



RØMT OPPDRETTLAKS – RISIKOVURDERING OG KUNNSKAPSSTATUS 2024

Risiko for ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks

Redaktør(er): Monica F. Solberg og Ellen Sofie Grefsrud (HI)



Tittel (norsk og engelsk):

Rømt oppdrettslaks – risikovurdering og kunnskapsstatus 2024

Escaped farmed Atlantic salmon - risk assessment and knowledge status 2024

Undertittel (norsk og engelsk):

Risiko for ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks

Risk of further genetic introgression of farmed escapees in wild Norwegian salmon

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen

ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2024-32

Dato:

15.07.2024

Forfatter(e):

Monica F. Solberg, Lasse Berg Andersen, Kevin Glover, Øystein Skaala, Elisabeth Stöger, Kjell Rong Utne, Vidar Wennevik (HI), Ola Diserud (NINA), Peder Fiske (NINA), Kjetil Hindar (NINA), Sten Karlsson (NINA) og Ellen Sofie Grefsrud (HI)

Redaktør(er): Monica F. Solberg og Ellen Sofie Grefsrud (HI)

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger

Programleder(e): Mari Skuggedal Myksvoll

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

15742-02

Program:

Miljøeffekter av akvakultur

Forskningsgruppe(r):

Populasjonsgenetikk

Antall sider:

94

Samarbeid med

Sammendrag (norsk):

Rømming av oppdrettslaks fra oppdrettsanlegg utgjør en trussel mot den genetiske integriteten til de ville laksebestandene. Undersøkelser viser at det er en sammenheng mellom andel rømt oppdrettslaks i et vassdrag og genetisk endring målt som innkryssing med genetiske markører. Det betyr at jo flere rømte oppdrettslaks det er på gyteplassen, desto høyere forventes den genetiske innkryssingen å bli. I tillegg til andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen, kan villaksbestandenes robusthet påvirke nivået av innkryssing. Dette fordi tallrike villaksbestander uten tidligere genetisk innkryssing vurderes å være mer robuste overfor rømt oppdrettslaks, siden den rømte oppdrettslaksen der møter større konkurranse fra bedre tilpassete, ville individer. Disse faktorene danner grunnlaget for risikovurderingen for ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks.

Det er i hovedsak tre faktorer som bestemmer sannsynlighet for hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene i hvert enkelt produksjonsområde: antall oppdrettslaks som rømmer, andel rømt oppdrettslaks i elv og utfisking/fjerning av rømt oppdrettslaks fra elv. Av disse tre faktorene er det andel rømt oppdrettslaks i elv som vektet tyngst. Dette rapporteres årlig i gjennomsnittlig 200 elver gjennom det Nasjonale Overvåkningsprogrammet for Rømt Oppdrettslaks (heretter omtalt som Overvåkningsprogrammet). Andelen rømt oppdrettslaks i elvene varierer mellom år, og det har vært en synkende tendens i registreringene siden 2014. Offisielle rømmingstall hentes direkte fra Fiskeridirektoratet, og er beheftet med usikkerhet, mens effekten av utfisking vurderes basert på data fra OURO (oppdrettsnæringens sammenslutning for utfisking av rømt oppdrettslaks) og Overvåkningsprogrammet. I elver med høyt innslag av rømt oppdrettslaks skal det gjennomføres utfisking, men dette gjøres som oftest med ett års forsinkelse og kan føre til at det ikke gjennomføres utfiske det året hvor det faktisk er mye rømt oppdrettslaks i vassdraget. I slik tilfeller vil utfisking kunne ha begrenset effekt i å hindre ytterligere innkryssing av rømt oppdrettslaks.

Hvor robuste bestandene er for innkryssing av rømt oppdrettslaks, påvirkes av genetisk status hos de ville bestandene og villaksens bestandsstatus. Dersom bestandene når sine gytebestandsmål, har de mange nok ville gytelaks på gyteplassene til å kunne utnytte elvens produksjonspotensial. Konkurransen på gyteplassen blir enda sterkere dersom villaksbestanden er høyere enn gytebestandsmålet. Oppnåelse av gytebestandsmål og nivå av høstbart overskudd kartlegges årlig av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL). Innkryssing av rømt oppdrettslaks har allerede ført til omfattende genetisk endring hos mange villaksbestander, noe som kan svekke bestandene og gjøre dem mer sårbare mot ny innkryssing. Beskrivelse av genetisk status publiseres i rapportserien «Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander» som gis ut av Norsk institutt for naturforskning, og utgjør delnorm genetisk integritet til «Kvalitetsnorm for ville bestander av laks (*Salmo salar*)».

Risikovurderingen viser at kun de to sørligste (PO1 og PO2), samt det nordøstligste produksjonsområdet (PO13) fortsatt vurderes til å ha lav risiko for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Fem av de andre produksjonsområdene (PO5, 6, 9, 10 og 12) vurderes til å ha moderat risiko for ytterligere genetisk endring, mens fem produksjonsområder (PO3, 4, 7, 8 og 11) vurderes til å ha høy risiko for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. I PO9 er risikobildet justert ned fra høy til moderat risiko, mens for de andre PO-ene er vurderingene uendret fra den tilsvarende risikovurderingen gjort i 2023. En tilsvarende nedjustering ble gjort i 2023, da ble risikobildet justert ned fra høy til moderat i PO10. Det konkluderes derfor med at det også i de kommende år vil være høy risiko for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i ville bestander i deler av landet, selv om de to siste risikovurderingene viser et noe forbedret risikobilde.

Denne risikovurderingen bygger i hovedsak på data fra nasjonalt overvåkningsprogram for rømt oppdrettslaks i vassdrag og Fiskeridirektoratets statistikk i perioden 2018-2022. Genetisk status er basert på data publisert i «Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville bestander – oppdatert status 2023» og bestandsstatus er basert på data publisert i VRL sin årlige rapport «Status for norske laksebestander». Risikorapporten består av to hoveddeler; første del som beskriver Risikovurderingen per produksjonsområde og Kunnskapsstatusen som beskriver bakgrunnskunnskapen for selve risikovurderingen og konsekvenser av innkryssing av rømt oppdrettslaks i ville bestander.

Sammendrag (engelsk):

Escaped farmed salmon pose a threat to the genetic integrity of wild salmon populations. Studies show that there is a connection between the proportion of escaped farmed salmon in a river and genetic change caused by introgression, measured using genetic markers. This means that the more escaped farmed salmon there are at the spawning grounds, the higher the probability of genetic change in the wild populations. In addition to the proportion of escaped farmed salmon at the spawning grounds, the robustness of the wild salmon populations can affect the level of introgression. This because strong and numerous wild salmon populations without previous introgression of farmed salmon are presumably more robust against introgression of escaped farmed salmon, since the escaped

farmed salmon there meets greater competition from better adapted wild individuals. These factors form the basis for the risk assessment for further genetic change in wild populations due to introgression of escaped farmed salmon.

There are mainly three factors that determine the probability of how much escaped farmed salmon there are on the spawning grounds in each production area: the number of salmon that escape, proportion of escaped farmed salmon in the river and removal of escaped farmed salmon from the river. Of these three factors, it is the proportion of escaped farmed salmon in rivers that is weighted most heavily. This is reported annually in an average of 200 rivers through the national monitoring program for escaped farmed salmon in rivers. Although the proportion of escaped farmed salmon in Norwegian rivers have fluctuated between years, there has been a downward trend since 2014. Official figures on escaped farmed salmon are obtained directly from the Directorate of Fisheries, and are fraught with uncertainty, while the effect of fishing is assessed based on data from OURO (the farming industry's association for the removal of escaped farmed salmon) and the national monitoring programme. In rivers with a high concentration of escaped farmed salmon, fishing activities must be carried out, but this is usually done with a delay of one year and may lead to watercourses with a lot of escaped farmed salmon not being covered by OURO.

How robust the populations are against introgression of escaped farmed salmon is influenced by the genetic status of the wild populations and the population status of the wild salmon. If the populations reach their spawning targets, there is enough wild mature salmon on the spawning grounds to fully utilize the river's production potential. Competition on the spawning ground becomes even stronger if the wild salmon population is higher in numbers than the spawning target. Achievement of spawning targets and the level of harvest surplus are surveyed annually by the Norwegian Scientific Advisory Committee for Atlantic Salmon Management (VRL). Introgression of escaped farmed salmon has already led to extensive genetic change in many wild salmon populations, which can weaken the populations and can make them more vulnerable to new introgression. Description of genetic status is published in the report series "Genetic influence of escaped farmed salmon on wild salmon populations" and forms part of the genetic integrity standard of "Quality standard for wild salmon populations (*Salmo salar*)".

The risk assessment shows that only the two most southerly (PO1 and PO2), as well as the most north-eastern production area (PO13) are still considered to have a low risk of further genetic change as a result of introgression of escaped farmed salmon. Five of the other production areas (PO5, 6, 9, 10 and 12) are assessed to have a moderate risk of further genetic change, while five production areas (PO3, 4, 7, 8 and 11) are assessed to have a high risk of further genetic change as a result of introgression of escaped farmed salmon. In PO9, the risk level has been reduced from high to moderate risk, while for the other POs the assessments are unchanged from the risk assessment in 2023. A similar adjustment was also made in 2023, when the risk level was reduced from high to moderate in PO10. It is therefore concluded that there is a high risk for further genetic change due to introgression of escaped farmed salmon into wild populations in parts of the country, although the risk level has improved somewhat in the two last risk assessments.

This 2024 assessment is mainly based on data from 2018-2022, with the exception of genetic status (based upon data from a report published in 2023). This risk report consists of two parts; the first part which describes the risk assessment per production area and the knowledge status which describes the background knowledge for the risk assessment itself and the consequences of the introgression of escaped farmed salmon into wild stocks.

Innhold

1. Innledning	6
1.1. Problemstilling	6
1.2. Mål og omfang	6
2. Metodikk for risikovurdering	8
3. Faktorer som medfører genetisk endring hos villaks på grunn av innkryssing av rømt oppdrettslaks	13
4. Risikovurdering av ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av oppdrettslaks i de 13 produksjonsområdene	19
4.1. Produksjonsområde 1, Svenskegrensen til Jæren	19
4.2. Produksjonsområde 2, Ryfylke	21
4.3. Produksjonsområde 3, Karmøy til Sotra	22
4.4. Produksjonsområde 4, Nordhordland til Stadt	24
4.5. Produksjonsområde 5, Stadt til Hustadvika	26
4.6. Produksjonsområde 6, Nordmøre og Sør-Trøndelag	28
4.7. Produksjonsområde 7, Nord-Trøndelag med Bindal	30
4.8. Produksjonsområde 8, Helgeland til Bodø	32
4.9. Produksjonsområde 9, Vestfjorden og Vesterålen	34
4.10. Produksjonsområde 10, Andøya til Senja	36
4.11. Produksjonsområde 11, Kvaløya til Loppa	39
4.12. Produksjonsområde 12, Vest-Finnmark	41
4.13. Produksjonsområde 13, Øst-Finnmark	42
5. Konklusjon	45
6. Kunnskapsstatus	47
6.1 Faktorer inkludert i risikovurderingen	47
Rømt oppdrettslaks på gyteplassene	47
<i>Rømming</i>	47
<i>Andel rømt oppdrettslaks i elv</i>	52
<i>Utfisking/fjerning av rømt oppdrettslaks fra elv</i>	57
Bestandenes robusthet for ny innkryssing	60
<i>Villaksens bestandsstatus</i>	60
<i>Villaksens genetiske status</i>	61
6. 2 Konsekvenser av innkryssing av rømt oppdrettslaks	65
<i>Atlantisk laks, en art med genetisk forskjellige bestander</i>	65
<i>Hvor ulik er villaks og oppdrettslaks?</i>	65
<i>Genetisk påvirkning fra rømt oppdrettslaks – hva forteller empiriske data oss?</i>	68
<i>Modellering</i>	75
<i>Faktorer som forklarer variasjon i andel rømt oppdrettslaks i elv og grad av innkryssing</i>	76
7. Takk	78
8. Referanser	79

1. Innledning

1.1. Problemstilling

Laksen i norske oppdrettsanlegg stammer opprinnelig fra en rekke ville laksebestander. Tidlig på 1970-tallet ble det etablert flere avlslinjer for å forbedre produksjonsegenskaper som vekst og kjønnsmodning hos oppdrettslaks. 50 år senere har norsk oppdrettslaks gjennomgått omtrent 12 generasjoner med målrettet avl, og anses nå å være delvis domestisert og tilpasset et liv i fangenskap.

Rømt oppdrettslaks er en av hovedutfordringene for en miljømessig bærekraftig oppdrettsnæring. Hvert år rømmer det flere tusen laks fra norske oppdrettsanlegg. De fleste oppdrettslaks som rømmer, forsvinner i havet. Det er sannsynlig at de dør av sult, sykdom eller blir spist av predatorer. Likevel overlever en liten andel etter rømming, og vandrer opp i elvene hvert år. Villaksen forvaltes på bestandsnivå og etter «Kvalitetsnorm for ville bestander av atlantisk laks», som hviler på to kvalitetselementer: I) genetisk integritet og II) i hvilken grad bestandene oppnår gytebestandsmål og høstbart overskudd. For genetisk integritet er målet at bestandene skal ha kategori “god/svært god” som tilsvarer “ingen genetiske endringer grunnet påvirkning fra rømt oppdrettslaks”. Både forvaltning og næring har en nullvisjon for rømt oppdrettslaks og for ytterligere genetisk endring i de ville bestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks.

Rømt oppdrettslaks har dårligere gytesuksess enn vill laks, særlig hannfisken, men noen klarer å gyte med andre oppdrettslaks eller med villaks. Når oppdrettslaks gyter med villaks, fører dette til genetiske endringer i de ville laksebestandene. I Norge er det dokumentert og/eller indikert genetisk innkryssing i rundt to tredjedeler av 250 undersøkte villaksbestander (inkludert 14 bestander ikke definert som laksebestand i henhold til Vitenskapelig råd for lakseforvaltning), og i overkant av 30 % av de undersøkte bestandene er innkryssingen av oppdrettslaks på over 10 %. Forskning viser at avkommet til oppdrettslaks, og kryssinger med villaks, har en lavere overlevelse i naturen enn avkom fra villaks. Endringer i livshistorie hos både ungfisk og voksenfisk er også dokumentert i villaksbestander som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Innkryssing av rømt oppdrettslaks forandrer egenskapene til de ville laksebestandene, noe som kan svekke bestandenes evne til å tilpasse seg endringer i miljøet og som videre kan føre til en reduksjon i antall villaks som produseres. Innkryssing av rømt oppdrettslaks vil derfor både kunne svekke bestandene, og i tillegg gjøre dem mindre motstandsdyktige mot framtidig innkryssing av rømt oppdrettslaks. Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks vil kunne bidra til å forsterke disse effektene, med den konsekvens at de ville laksebestandene kan bli mer sårbare og mindre tilpasningsdyktige for endringer i naturen.

1.2. Mål og omfang

Målsettingen med denne risikovurderingen er *å vurdere risiko for ytterligere genetisk endring av rømt oppdrettslaks i villaksbestander som følge av at rømt oppdrettslaks gyter i elvene.*

«Ytterligere genetisk endring» er her definert som videre genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks, framover i tid. Risikovurderingen vil dermed ikke vurdere risiko for at innkryssing som allerede har skjedd, vedvarer gjennom avkom av oppdrettslaks klekket i naturen (oppdrett-vill-hybrider eller tilbakekryssinger). Status for genetisk innkryssing blir vurdert gjennom Kvalitetsnormen for villaks. Normen er retningsgivende for vurdering av behov for tiltak mot den samlede effekten av både tidligere genetisk innkryssing og ytterligere innkryssing som følge av rømt oppdrettslaks.

I tidligere utgaver av risikovurderingen, utgitt i perioden 2011-2018, har vi kun brukt andel rømt oppdrettslaks i vassdragene for å vurdere om det var lav, moderat eller høy sannsynlighet for ytterligere genetisk endring

vurdert for ett år om gangen. Denne tilnærmingen var basert på data fra Overvåkningsprogrammet og undersøkelser som viser at det er en sammenheng mellom andel rømt oppdrettslaks i et vassdrag og genetisk endring målt som innkryssing med genetiske markører. Dette betyr at jo flere rømte oppdrettslaks det er i et vassdrag, desto høyere er sannsynligheten for genetisk endring grunnet innkryssing.

Fra 2019 har vi i risikovurderingen i tillegg til andel rømt oppdrettslaks i vassdragene, i større grad tatt hensyn til villaksbestandenes robusthet, som et estimat for motstandsdyktighet for ny innkryssing. Som indikator for robusthet benyttes kunnskap om genetisk status med tanke på tidligere innkryssing og oppnåelse av gytebestandsmål (mengde hunnlaks som trengs for å utnytte elvens produksjonspotensial) og høstingspotensial til bestandene. Dette begrunnes med at tallrike villaksbestander uten tidligere genetisk innkryssing antakelig er mer robuste overfor rømt oppdrettslaks, som møter stor konkurranse fra bedre tilpassete, ville individer. Motsatt, i svekkede villaksbestander som er tallmessig svake og allerede er genetisk innkrysset med rømt oppdrettslaks, vil rømt oppdrettslaks ha mindre konkurranse fra villaks og dermed større sjanse til å få avkom.

Den rømte oppdrettslaksens biologiske status ved rømming påvirker evnen til å overleve i naturen, vandre opp i vassdragene og gyte sammen med villaks. Dette omfatter for eksempel livsfase, kjønn, kjønnsmodning, tidspunkt for rømming, lysregime på anlegget før rømming, sykdomsstatus, størrelse, alder og tid i det fri. Siden det finnes lite kunnskap om hvordan oppdrettslaksens biologiske status ved rømming varierer mellom produksjonsområder, har vi per nå ikke inkludert disse faktorene i den nåværende risikovurderingen, men antar i all hovedsak at all rømt oppdrettslaks har samme biologiske status. I enkelte tilfeller hvor vi har informasjon om store rømmingsepisoder hvor biologisk status med stor sannsynlighet påvirker oppdrettslaksens overlevelse etter rømming, er dette tatt hensyn til.

I denne rapporten vurderes alle villaksbestandene innen et produksjonsområde samlet, istedenfor å vurdere risikoen for de enkelte bestandene. En del av risikofaktorene er knyttet til fysisk karakteristikk av det enkelte vassdrag og biologisk karakteristikk av den enkelte bestand. Fordi det innenfor hvert produksjonsområde vil være vassdrag og laksebestander som er ulike med hensyn til disse faktorene, vil aggregering av bestandene innenfor et produksjonsområde ikke nødvendigvis gi et godt uttrykk for tilstand og risiko for enkeltbestander. Der det er behov, har vi trukket fram tilstanden i enkeltvassdrag for å gi et mer nyansert risikobilde i det aktuelle produksjonsområdet. Vurderingen er i hovedsak gjort basert på tilgjengelige data fra perioden 2018-2022.

En utdypning av de ulike risikopåvirkende faktorene inkludert data og faglige referanser finnes i kunnskapsstatus i slutten av rapporten.

2. Metodikk for risikovurdering

I denne risikovurderingen kartlegges og analyseres usikkerhet knyttet til ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Risikoanalysen inngår som en del av forvaltningens beslutningsunderlag, og skal bidra til å sikre en bærekraftig utvikling av norsk fiskeoppdrett i tråd med norske og internasjonale bærekraftsmål.

Metodikken som ligger til grunn for risikoresultatene presentert i denne rapporten er utviklet av Havforskningsinstituttet og publisert i Andersen mfl. (2022). I dette kapittelet oppsummeres hovedpunktene i metodikken med fokus på å forstå resultatene av risikovurderingen, hvordan de er fremkommet og hva de bygger på. For detaljer rundt fundamentale forhold og hvordan risikovurderingen gjennomføres henviser vi til artikkelen.

I takt med forskningsfronten innen risikofaget finnes ingen objektive og korrekte risikotall som utgjør en form for fasit, det finnes kun usikkerhet knyttet til hva som ligger foran oss. Og det er nettopp denne usikkerheten fagekspertene sier noe om i denne rapporten. Målet med risikovurderingen er å skape risikoforståelse og risikoerkjennelse hos forvaltningen og andre interessenter som utgangspunkt for prioriteringer og beslutninger om veivalg og tiltak. Det er samtidig avgjørende at beslutningstakere og andre som skal benytte resultatene fra risikovurderingen, forstår at ufullstendig informasjon, utilstrekkelig kunnskap, hypoteser og antakelser er en del av, og i stor grad karakteriserer en slik analyse. Vi har valgt å visualisere resultatet av risikovurderingene i form av grafiske hierarkiske strukturer (risikokart) som er ment å gi en hurtig og intuitiv forståelse for *risikokilder, hendelser og mulige konsekvenser med tilhørende usikkerhet* knyttet til næringens aktivitet. Det er imidlertid argumentasjonen som ligger til grunn for risikokartene som skal skape tillit og eventuelt overbevise leseren om at risikovurderingen gir mening.

Fundamentale forhold knyttet til risikoanalysefaget som terminologi, definisjoner og metodisk tilnærming er forankret i Society for Risk Analysis, glossary (SRA, 2018); «Risk, Surprises and Black Swans – Fundamental Ideas and Concepts in Risk Assessment and Risk Management» (Aven, 2014) og NS 5814:2021 + AC:2023.

Risiko defineres i tråd med (SRA, 2018) som følger:

Med risiko menes konsekvenser (C) av aktiviteten med tilhørende usikkerhet (U)

Risikobegrepet introduserer dermed «konsekvenser» og «usikkerhet» - (C , U) som to sentrale aspekter som henger sammen. Med «usikkerhet» menes her en kunnskapsbasert usikkerhet (epistemisk) som knyttes til det å ikke vite fremtidige konsekvenser. Risikovurderingene i denne rapporten måler og beskriver usikkerhet ved hjelp av sannsynligheter og kunnskapsstyrke knyttet til ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Vi måler og beskriver risiko ved (C' , Q , K) der C' er spesifikke konsekvenser av aktiviteten, Q er et verktøy for å måle usikkerhet, og K er bakgrunnskunnskapen som vurderinger av C' og Q bygger på. Vi velger å splitte opp de spesifikke konsekvensene C' , i risikokilder RS' , og hendelser A' . Risiko beskrives da ved de fem variablene (RS' , A' , C' , Q , K). Vi måler usikkerheten Q ved hjelp av subjektive sannsynligheter P og vurderinger av kunnskapsstyrke SoK (*Strength of Knowledge*). Betrachninger om P og SoK hviler på bakgrunnskunnskapen K , og vi skriver $Q(P, SoK, K)$.

For denne aktuelle problemstillingen relateres usikkerheten eksemplvis til:

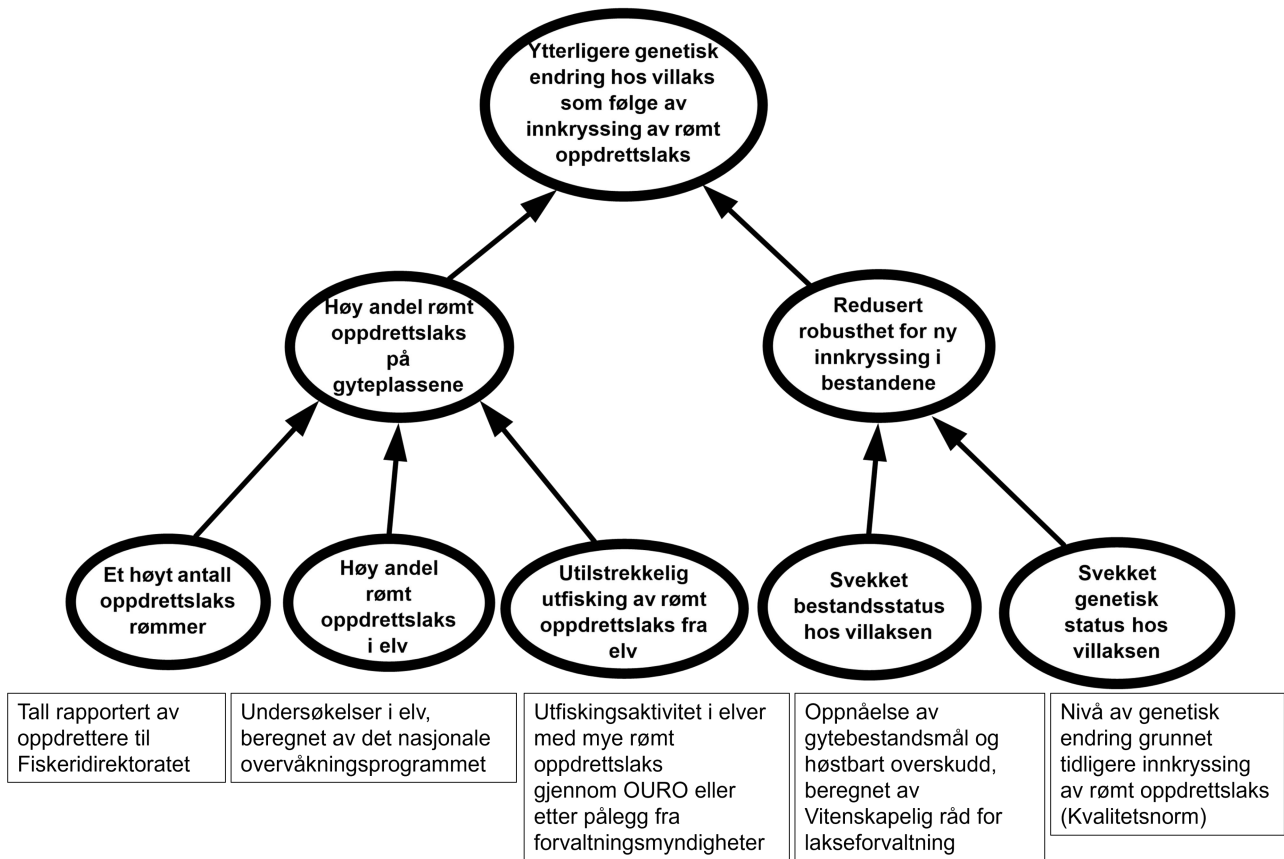
- Hvor mye oppdrettslaks rømmer årlig?
- Hvordan sprer den rømte oppdrettslaksen seg etter at den har rømt fra et anlegg?

- Hvor stor gytesuksess har den rømte oppdrettslaksen på gyteplassen?
- Hvordan påvirker tidligere innkryssing av rømt oppdrettslaks de ville bestandenes robusthet mot ny innkryssing?

Usikkerheten knyttes til hva som kan skje, hvor ofte, samt til omfang og alvorlighetsgrad av konsekvensene. Vi kan måle denne usikkerheten ved hjelp av sannsynlighetsbetraktninger og forventningsverdier forankret i historiske data. Imidlertid vil en tilnærming der vi utelukkende bruker sannsynligheter som mål på usikkerhet, kunne føre til uheldige forenklinger og tap av viktige nyanser. I denne risikovurderingen søker forskerne å legge all tilgjengelig kunnskap til grunn, samt karakterisere denne for å øke innsikt og forståelse. Søkelys på usikkerhet, herunder manglende kunnskap knyttet til mulige kausale sammenhenger og konsekvenser fremover i tid, bidrar til effektiv utnyttelse av all tilgjengelig innsikt og stimulerer til videre utvikling av kunnskapsgrunnlaget.

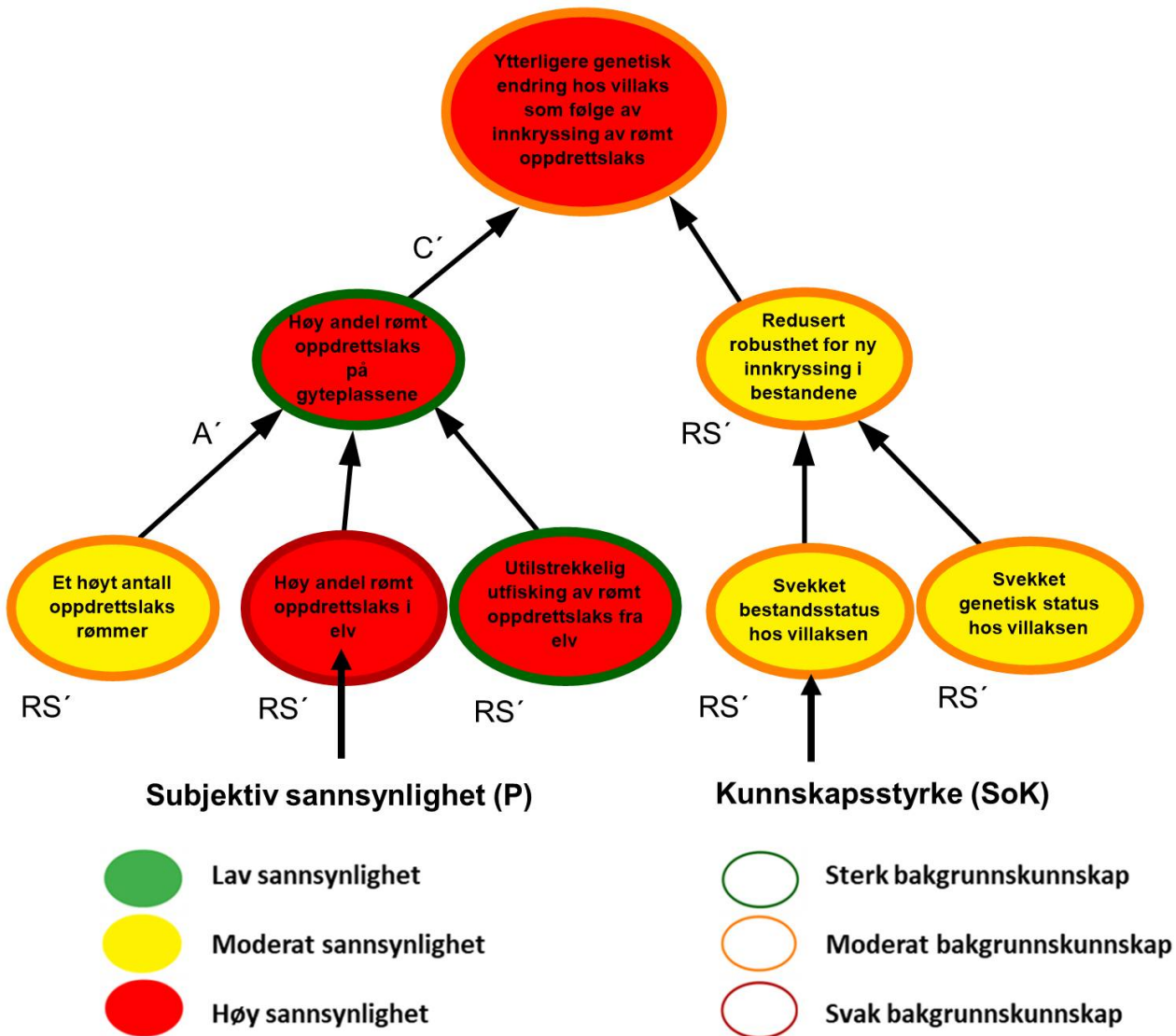
Styrken til bakgrunnskunnskapen (i forhold til RS' , A' , og C') vurderes eksplisitt ved SoK, det vil si en vurdering av hvorvidt kunnskapen som danner grunnlaget for en bestemt konklusjon, er sterk eller svak. Resultater som bygger på svak kunnskap, kan skjule deler av risikobildet gjennom eksempelvis feilaktige antakelser. Ved å inkludere en redegjørelse for kunnskapsstyrken i analysen, gis beslutningstakere mulighet til å ta stilling til hvorvidt kunnskapen på et område er tilstrekkelig som fundament for strategiske og operasjonelle veivalg. I motsatt fall vil det være naturlig å vurdere en føre-var strategi og diskutere tiltak som bidrar til å styrke kunnskapsgrunnlaget.

I arbeidet med denne rapporten har vi systematisert og strukturert risikofaktorene (RS' , A' , C') knyttet til ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Det er lagt vekt på å inkludere all tilgjengelig kunnskap som utgangspunkt for å uttrykke og formidle usikkerhet (figur 2.1). Kunnskapsgrunnlaget varierer mellom de ulike risikofaktorene, avhengig av om det er gjennomført mye vitenskapelig forskning og om det eksisterer gode rapporteringssystemer og/eller overvåkningsprogrammer.



Figur 2.1 Eksempel på systematisering av risikofaktorene RS' , A' og C' , samt eksempler på data og andre kilder til bakgrunnskunnskap.

Bayesianske nettverk er valgt som et kvalitativt verktøy for å visualisere risiko, herunder; kausale sammenhenger RS' , A' og C' ; sannsynligheter P knyttet til hvorvidt disse inntreffer og styrken på kunnskapen SoK som disse vurderingene bygger på (figur 2.1). Hensikten er at de grafiske strukturene (kalt risikokart) og tilhørende argumentasjon skal bidra til hurtig og intuitiv risikoforståelse.



Figur 2.2. Eksempel på visualisering av risiko i et område. Risikokart bestående av risikokilder, hendelser og konsekvenser på ulike kausale nivå med fargekoder som uttrykk for subjektiv sannsynlighet og kunnskapsstyrke.

Risikokartene består av spesifikke risikokilder RS' , hendelser A' , og konsekvenser C' (kalt noder) og piler som illustrerer årsak – virkning. Usikkerhet knyttet til disse måles ved tripletten (P, SoK, K) . P er subjektive sannsynligheter som sier noe om hvorvidt RS' , A' , og C' inntreffer. I risikokartene benyttes fargekodene grønn, gul og rød farge på en node for å illustrere, lav, moderat og høy sannsynlighet. Fargen på sirkelen rundt noden illustrere hvorvidt denne vurderingen bygger på sterk, moderat eller svak kunnskap (SoK).

Forskerne benytter all tilgjengelig kunnskap, samt refleksjoner rundt kunnskap vi eventuelt mangler i arbeidet med å identifisere RS' , A' og C' og fastsette sannsynligheter for at de inntreffer. Eksempelvis er sannsynligheten for at «Et høyt antall oppdrettslaksen rømmer fra merdene» I figur 2.2 vurdert som moderat og fargekode gul benyttes på noden. Det er kunnskapsbasert usikkerhet knyttet til omfanget av feil og mangler i rapporteringen og forskerne argumenterer for at sannsynlighetsvurderingen av risikokilden bygger på moderat kunnskap. Fargekoden oransje benyttes på sirkelen rundt noden.

Et annet eksempel som vist i figur 2.2 er risikokilden «Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv» der sannsynlighetsvurderingen baseres på kunnskap om i hvilken grad det er grunn til å tro at rømt oppdrettslaks fjernes fra elvene før de kan bidra til innkryssing på gyteplassene. I eksempelet i figur 2.2 over vurderes

sannsynligheten som høy for at det ikke gjennomføres tilstrekkelig uttaksfiske og fargekode rød benyttes. God kunnskap om omfanget av utfiskingsaktivitet i området bidrar til at forskerne vurderer kunnskapsstyrken om utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv som sterk.

Hendelsen «Høy andel rømt oppdrettslaks på gyte plassene» påvirkes i all hovedsak av tre underliggende risikokilder der sannsynligheten for at disse skal inntreffe varierer mellom høy og moderat. For å forstå hvordan hendelsen «Høy andel rømt oppdrettslaks på gyte plassene» da kan vurderes som høyt sannsynlig må man lese forskernes argumentasjon. I dette tilfellet er forklaringen at det finnes mye rømt oppdrettslaks i elven og at utfisking er lite effektivt. Dette veier da tyngre enn den siste risikokilden. På samme vis må leseren studere forskernes argumentasjon for å forstå hvordan en samlet vurdering av kunnskapsstyrken knyttet til underliggende risikofaktorer summeres opp til kunnskapsstyrken for en overliggende hendelse.

3. Faktorer som medfører genetisk endring hos villaks på grunn av innkryssing av rømt oppdrettslaks

Faktorer som påvirker omfanget av ytterligere genetiske endringer ved innkryssing av oppdrettslaks i villaksbestander, er i første rekke sannsynlighet for at det er en **høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene** og at det er **reduisert robusthet for ny innkryssing i bestandene**. Det er i hovedsak følgende tre faktorer som påvirker sannsynligheten for at det er et høyt antall oppdrettslaks på gyteplassene: at et **høyt antall oppdrettslaks rømmer**, at det er en **høy andel rømt oppdrettslaks i elv** og at **utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv er utilstrekkelig**. Sannsynligheten for om bestandene har **reduisert robusthet for ny innkryssing** rømt oppdrettslaks, påvirkes av om de har **svekket bestandsstatus** og om de har **svekket genetisk status** (figur 2.1). Hvordan disse faktorene virker inn på risiko for ytterligere genetiske endringer hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks, utdypes i teksten under:

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene. Det er godt dokumentert at det er en sammenheng mellom andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene over tid og graden av genetisk innkryssing. Andel rømt oppdrettslaks som står på gyteplassene under gytingen forklares i all hovedsak av **antall oppdrettslaks som rømmer fra merdene, høy andel rømt oppdrettslaks i elv**, samt **utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv**. De to risikokildene «Høy andel rømt oppdrettslaks i elv» og «Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks i elvene» er lagt mest vekt på i vurderingen av sannsynlighet for en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra merdene. Rømming fra oppdrettsanlegg skal rapporteres til Fiskeridirktoratet, og en oversikt over offisielle rømmingstall er tilgjengelig på deres nettsider. Det er grunn til å anta at de offisielle rømmingstallene er beheftet med feil og mangler og representerer en undervurdering av reell rømming. Antagelsen bygger både på resultat av merkestudier og observasjoner av rømt oppdrettslaks uten at det er rapportert om rømming. Det er også stokastisk usikkerhet knyttet til estimatet av antall rømt oppdrettslaks grunnet store mengder laks i merdene. En forsinkelse i tallene kan oppstå grunnet tid mellom rømmingstidspunkt og utslakting. Vurderingene i denne rapporten er basert på årlig gjennomsnittlig rapportert rømming i perioden 2018-2022 (se tabell 6.1 i kunnskapsstatus). I dette tidsrommet ble det meldt om totalt 609 043 rømte oppdrettslaks.

Produksjonsområder med inntil noen hundre rapporterte rømte oppdrettslaks per år i perioden 2018-2022 karakteriseres ved lite rømming og sannsynligheten for at «Et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra merdene» vurderes som lav (fargekode grønn). I produksjonsområder der det rapporteres med noen tusen rømte oppdrettslaks per år i perioden 2018-2022 vurderes sannsynligheten som moderat (fargekode gul) og for produksjonsområder med årlig rapporterte gjennomsnitt i samme perioden på over ti tusen rømte oppdrettslaks vurderes sannsynligheten som høy (fargekode rød). I enkelte tilfeller overstyres grenseverdiene der tilgjengelig kunnskap tilsier at dette vil være riktig og er da ytterligere begrunnet i teksten. Det mangler kunnskap om de reelle rømmingstallene og det er også usikkerhet knyttet til påvirkning fra rømming fra andre produksjonsområder. Det er påvist en sammenheng mellom observasjon av rømt oppdrettslaks i elv innen et gitt produksjonsområde og rapportert antall rømt oppdrettsfisk fra det aktuelle, samt de nærliggende produksjonsområdene. Kunnskapsstyrken vurderes derfor totalt sett som moderat (fargekode gul) for samtlige produksjonsområder.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. Det er dokumentert en positiv sammenheng mellom den observerte andelen rømt oppdrettslaks i en elv over tid, og graden av genetisk innblanding. «Høy andel rømt oppdrettslaks i elv» vektet derfor tyngst av de tre faktorene som påvirker sannsynligheten for å finne en høy andel rømt

oppdrettslaks på gyte plassene, hvor selve innkryssingen vil kunne skje. Andel rømt oppdrettslaks blir registrert årlig i omtrent 200 vassdrag gjennom det Nasjonale Overvåkningsprogrammet for Rømt Oppdrettslaks. Det foreligger derfor gode tall for denne faktoren i mange av produksjonsområdene, se rapportserien «[Rømt oppdrettslaks i vassdrag](#)».

Siden 2018 har Overvåkningsprogrammet klassifisert vassdragene til å ha høyt innslag av rømt oppdrettslaks dersom andelen estimert er >10 %, middels innslag ved estimater mellom 4 og 10 %, og til lavt innslag dersom estimatet er under 4 %. Vurderingene utføres for hvert vassdrag for hvert år.

I risikovurderingen har vi brukt klassifiseringene fra Overvåkningsprogrammet for de enkelte vassdragene i perioden 2018-2022 innenfor hvert av produksjonsområdene og vurdert disse samlet for å kategorisere tilstanden innenfor hvert produksjonsområde. Dette datagrunnlaget (se tabell 6.2 i kunnskapsstatus) er deretter vurdert opp mot klassifiseringsreglene beskrevet nedenfor. I enkelte tilfeller, der et produksjonsområde kommer ut i grenseland mellom kategoriene, overstyres grenseverdiene der tilgjengelig kunnskap tilsier at dette vil være riktig. Slike tilfeller er nærmere beskrevet og begrunnet under hvert produksjonsområde.

Sannsynlighet for at det vil forekomme en høy andel rømt oppdrettslaks i et produksjonsområde vurderes som lav (fargekode grønn) når:

- Andelen vassdrag i produksjonsområdet vurdert som «lav» av Overvåkningsprogrammet i perioden 2018-2022 må være minst 90 %.
- I tillegg må ingen vassdrag i produksjonsområdet være vurdert som «>10 % rømt oppdrettslaks» i perioden.

Sannsynlighet for at det vil forekomme en høy andel rømt oppdrettslaks i et produksjonsområde vurderes som høy (fargekode rød) når:

- Andelen vassdrag i produksjonsområdet vurdert som «lav» i perioden 2018-2022 er mindre enn 50 %.
- Eller andelen vassdrag i produksjonsområdet vurdert som «>10 % rømt oppdrettslaks» av Overvåkningsprogrammet i perioden 2018-2022 er større enn 10 %.

For produksjonsområder som ikke faller innenfor disse klassifiseringene defineres sannsynlighet for høy andel rømt oppdrettslaks i elv som moderat (fargekode gul).

Kunnskapsstyrken med hensyn til andel rømt oppdrettslaks i elv innenfor hvert produksjonsområde er vurdert ut fra to faktorer som er vektet likt: andel elver i et produksjonsområde som er undersøkt og klassifisert av Overvåkningsprogrammet, og andel av samlet gytebestandsmål som overvåkes i programmet. Det blir også tatt hensyn til om de to faktorene (andel elver og andel av gytebestand) gir lik eller ulik vurdering av sannsynlighet for høy andel rømt oppdrettslaks i elv produksjonsområdet.

Utilstrekkelig utfisking og fjerning av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking av rømt oppdrettslaks gjennomføres i hovedsak i regi av oppdrettsnæringens sammenslutning for utfisking av rømt oppdrettsfisk (OURO) i vassdrag der Overvåkningsprogrammet har påvist høye andeler året før, men også etter direkte pålegg fra forvaltningsmyndigheter ved konkrete rømmingshendelser og i vassdrag hvor mye oppdrettslaks blir observert. I risikovurderingen bruker vi antall rømt oppdrettslaks fjernet per produksjonsområde, og tallene hentes fra Overvåkningsprogrammet og fra OURO direkte. I perioden 2018-2022 er det årlig gjennomført utfiskingstiltak i minst 65-86 vassdrag for å redusere andelen rømt oppdrettslaks. Antall elver med utfisking kan også være noe høyere, da aktivitet i vassdrag som ikke rapporteres til Overvåkningsprogrammet kan forekomme. Elver hvor utfisking har vært gjennomført, uten observasjoner av rømt fisk, er også inkludert i

datagrunnlaget for utregning av antall elver med utfisking per produksjonsområde. I Overvåkningsprogrammet vil kun utfisket oppdrettslaks som er bekreftet gjennom skjellanalyser inngå i datagrunnlaget. Det reelle antallet oppdrettslaks som tas ut vil derfor kunne være noe høyere grunnet manglende eller uleselige skjellprøver.

Utfisking og fjerning av rømt oppdrettslaks er et viktig, og i mange vassdrag et til dels effektivt tiltak, for å redusere risiko for genetisk endring. Tiltaket har likevel en del begrensninger som medfører at risikoen for ytterligere genetisk endring fra rømt oppdrettslaks ikke vil kunne fjernes helt i et produksjonsområde.

Begrensende faktorer er:

- Effekten av utfiskingen vil variere med værforhold og vassdragets vannføring og topografi.
- Utfisking er mest effektivt i små vassdrag med god sikt, og ikke i de største laksevassdragene.
- All rømt oppdrettslaks fjernes ikke, og det kan heller ikke utelukkes at det kommer inn mer rømt oppdrettslaks etter utfiskingsperioden, men før gytingen er over.
- Utfiskingen er rettet mot vassdrag med høy andel rømt oppdrettslaks det foregående året, og derfor kan det i praksis være høy andel rømt oppdrettslaks i et vassdrag uten at det gjennomføres tiltak samme år.
- Det gjennomføres få utfiskingstiltak i vassdrag som ikke er en del av Overvåkningsprogrammet, og disse vassdragene har en ukjent andel rømt oppdrettslaks.
- Utfisking må gjennomføres på en måte som ikke får negative konsekvenser for vill laksefisk i elven.

Disse begrensningene i effekten av utfisking er tatt med i vurderingen av denne påvirkningsfaktoren.

Ingen av produksjonsområdene har full dekning gjennom Overvåkningsprogrammet, og det faktum at utfiskingen ikke fjerner all rømt oppdrettslaks som kommer til vassdragene sesongen igjennom, gjør at ingen områder vurderes til å ha lav sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv (fargekode grønn).

I produksjonsområder hvor minst 90 % av vassdragene med høyt innslag også rapporterte om utfisking samme år vurderes sannsynligheten som moderat for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv (fargekode gul).

I produksjonsområder hvor under 90 % av vassdragene med høyt innslag også rapporterte om utfisking samme år vurderes sannsynligheten som høy for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv (fargekode rød).

I områder med vassdrag som egner seg dårlig for utfisking kan grenseverdiene overstyres, da effektiviteten av utfisking vil reduseres og sannsynligheten øke for at det er utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks i området. Slike tilfeller er nærmere beskrevet og begrunnet under hvert produksjonsområde. Kriteriene for vurdering av effekten av utfisking er som i 2020, da kriteriene ble endret fra tidligere vurderinger.

Kunnskapsstyrken vurderes som god (fargekode grønn) for samtlige produksjonsområder fordi utfiskingstillene anses som sikre (figur 2.1). Datagrunnlaget for vurdering av denne faktoren er tilgjengelig (se tabell 6.3 i kunnskapsstatus).

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Hvor stor gytesuksess voksen rømt oppdrettslaks har på gyte plassene avhenger av hvor mange ville konkurrenter de har. Sannsynlighet for at bestandene har redusert robusthet for ny innkryssing avhenger av om villaksen i området har **svekket bestandsstatus** og/eller **svekket genetiske status**.

Dersom bestandene når sine gytebestandsmål, har de mange nok vill gyteplaks på gyteplassene til å kunne utnytte elvens produksjonspotensial og har dermed god bestandsstatus. Konkurransen på gyteplassen blir enda sterkere dersom villaksbestanden er høyere enn gytebestandsmålet. Bestander med høyt høstingspotensial (vesentlig flere voksen hunnlaks kommer tilbake enn det som er nødvendig for å nå gytebestandsmålet) har også større sannsynlighet for å nå gytebestandsmålet i årene som kommer, selv om overlevelsen i havet skulle bli redusert. Konkurransen mellom ungfiskene i elven vil også være større hvis det er mange laks som gyter i vassdraget, og avkom av rømt oppdrettslaks vil trolig gjøre det relativt sett dårligere hvis det er mange ville ungfisk å konkurrere med.

Når villaksen gyter med den rømte oppdrettslaksen vil det oppstå genetiske endringer i avkommene som avviker fra den genetiske strukturen til den enkelte villaksebestanden. Rømt oppdrettslaks har antakeligvis større gytesuksess i konkurranse med innkryssede individer enn med ikke-innkryssede villaks. Avkom av rømt oppdrettslaks har sannsynligvis høyere overlevelse (og større relativ konkurransestyrke) når individene de konkurrerer med er innkrysset. Det er derfor sannsynlig at høy innkryssing av oppdrettslaks i bestandene også vil gjøre dem mindre robuste for ytterligere innkryssing av rømt oppdrettslaks enn bestander som har liten grad av innkryssing.

Vi antar derfor at bestander som både når gytebestandsmålet, har et høyