av laksen i Fortunelva tilsier at

- 1) Det er vellykket gyting av laks på det meste av anadrom strekning i Fortunelva. Likevel tilsier ungfiskundersøkelsene at laks utsatt som plommeseekkyngel dominerer i områdene med utsettinger i den øverste delen av elven, hvor vintervannføringen kan bli svært lav og det kan være lite gunstige forhold for naturlig gytt rogn.
- 2) Laksebestanden i Fortunelva har endret seg genetisk fra 1970-tallet til 2020.
- 3) Et slektskapstre for stamfisk har blitt laget. Dette viser at mange stamfisk har opphav i tidligere kultivert laks og at mange stamfisk har en kultiveringshistorikk som går opp til fire generasjoner tilbake.
- 4) Det er sannsynligvis ikke en betydelig grad av innavl i Fortunelva.
- 5) Rømt oppdrettlaks og/eller villaks med sannsynlig oppdrettsopphav gyter i Fortunelva.
- 6) Kultiveringsprogrammet i Fortunelva har sannsynligvis stor påvirkning på bestanden, i kraft av den høye andelen kultivert fisk. Laks med opphav i kultiveringsprogrammet i Fortunelva blir også fanget i Årdalsvassdraget og kultiveringsprogrammet i Fortunelva påvirker dermed ikke bare bestanden i Fortunelva, men også andre laksebestander.
- 7) Kultiveringsprogrammet i Fortunelva egner seg godt til å implementere de norske genbankene for anadrom fisk sin metode for valg av stamfisk. Relativt bidrag fra tidligere stamfiskslektninger bør inkluderes i stamfiskvalget.
- 8) Så lenge det finnes et tilstrekkelig antall stamfisk til å oppfylle pålegget anbefaler vi å ikke kultivere på egenprodusert stamfisk (F1 stamfisk), under forutsetning at valg av ny stamfisk skjer etter kontroll av slektskap.

## 4.9 Videre undersøkelser av laksen i Fortunelva

Ungfisk som ble undersøkt i dette prosjektet stammet fra to årsklasser der det var forventet å finne en høy andel kultivert ungfisk. Vinteren 2013 var spesielt kald og nedbørsfattig, noe som ga unormalt lav vannføring i øvre del av Fortunelva, og sannsynligvis overdødelighet på naturlig gytt rogn pga. innfrysing. Lite vintervedbør førte også til høye sommertemperaturer og gunstige oppvekstforhold for utsatt plommeseekkyngel. Også 2018 var en spesielt varm sommer, hvilket er gunstig for overlevelsen av utsatt fisk. Det er dermed usikkert om de to undersøkte årsklassene er representative for forholdet mellom utsatt og naturlig rekruttert ungfisk under mindre avvikende forhold. For å få en god oversikt over forholdet mellom utsatt og naturlig rekruttert ungfisk bør det gjøres en analyse av opphavet til ungfisk fra årsklasser ut over 2012 og 2017.

I Fortunelva kan en stor del av laksen spores til sine stamfiskforeldre. Det er dermed mulig å undersøke hvilke utsettingsstadier og strategi (lokaliteter og tidspunkt for utplantning) som gir det jevneste bidraget mellom ulike familier. I Fortunelva legges kultivert rogn på ulike temperaturregimer, dette for å tilpasse utviklingen med tanke på om rogn skal plantes på kald eller varm strekning i elven. Undersøkelser som gir informasjon om tilslaget fra individer som er gjenstand for de forskjellige behandlingene vil være nyttig for kultiveringsprogrammet.

På grunn av den høye andelen utsatt laks og at en stor del av den utsatte laksen har en kultiveringshistorie som går flere generasjoner tilbake, er bestanden i Fortunelva å anse som mer utsatt for domestisering enn de fleste andre laksebestander i Norge. Dette gjør laksebestanden i Fortunelva egnet for å studere effekter av domestiseringsseleksjon i elvemiljøet.

Fortunelva er en brepåvirket elv med kaldt vann, og med temperaturforskjeller innen forskjellige soner i elven. Naturlig produserte individer (og individer utsatt på et tidlig stadium) har generelt en liten tilvekst det første året og en høy smoltalder. Oppdrettslaks og innkrysset laks har et større energibehov enn ren villaks og det er dermed sannsynlig at avkom etter oppdrettslaks og innkrysset laks kan ha dårligere overlevelse enn avkom etter villaks ved lave vanntemperaturer. Fortunelva egnert seg godt til å studere genetisk innkrysning med rømt oppdrettslaks og å relatere overlevelse til temperatur og energibehov. På grunn av temperaturvariasjoner mellom år er det mulig at effekten av innkrysning kan variere mellom år. Det er mulig at det motsatte mønstret i innkrysning mellom øvre og nedre del som ble funnet på ungfisk kan skyldes temperaturvariasjoner mellom år.

Et stort antall utsatt laks fra Fortunelva har blitt fanget i Årdalsvassdraget. Disse individene er fettfinneklippet og har dermed blitt satt ut som smolt eller ensomrig parr. Individer som ikke er fettfinneklippet og fanget i Årdalsvassdraget har ikke blitt analysert og vi vet derfor ikke i hvor stor grad disse kan ha feilvandret til Årdalsvassdraget. Ytterligere genetiske analyser vil kunne gi mer kunnskap om hvilke utsettingsstadier som fører til minst feilvandring, og kultiveringen i Fortunelva kan dermed tilpasses slik at påvirkningen på andre vassdrag blir minst mulig.

Fortunelva er en brepåvirket og naturlig kald elv med en naturlig lav produksjon av laks. I Skurdal mfl. (2001) ble laksebestanden i Fortunelva klassifisert som kategori 0, det vil si «vassdrag som av naturlige årsaker ikke har en årlig gytebestand av laks». Naturlig gyting i slike vassdrag er ikke forventet å medføre vellykket rekruttering fra alle årsklasser. Basert på årlige ungfiskundersøkelser siden 2005 ser dette imidlertid ikke ut til å være tilfelle i Fortunelva, ettersom alle årsklassene er representert i undersøkelsene. Samtidig er det grunnlag for å fastslå at den pågående kultiveringen i Fortunelva har et godt tilslag og er medvirkende til at bestanden nå er større og rekrutterer i større grad enn den ville ha gjort uten kultivering. Kultiveringen av Fortunelva har en betydelig effekt på Årdalsvassdraget, som ikke kultiveres, men som mottar et stort antall kultivert fisk fra Fortunelva. Hvorvidt Fortunelaks gyter i andre elver i Sognefjorden er uvisst.

Kultiveringen i Fortunelva er et konsesjonspålegg for å kompensere for negative effekter av vannkraftutbygging. Under vurdering av hvorvidt kultivering skal opprettholdes i fremtiden, bør det avgjøres hva som skal være formålet med kultiveringen. Eventuelle negative effekter av kultiveringen på sjørretbestanden i elven og feilvandring til andre elver bør inkluderes i denne sammenhengen, både når det gjelder om kultivering kan inngå i et miljødesign-konsept, og hvordan eventuell videre kultivering skal gjøres. I Skurdal mfl. (2001) ble det bemerket at vurderingen ble gjort med liten eller ingen kunnskap om smoltproduksjon i Fortunelva. Kunnskapsnivået om ungfisk- og smoltproduksjon har imidlertid blitt vesentlig styrket etter at denne vurderingen ble gjort. Sægrov og Urdal (2013) beskriver laksebestanden i Fortunelva som en bestand i vekst. Etter ungfiskundersøkelser utført i årene 2006 – 2013 har Sægrov og Urdal (2013) beregnet antall utvandrende laksesmolt til å ligge på rundt 5800 smolt årlig, hvilket er betydelig høyere enn grensen på 1000 smolt som ble satt av Skurdal mfl. (2001) for å klassifisere en bestand som kategori 0, men det må bemerkes at disse beregningene fortsatt er usikre. Det er mulig at den relativt høye naturlige smoltproduksjonen beregnet av Sægrov og Urdal (2013) delvis er et resultat av det høye tilslaget av kultiveringen, ved at mange individer utsatt som smolt kommer tilbake til elven for å gyte naturlig. Gytebestandsmålet for Fortunelva er ikke beregnet, og det er dermed vanskelig å vurdere hvor stor gytebestanden bør være for å oppnå produksjonskapasiteten i elven. Hvorvidt et gytebestandsmål skal være styrende for videre forvaltning av Fortunelaksen er usikkert, men det kunne vært nyttig for å kalibrere kultiveringsomfanget opp mot naturlig produksjon. Det kan derfor være behov for en ny vurdering av naturtilstanden til bestanden av laks i Fortunelva. En slik vurdering, sammen med målsetningen av kultivering, vil være viktige premisser for valg av kultiveringsstrategi.

## 5 Referanser

- Anon. 2014. Retningslinjer for utsetting av anadrom fisk. Miljødirektoratet, M186-2014. 12 s.
- Anon. 2019. Klassifisering av tilstanden til 430 norske sjøørretbestander. Temarapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 7, 150 s.
- Barson, N.J., Aykanat, T., Hindar, K., Baranski, M., Bolstad, G.H., Fiske, P., Jacq, C., Jensen A.J., Johnston, S.E., Karlsson, S., Kent, M., Moen, T., Niemelä, E., Nome, T., Næsje, T.F., Orell, P., Romakkaniemi, A., 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: 405-408.
- Bourret, V., Kent, M.P., Primmer, C.R., Vasemägi, A., Karlsson, S., Hindar, K., McGinnity, P., Verspoor, E., Bernatchez, L. & Lien, S. 2013. SNP-array reveals genome-wide patterns of geographical and potential adaptive divergence across the natural range of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Molecular Ecology* 22: 532-551.
- Christie, M.R., Marine, M.L., French, R.A. & Blouin, M.S. 2012b. Genetic adaptation to captivity can occur in a single generation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109: 238-242.
- Christie, M.R., Marine, M.L., Fox, S.E., French, R.A. & Blouin, M.S. 2016. A single generation of domestication heritably alters the expression of hundreds of genes. *Nature Communications* 7: 1
- Diserud, O.H., Hindar, K., Karlsson, S., Glover, K.A. & Skaala, Ø. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2020. NINA Rapport 1926.
- Frankham, R. 1995. Effective population size/adult population size ratios in wildlife: a review. *Genetical Research* 66: 95-107.
- Franklin, I. R. 1980. Evolutionary change in small populations. M.E. Soulé, B.A. Wilcox (Eds.), *Conservation Biology: an Evolutionary–Ecological Perspective*, Sinauer Associates (1980), pp. 135-150
- Garcia de Leaniz, C., Fleming, I.A., Einum, S., Verspoor, E., Jordan, W.C., Consuegra, S., Aubin-Horth, N., Lajus, D., Letcher, B.H., Youngson, A.F., Webb, J.H., Vøllestad, L.A., Villanueva, B., Ferguson, A. & Quinn, T.P. 2007. A critical review of adaptive genetic variation in Atlantic salmon: implications for conservation. *Biological Reviews* 82: 173-211.
- 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: 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*.
- Hellen, B.A., Sægrov, H. & Kambestad, M. 2016. Fornytt reguleringskonsesjon i Fortun. Status for fisk og forslag til tiltak 2016. Rådgivende Biologer AS, rapport 2322, 71 sider + vedlegg.
- Jombart, T. 2008. adegenet: a R package for the multivariate analysis of genetic markers. *Bioinformatics* 24: 1403-1405.
- Jombart, T. & Ahmed, I. 2011. adegenet 1.3-1: new tools for the analysis of genome-wide SNP data. *Bioinformatics* 27: 3070-3071.
- Jones, O.R. & Wang, J. 2010. COLONY: a program for parentage and sibship inference from multi-locus genotype data. *Molecular Ecology Resources* 10: 551-555.
- Jonsson, B. & Jonsson, N. 2006. Cultured Atlantic salmon in nature: a review of their ecology and interaction with wild fish. *ICES Journal of Marine Science* 63(7): 1162-1181.0676.
- Karlsson, S., Bjørn, B., Holthe, E., Lo, H., & Ugedal, O. 2016a. Veileder for utsetting av fisk for å ivareta genetisk variasjon og integritet. NINA Rapport 1269. Norsk institutt for naturforskning.
- Karlsson, S., Diserud, O. H., Fiske, P., & Hindar, K. 2016b. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, 73: 2488-2498.

- Karlsson, S., Diserud, O. H., Moen, T., & Hindar, K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression. *Ecology and Evolution*, 4: 3256-3263.
- Karlsson, S., Florø-Larsen, B., Sollien, V.P., Andersskog, I. P. Ø., Brandsegg, H., Eriksen, L. B. & Spets, M. H. 2021. Stamlakskontroll 2020. NINA Rapport 1973. Norsk institutt for naturforskning.
- Karlsson, S., Moen, T., Lien, S., Glover, K.A. & Hindar, K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 11: 247-253.
- Keefer, M. L. & Caudill, C. C. 2014. Homing and straying by anadromous salmonids: a review of mechanisms and rates. *Reviews in fish biology and fisheries* 24, 333 – 368.
- 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.
- Le Luyer, J., Laporte, M., Beacham, T.D., Kaukinen, K.H., Withler, R.E., Leong, J.S., Rondeau, E.B., Koop, B.F. & Bernatchez, L. 2017. Parallel epigenetic modifications induced by hatchery rearing in a Pacific Salmon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114, 12964-12969.
- Lund, R.A. & Hansen, L.P. 1991. Identification of wild and reared Atlantic salmon, *Salmo salar* L., using scale characters. *Aquaculture Research* 22(4): 499-508.
- Lura, H., and Sægrov, H. 1991. Documentation of successful spawning of escaped farmed female Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Norwegian rivers. *Aquaculture*, 98: 151–159. Rosseland, L. 1956. Foreløbig orientering om fiskeforholdene i Fortunselven. Notat 9 sider.
- Ozerov, M., Vähä, J-P., Wennevik, V., Niemelä, E., Svenning, M-A., Prusov, S., Fernandez, R.D., Unneland, L., Vasemägi, A., Falkegård, M., Kalske, T. & Christiansen, B. 2017. Comprehensive microsatellite baseline for genetic stock identification of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in northernmost Europe. *ICES Journal of Marine Science* 74: 2159-2169.
- Palmé, A., Wennerström, L., Guban, P., Ryman, N. & Laikre, L. 2012. Conclusions on conservation genetic risks associated with compensatory releases of salmon in the Baltic Sea. : A brief summary of a synthesis report to the Swedish Agency for Marine and Water Management. Department of Zoologi, Stockholms University.
- Peakall, R., & Smouse, P. E. 2006. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*, 6: 288-295.
- Purcell S., Neale B., Todd-Brown K., Thomas L., Ferreira M.A.R., Bender D., Maller J., Sklar P., de Bakker P.I.W., Daly M.J. & Sham P.C. 2007. PLINK: a toolset for whole-genome association and population-based linkage analysis. *American Journal of Human Genetics*, 81.
- R Development Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Rosseland, L. 1957. Tilleggserklæring om fisket. ---- Fortunelv. Notat 14 sider.
- Ryman, N. & Laikre, L. 1991. Effects of Supportive Breeding on the Genetically Effective Population Size. *Conservation Biology* 5: 325-329.
- Skurdal, J., Hansen, L. P., Skaala, Ø., Sægrov, H. og Lura, H., 2001. Elvvevis vurdering av bestandsstatus og årsaker til bestandsutviklingen av laks i Hordaland og Sogn og Fjordane. – Utredning for DN 2001-2.
- 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.
- Sægrov, H. B.T. Barlaup & H. Lura 1991. Anleggsarbeidet i Vosso, vinteren 1990-91. Effektar på overleving av lakseegg. Zoologisk Museum, Avdeling for økologi, Universitetet i Bergen, Rapport 25 sider.
- Sægrov, H. & Urdal, K. 2013. Fiskeundersøkingar i Fortunvassdraget i Sogn og Fjordane hausten 2012. Rådgivende Biologer AS, rapport 1747, 39 sider, ISBN 978-82-7658-987-0. Sægrov, H., B.A.

- Hellen, C. Irgens, S. Kålås & K. Urdal 2020. Rådgivende Biologer AS, rapport 3162, 49 sider, ISBN 978-82-8308-743-7.
- Sættem, L.M. 1987. Prøvefiske i Fortunelva, hausten 1986. Utvikling i laks- og sjøaurebestanden. Fylkesmannen i Sogn og Fjordane, Miljøvernavdelinga. Notat, 7 sider.
- Visscher, P.M., Medland, S.E., Ferreira, M.A.R., Morley, K.I., Zhu, G., Cornes, B.K., Montgomery, G.W. & Martin, N.G. 2006. Assumption-free estimation of heritability from genome-wide identity-by-descent sharing between full siblings. *Plos Genetics* 2(3): 316-325.
- Wang, J.L. 2009. A new method for estimating effective population sizes from a single sample of multilocus genotypes. *Molecular Ecology* 18: 2148-2164.
- Wright, S. 1931. Evolution in Mendelian Populations. *Genetics* 16: 98-159.
- Wright, S. 1943. Isolation by distance. *Genetics* 28: 114-138.
- Östergren J, Palm S, Gilbey J, Spong G, Dannewitz J, Königsson H, Persson J, Vasemägi A. 2021 A century of genetic homogenization in Baltic salmon—evidence from archival DNA. *Proc. R. Soc. B* 288: 20203147. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.3147>

## 6 Vedlegg

**Tabell 6.1:** Stektskapstre (pedigree) for all stamfisk som er analysert i prosjektet. NA indikerer at informasjonen mangler. Individuer som har fettfinne («ja» under kolonne «Fettfinne») og som er tilordnet stamfiskforeldre er utsatt som øyerogn eller yngel. Individuer uten fettfinne er satt ut som ensomrig parr eller ettårig smolt.

NINAGenlabID	LokaltID	Kjønn	Fettfinne	Mor	Far	Gyteår
Fort_01_0001	1	Hunn	Ja	NA	NA	1994
Fort_01_0003	3	Hunn	Ja	NA	NA	1995
Fort_01_0004	4	Hann	Ja	NA	NA	1995
Fort_01_0005	5	Hann	Ja	NA	NA	1995
Fort_01_0006	6	Hunn	Ja	NA	NA	1995
Fort_01_0009	9	Hunn	Ja	NA	NA	1995
Fort_01_0013	13	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_04_0358	358	Hunn	Nei	Fort_00_0008	Fort_00_0012	2000
Fort_04_0394	394	Hann	Nei	Fort_01_0003	Fort_01_0004	2001
Fort_04_0359	359	Hunn	Ja	NA	NA	1998
Fort_04_0377	377	Hann	Ja	NA	NA	1998
Fort_04_0378	378	Hunn	Ja	NA	NA	1998
Fort_04_0379	379	Hann	Ja	NA	NA	1997
Fort_04_0381	381	Hunn	Ja	NA	NA	1998
Fort_04_0385	385	Hann	Ja	NA	NA	1998
Fort_04_0386	386	Hann	Ja	NA	NA	1997
Fort_04_0387	387	Hunn	Ja	NA	NA	1998
Fort_04_0388	388	Hunn	Ja	NA	NA	1997
Fort_04_0396	396	Hunn	Ja	NA	NA	1997
Fort_04_0400	400	Hann	Ja	NA	NA	1998
Fort_05_0372	372	Hunn	Nei	Fort_00_0011	Fort_00_0013	2000
Fort_05_0321	321	Hunn	Nei	Fort_01_0003	Fort_01_0004	2001
Fort_05_0374	374	Hann	Nei	Fort_01_0003	Fort_01_0004	2001
Fort_05_0369	369	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0009	2001
Fort_05_0370	370	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0009	2001
Fort_05_0373	373	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0009	2001
Fort_05_0326	326	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0006	2001
Fort_05_0324	324	Hann	Nei	NA	NA	2002
Fort_05_0350	350	Hunn	Nei	NA	NA	2001
Fort_05_0361	361	Hann	Nei	NA	NA	2002
Fort_05_0362	362	Hunn	Nei	NA	NA	2001
Fort_05_0364	364	Hunn	Nei	NA	NA	2000
Fort_05_0365	365	Hunn	Nei	NA	NA	2000
Fort_05_0368	368	Hann	Nei	NA	NA	2001
Fort_05_0371	371	Hann	Nei	NA	NA	2001
Fort_05_0322	322	Hunn	Ja	NA	NA	1999
Fort_05_0348	348	Hann	Ja	NA	NA	2000
Fort_05_0349	349	Hunn	Ja	NA	NA	1998
Fort_05_0363	363	Hann	Ja	NA	NA	1998
Fort_05_0366	366	Hann	Ja	NA	NA	1999

Fort_05_0367	367	Hunn	Ja	NA	NA	1998
Fort_06_0343	343	Hann	Nei	Fort_00_0008	Fort_00_0012	2000
Fort_06_0304	304	Hann	Nei	Fort_00_0011	Fort_00_0013	2000
Fort_06_0306	306	Hunn	Nei	Fort_00_0011	Fort_00_0013	2000
Fort_06_0305	305	Hunn	Nei	Fort_01_0003	Fort_01_0004	2001
Fort_06_0341	341	Hunn	Nei	Fort_01_0004	Fort_01_0013	2001
Fort_06_0303	303	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0009	2001
Fort_06_0327	327	Hunn	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0006	2001
Fort_06_0338	338	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0006	2001
Fort_06_0302	302	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0006	2001
Fort_06_0345	345	Hann	Ja	NA	NA	2001
Fort_06_0339	339	Hunn	Nei	NA	NA	2002
Fort_06_0340	340	Hunn	Nei	NA	NA	2002
Fort_06_0344	344	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_06_0001	1	Hunn	Ja	NA	NA	2000
Fort_06_0320	320	Hunn	Ja	NA	NA	1999
Fort_06_0336	336	Hann	Ja	NA	NA	1999
Fort_06_0342	342	Hann	Ja	NA	NA	2000
Fort_06_0346	346	Hunn	Ja	NA	NA	2000
Fort_07_0330	330	Hann	Nei	Fort_01_0001	Fort_01_0004	2001
Fort_07_0331	331	Hunn	Nei	Fort_01_0004	Fort_01_0013	2001
Fort_07_0332	332	Hann	Ja	NA	NA	2000
Fort_07_0333	333	Hann	Nei	NA	NA	2000
Fort_07_0379	379	Hunn	Nei	NA	NA	2000
Fort_07_0380	380	Hunn	Ja	NA	NA	2000
Fort_07_0381	381	Hunn	Ja	NA	NA	2000
Fort_07_0383	383	Hann	Ja	NA	NA	2001
Fort_08_0389	389	Hunn	Nei	Fort_01_0001	Fort_01_0004	2001
Fort_08_0388	388	Hann	Nei	Fort_04_0377	Fort_04_0378	2004
Fort_08_0394	394	Hunn	Nei	Fort_04_0381	Fort_04_0386	2004
Fort_08_0385	385	Hann	Nei	Fort_04_0387	Fort_04_0400	2004
Fort_08_0393	393	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_08_0384	384	Hunn	Ja	NA	NA	2002
Fort_09_0366	366	Hann	Nei	Fort_04_0358	Fort_04_0394	2004
Fort_09_0396	396	Hann	Nei	Fort_04_0358	Fort_04_0394	2004
Fort_09_0351	351	Hunn	Nei	Fort_04_0359	Fort_04_0385	2004
Fort_09_0374	374	Hunn	Nei	Fort_04_0359	Fort_04_0385	2004
Fort_09_0370	370	Hunn	Nei	Fort_04_0377	Fort_04_0396	2004
Fort_09_0372	372	Hunn	Nei	Fort_04_0377	Fort_04_0396	2004
Fort_09_0353	353	Hunn	Nei	Fort_04_0381	Fort_04_0386	2004
Fort_09_0371	371	Hann	Nei	Fort_04_0381	Fort_04_0386	2004
Fort_09_0355	355	Hann	Nei	Fort_04_0387	Fort_04_0400	2004
Fort_09_0356	356	Hunn	Nei	Fort_04_0387	Fort_04_0400	2004
Fort_09_0365	365	Hunn	Nei	Fort_04_0387	Fort_04_0400	2004
Fort_09_0368	368	Hunn	Nei	Fort_04_0387	Fort_04_0400	2004
Fort_09_0361	361	Hann	Nei	Fort_05_0365	Fort_05_0348	2005
Fort_09_0369	369	Hann	Nei	Fort_05_0365	Fort_05_0348	2005

Fort_09_0363	363	Hann	Nei	Fort_05_0367	Fort_05_0371	2005
Fort_09_0364	364	Hann	Nei	Fort_05_0367	Fort_05_0371	2005
Fort_09_0367	367	Hann	Nei	Fort_05_0367	Fort_05_0371	2005
Fort_09_0375	375	Hann	Nei	Fort_05_0367	Fort_05_0371	2005
Fort_09_0352	352	Hann	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_09_0357	357	Hunn	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_09_0358	358	Hunn	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_09_0362	362	Hann	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_09_0373	373	Hann	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_09_0359	359	Hann	Ja	NA	NA	2002
Fort_09_0360	360	Hann	Ja	NA	NA	2002
Fort_10_3300	3300	Hann	Nei	Fort_04_0381	Fort_04_0386	2004
Fort_10_0004	4	Hunn	Nei	Fort_05_0365	Fort_05_0348	2005
Fort_10_3298	3298	Hunn	Nei	Fort_05_0365	Fort_05_0363	2005
Fort_10_0003	3	Hunn	Nei	Fort_05_0367	Fort_05_0371	2005
Fort_10_3285	3285	Hunn	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_10_3296	3296	Hunn	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_10_3299	3299	Hann	Nei	Fort_05_0372	Fort_05_0348	2005
Fort_10_0005	5	Hann	Nei	Fort_06_0346	Fort_06_0344	2006
Fort_10_0006	6	Hann	Nei	Fort_06_0346	Fort_06_0344	2006
Fort_10_0007	7	Hann	Nei	Fort_06_0346	Fort_06_0344	2006
Fort_10_3283	3283	Hann	Nei	Fort_06_0346	Fort_06_0344	2006
Fort_10_0001	1	Hunn	Ja	NA	NA	2003
Fort_10_0002	2	Hunn	Ja	NA	NA	2004
Fort_10_0008	8	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_10_3276	3276	Hunn	Ja	NA	NA	2004
Fort_10_3284	3284	Hann	Ja	NA	NA	2005
Fort_11_3259	3259	Hann	Nei	Fort_01_0005	Fort_01_0006	2001
Fort_11_3311	3311	Hunn	Nei	Fort_04_0359	Fort_04_0385	2004
Fort_11_3312	3312	Hunn	Nei	Fort_05_0367	Fort_05_0371	2005
Fort_11_3254	3254	Hunn	Nei	Fort_06_0320	Fort_06_0344	2006
Fort_11_3274	3274	Hunn	Nei	Fort_06_0320	Fort_06_0344	2006
Fort_11_3326	3326	Hann	Nei	Fort_06_0320	Fort_06_0344	2006
Fort_11_3259	3259	Hann	Nei	Fort_06_0327	Fort_06_0338	2006
Fort_11_3272	3272	Hann	Nei	Fort_06_0327	Fort_06_0338	2006
Fort_11_3260	3260	Hann	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_11_3305	3305	Hunn	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_11_3304	3304	Hann	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_11_3253	3253	Hann	Nei	Fort_07_0379	Fort_07_0332	2007
Fort_11_3275	3275	Hann	Nei	Fort_07_0379	Fort_07_0332	2007
Fort_11_3251	3251	Hann	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_11_3269	3269	Hann	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_11_3270	3270	Hunn	Nei	Fort_08_0384	Fort_08_0385	2008
Fort_11_3267	3267	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3255	3255	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_11_3264	3264	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_11_3265	3265	Hunn	Nei	NA	NA	NA



Fort_11_3252	3252	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3256	3256	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3257	3257	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3258	3258	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3261	3261	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3262	3262	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3263	3263	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3266	3266	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3268	3268	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3271	3271	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3273	3273	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3301	3301	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3302	3302	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3306	3306	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_11_3307	3307	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3308	3308	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3310	3310	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_11_3313	3313	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_12_3319	3319	Hunn	Ja	Fort_05_0349	NA	2005
Fort_12_3320	3320	Hunn	Nei	Fort_06_0320	Fort_06_0344	2006
Fort_12_3318	3318	Hunn	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_12_3328	3328	Hunn	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_12_3329	3329	Hunn	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_12_3331	3331	Hunn	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_12_3314	3314	Hann	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_12_3325	3325	Hunn	Nei	Fort_07_0379	Fort_07_0332	2007
Fort_12_3341	3341	Hann	Nei	Fort_07_0379	Fort_07_0332	2007
Fort_12_3323	3323	Hunn	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_12_3324	3324	Hunn	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_12_3332	3332	Hunn	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_12_3337	3337	Hunn	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_12_3338	3338	Hunn	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_12_3339	3339	Hann	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_12_3342	3342	Hann	Nei	Fort_07_0380	Fort_07_0330	2007
Fort_12_3345	3345	Hann	Nei	Fort_08_0384	Fort_08_0385	2008
Fort_12_3330	3330	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_12_3333	3333	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_12_3334	3334	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_12_3335	3335	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_12_3340	3340	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_12_3315	3315	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_12_3316	3316	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_12_3317	3317	Hunn	Ja	NA	NA	2005
Fort_12_3321	3321	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_12_3326	3326	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_12_3327	3327	Hunn	Ja	NA	NA	2006
Fort_12_3336	3336	Hann	Ja	NA	NA	2006

Fort_12_3343	3343	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_12_3344	3344	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0357	357	Hunn	Nei	Fort_07_0331	Fort_07_0383	2007
Fort_13_0361	361	Hunn	Nei	Fort_08_0384	Fort_08_0385	2008
Fort_13_0283	283	Hann	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_13_0284	284	Hann	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_13_0285	285	Hann	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_13_0278	278	Hann	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_13_0279	279	Hann	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_13_0281	281	Hann	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_13_0282	282	Hann	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_13_0356	356	Hunn	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_13_0280	280	Hann	Nei	Fort_10_0002	Fort_10_3283	2010
Fort_13_0276	276	Hann	Nei	Fort_10_0004	Fort_10_3283	2010
Fort_13_0365	365	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0352	352	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_13_0360	360	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_13_0362	362	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_13_0363	363	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_13_0364	364	Hunn	Nei	NA	NA	NA
Fort_13_0277	277	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0286	286	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0287	287	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0351	351	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0354	354	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0355	355	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0358	358	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0359	359	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0366	366	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_13_0353	353	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_14_0427	427	Hunn	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_14_0436	436	Hunn	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_14_0334	334	Hann	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_14_0434	434	Hunn	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_14_0435	435	Hunn	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_14_0437	437	Hunn	Nei	Fort_09_0351	Fort_09_0375	2009
Fort_14_0442	442	Hunn	Nei	Fort_09_0360	Fort_09_0368	2009
Fort_14_0439	439	Hunn	Nei	Fort_09_0365	Fort_09_0355	2009
Fort_14_0429	429	Hunn	Nei	Fort_09_0370	Fort_09_0366	2009
Fort_14_0331	331	Hann	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_14_0332	332	Hann	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_14_0426	426	Hunn	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_14_0431	431	Hunn	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_14_0433	433	Hunn	Nei	Fort_09_0372	Fort_09_0359	2009
Fort_14_0329	329	Hann	Nei	Fort_10_0001	Fort_10_0005	2010
Fort_14_0342	342	Hann	Nei	Fort_10_0002	Fort_10_3283	2010
Fort_14_0440	440	Hunn	Nei	Fort_10_0002	Fort_10_3283	2010

Fort_14_0438	438	Hunn	Nei	Fort_10_0003	Fort_10_3283	2010
Fort_14_0343	343	Hann	Nei	Fort_10_0003	Fort_10_3283	2010
Fort_14_0339	339	Hann	Nei	Fort_10_0004	Fort_10_3283	2010
Fort_14_0328	328	Hann	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_14_0333	333	Hann	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_14_0336	336	Hann	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_14_0327	327	Hann	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_14_0330	330	Hann	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_14_0335	335	Hann	Nei	Fort_10_3285	Fort_10_3284	2010
Fort_14_0338	338	Hann	Nei	NA	NA	NA
Fort_14_0441	441	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_14_0326	326	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_14_0337	337	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_14_0340	340	Hann	Nei	NA	NA	2011
Fort_14_0341	341	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_14_0428	428	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_14_0430	430	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_14_0432	432	Hunn	Ja	NA	NA	2008
Fort_15_0378	378	Hunn	Nei	Fort_10_0001	Fort_10_0005	2010
Fort_15_0381	381	Hunn	Nei	Fort_10_0001	Fort_10_0005	2010
Fort_15_0383	383	Hunn	Nei	Fort_10_0004	Fort_10_3283	2010
Fort_15_0379	379	Hunn	Nei	Fort_10_0004	Fort_10_3283	2010
Fort_15_0380	380	Hunn	Nei	Fort_10_0004	Fort_10_3283	2010
Fort_15_0255	255	Hann	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_15_0377	377	Hunn	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_15_0382	382	Hunn	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_15_0386	386	Hunn	Nei	Fort_10_3276	Fort_10_3284	2010
Fort_15_0251	251	Hann	Nei	Fort_10_3285	Fort_10_3284	2010
Fort_15_0268	268	Hann	Nei	Fort_11_3262	Fort_11_3251	2011
Fort_15_0376	376	Hunn	Nei	Fort_11_3262	Fort_11_3251	2011
Fort_15_0270	270	Hann	Nei	Fort_11_3271	Fort_11_3326	2011
Fort_15_0384	384	Hunn	Nei	Fort_11_3271	Fort_11_3326	2011
Fort_15_0258	258	Hann	Nei	Fort_11_3306	Fort_11_3258	2011
Fort_15_0260	260	Hann	Nei	Fort_11_3306	Fort_11_3258	2011
Fort_15_0262	262	Hann	Nei	Fort_11_3306	Fort_11_3258	2011
Fort_15_0273	273	Hann	Nei	Fort_11_3306	Fort_11_3258	2011
Fort_15_0256	256	Hann	Nei	Fort_11_3311	Fort_11_3301	2011
Fort_15_0253	253	Hann	Nei	Fort_11_3312	Fort_11_3308	2011
Fort_15_0263	263	Hann	Nei	Fort_11_3312	Fort_11_3308	2011
Fort_15_0269	269	Hann	Nei	Fort_11_3312	Fort_11_3308	2011
Fort_15_0385	385	Hunn	Nei	Fort_11_3312	Fort_11_3308	2011
Fort_15_0252	252	Hann	Nei	Fort_11_3312	Fort_11_3308	2011
Fort_15_0257	257	Hann	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_15_0271	271	Hann	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2011
Fort_15_0266	266	Hann	Nei	Fort_12_3319	Fort_12_3344	2012
Fort_15_0265	265	Hann	Nei	Fort_12_3327	Fort_12_3333	2012
Fort_15_0259	259	Hann	Nei	NA	NA	2011

Fort_15_0254	254	Hann	Ja	NA	NA	2010
Fort_15_0261	261	Hann	Ja	NA	NA	2011
Fort_15_0264	264	Hann	Ja	NA	NA	2009
Fort_15_0267	267	Hann	Ja	NA	NA	2010
Fort_16_3294	3294	Hann	Ja	Fort_10_3298	Fort_10_0008	2010
Fort_16_0373	373	Hunn	Nei	Fort_11_3262	Fort_11_3251	2011
Fort_16_0367	367	Hunn	Nei	Fort_11_3271	Fort_11_3326	2011
Fort_16_3290	3290	Hann	Nei	Fort_11_3312	Fort_11_3308	2011
Fort_16_0374	374	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_16_0387	387	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_16_0389	389	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_16_0369	369	Hunn	Nei	Fort_12_3319	Fort_12_3344	2012
Fort_16_0388	388	Hunn	Nei	Fort_12_3319	Fort_12_3344	2012
Fort_16_0390	390	Hunn	Nei	Fort_12_3319	Fort_12_3344	2012
Fort_16_0450	450	Hann	Nei	Fort_12_3319	Fort_12_3344	2012
Fort_16_0275	275	Hann	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_16_0347	347	Hann	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_16_0375	375	Hunn	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_16_3289	3289	Hann	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_16_0344	344	Hann	Nei	Fort_12_3327	Fort_12_3333	2012
Fort_16_0371	371	Hunn	Nei	Fort_12_3328	Fort_12_3345	2012
Fort_16_0447	447	Hunn	Nei	Fort_12_3328	Fort_12_3345	2012
Fort_16_0288	288	Hann	Nei	Fort_12_3331	Fort_12_3336	2012
Fort_16_0345	345	Hann	Nei	Fort_12_3338	Fort_12_3321	2012
Fort_16_0348	348	Hann	Nei	Fort_13_0363	Fort_13_0285	2013
Fort_16_0349	349	Hann	Nei	Fort_13_0365	Fort_13_0276	2013
Fort_16_3291	3291	Hann	Ja	NA	NA	2012
Fort_16_0273	273	Hann	Ja	NA	NA	2010
Fort_16_0274	274	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_16_0346	346	Hann	Ja	NA	NA	2010
Fort_16_0368	368	Hunn	Ja	NA	NA	2008
Fort_16_0370	370	Hunn	Ja	NA	NA	2010
Fort_16_0372	372	Hunn	Ja	NA	NA	2009
Fort_16_0448	448	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_16_0449	449	Hann	Ja	NA	NA	2009
Fort_16_3288	3288	Hann	Ja	NA	NA	2010
Fort_16_3292	3292	Hann	Ja	NA	NA	NA
Fort_16_3293	3293	Hann	Ja	NA	NA	2011
Fort_17_0457	457	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_17_0461	461	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_17_0470	470	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_17_0480	480	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2012
Fort_17_0392	392	Hunn	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_17_0458	458	Hunn	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_17_0474	474	Hunn	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_17_0459	459	Hunn	Nei	Fort_12_3325	Fort_12_3321	2012
Fort_17_0460	460	Hunn	Nei	Fort_12_3329	Fort_12_3336	2012

Fort_17_0482	482	Hann	Nei	Fort_12_3329	Fort_12_3336	2012
Fort_17_0462	462	Hunn	Nei	Fort_12_3338	Fort_12_3321	2012
Fort_17_0464	464	Hunn	Nei	Fort_13_0351	Fort_13_0281	2013
Fort_17_0465	465	Hunn	Nei	Fort_13_0351	Fort_13_0281	2013
Fort_17_0472	472	Hunn	Nei	Fort_13_0351	Fort_13_0281	2013
Fort_17_0477	477	Hunn	Nei	Fort_13_0351	Fort_13_0281	2013
Fort_17_0479	479	Hunn	Nei	Fort_13_0351	Fort_13_0281	2013
Fort_17_0469	469	Hunn	Nei	Fort_13_0351	Fort_13_0281	2013
Fort_17_0453	453	Hunn	Nei	Fort_13_0353	Fort_13_0278	2013
Fort_17_0463	463	Hunn	Nei	Fort_13_0353	Fort_13_0278	2013
Fort_17_0471	471	Hunn	Nei	Fort_13_0353	Fort_13_0278	2013
Fort_17_0475	475	Hunn	Nei	Fort_13_0354	Fort_13_0284	2013
Fort_17_0483	483	Hann	Nei	Fort_13_0354	Fort_13_0284	2013
Fort_17_0468	468	Hunn	Nei	Fort_13_0356	Fort_13_0277	2013
Fort_17_0487	487	Hann	Nei	Fort_13_0356	Fort_13_0277	2013
Fort_17_0488	488	Hann	Nei	Fort_13_0356	Fort_13_0277	2013
Fort_17_0486	486	Hann	Nei	Fort_13_0357	Fort_13_0277	2013
Fort_17_0476	476	Hunn	Nei	Fort_13_0363	Fort_13_0285	2013
Fort_17_0391	391	Hunn	Nei	Fort_13_0364	Fort_13_0279	2013
Fort_17_0473	473	Hunn	Nei	Fort_13_0364	Fort_13_0279	2013
Fort_17_0484	484	Hann	Nei	Fort_14_0432	Fort_14_0342	2014
Fort_17_0393	393	Hunn	Ja	NA	NA	2009
Fort_17_0451	451	Hunn	Ja	NA	NA	2010
Fort_17_0452	452	Hunn	Ja	NA	NA	2010
Fort_17_0454	454	Hunn	Ja	NA	NA	2009
Fort_17_0455	455	Hunn	Ja	NA	NA	2011
Fort_17_0456	456	Hunn	Ja	NA	NA	2010
Fort_17_0466	466	Hunn	Ja	NA	NA	2010
Fort_17_0467	467	Hunn	Ja	NA	NA	2009
Fort_17_0478	478	Hunn	Ja	NA	NA	2009
Fort_17_0481	481	Hann	Ja	NA	NA	2011
Fort_17_0485	485	Hann	Ja	NA	NA	2010
Fort_18_0497	497	Hunn	Nei	Fort_12_3317	Fort_12_3330	2013
Fort_18_0488	488	Hunn	Nei	Fort_12_3338	Fort_12_3321	2012
Fort_18_0481	481	Hunn	Nei	Fort_13_0353	Fort_13_0278	2012
Fort_18_0490	490	Hunn	Nei	Fort_13_0356	Fort_13_0277	2013
Fort_18_0484	484	Hunn	Nei	Fort_13_0357	Fort_13_0277	2013
Fort_18_0486	486	Hunn	Nei	Fort_13_0357	Fort_13_0277	2013
Fort_18_0494	494	Hunn	Nei	Fort_13_0359	Fort_13_0287	2013
Fort_18_0495	495	Hunn	Nei	Fort_13_0359	Fort_13_0287	2013
Fort_18_0452	452	Hann	Nei	Fort_13_0365	Fort_13_0276	2013
Fort_18_0458	458	Hann	Nei	Fort_13_0365	Fort_13_0276	2013
Fort_18_0459	459	Hann	Nei	Fort_13_0365	Fort_13_0276	2013
Fort_18_0485	485	Hunn	Nei	Fort_13_0365	Fort_13_0276	2013
Fort_18_0499	499	Hunn	Nei	Fort_14_0431	Fort_14_0326	2014
Fort_18_0453	453	Hann	Nei	Fort_14_0426	Fort_14_0340	2014
Fort_18_0456	456	Hann	Nei	Fort_14_0426	Fort_14_0340	2014

Fort_18_0457	457	Hann	Nei	Fort_14_0427	Fort_14_0338	2014
Fort_18_0460	460	Hann	Nei	Fort_12_3338	Fort_12_3321	2012
Fort_18_0451	451	Hann	Nei	Fort_14_0432	Fort_14_0342	2014
Fort_18_0455	455	Hann	Nei	Fort_14_0432	Fort_14_0342	2014
Fort_18_0483	483	Hunn	Nei	Fort_14_0432	Fort_14_0342	2014
Fort_18_0482	482	Hunn	Nei	Fort_14_0433	Fort_14_0334	2014
Fort_18_0493	493	Hunn	Nei	Fort_14_0433	Fort_14_0334	2014
Fort_18_0454	454	Hann	Nei	Fort_14_0437	Fort_14_0337	2014
Fort_18_0492	492	Hunn	Ja	NA	NA	NA
Fort_18_0498	498	Hunn	Nei	Fort_13_0365	Fort_13_0276	2013
Fort_18_0487	487	Hunn	Ja	NA	NA	2011
Fort_18_0489	489	Hunn	Ja	NA	NA	2012
Fort_18_0491	491	Hunn	Ja	NA	NA	2011
Fort_18_0496	496	Hunn	Ja	NA	NA	2012
Fort_19_0443	443	Hunn	Nei	Fort_12_3328	Fort_12_3345	2012
Fort_19_0399	399	Hunn	Ja	Fort_12_3337	Fort_12_3336	2012
Fort_19_0447	447	Hunn	Ja	Fort_12_3337	Fort_12_3336	2012
Fort_19_0462	462	Hann	Nei	Fort_13_0353	Fort_13_0278	2013
Fort_19_0398	398	Hunn	Nei	Fort_13_0354	Fort_13_0284	2013
Fort_19_0464	464	Hann	Nei	Fort_13_0357	Fort_13_0277	2013
Fort_19_0461	461	Hann	Nei	Fort_14_0432	Fort_14_0342	2014
Fort_19_0445	445	Hunn	Nei	Fort_14_0432	Fort_14_0342	2014
Fort_19_0400	400	Hunn	Nei	Fort_14_0433	Fort_14_0334	2014
Fort_19_0470	470	Hann	Nei	Fort_14_0436	Fort_14_0335	2014
Fort_19_0395	395	Hunn	Nei	Fort_14_0437	Fort_14_0337	2014
Fort_19_0500	500	Hunn	Nei	Fort_14_0437	Fort_14_0337	2014
Fort_19_0467	467	Hann	Nei	Fort_15_0381	Fort_15_0265	2015
Fort_19_0469	469	Hann	Nei	Fort_15_0381	Fort_15_0265	2015
Fort_19_0394	394	Hunn	Ja	NA	NA	2013
Fort_19_0396	396	Hunn	Ja	NA	NA	2014
Fort_19_0397	397	Hunn	Ja	NA	NA	2012
Fort_19_0444	444	Hunn	Ja	NA	NA	2013
Fort_19_0446	446	Hunn	Ja	NA	NA	2012
Fort_19_0463	463	Hann	Ja	NA	NA	2011
Fort_19_0466	466	Hann	Ja	NA	NA	2014
Fort_19_0468	468	Hann	Ja	NA	NA	2013
Fort_20_0195	195	Hunn	Ja	Fort_13_0359	Fort_13_0287	2013
Fort_20_0193	193	Hunn	Ja	Fort_14_0433	Fort_14_0334	2014
Fort_20_0190	190	Hunn	Nei	Fort_15_0377	Fort_15_0268	2015
Fort_20_0188	188	Hunn	Nei	Fort_16_0367	Fort_16_0344	2016
Fort_20_0472	472	Hann	Nei	Fort_16_0368	Fort_16_0275	2016
Fort_20_0473	473	Hann	Nei	Fort_16_0368	Fort_16_0275	2016
Fort_20_0474	474	Hann	Nei	Fort_16_0368	Fort_16_0275	2016
Fort_20_0475	475	Hann	Nei	Fort_16_0369	Fort_16_3291	2016
Fort_20_0477	477	Hann	Nei	Fort_17_0393	Fort_17_0485	2017
Fort_20_0478	478	Hann	Nei	Fort_17_0451	Fort_17_0481	2017
Fort_20_0471	471	Hann	Nei	Fort_17_0464	Fort_17_0484	2017

---

Fort_20_0196	196	Hunn	Nei	NA	NA	2015
Fort_20_0197	197	Hunn	Nei	NA	NA	2016
Fort_20_0189	189	Hunn	Ja	NA	NA	2015
Fort_20_0191	191	Hunn	Ja	NA	NA	2015
Fort_20_0192	192	Hunn	Ja	NA	NA	2013
Fort_20_0194	194	Hunn	Ja	NA	NA	2014
Fort_20_0476	476	Hann	Ja	NA	NA	2013
Fort_20_0479	479	Hann	Ja	NA	NA	2013

---







*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.*

1987

NINA Rapport

ISSN:1504-3312  
ISBN: 978-82-426-4766-5

## Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: [firmapost@nina.no](mailto:firmapost@nina.no)

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger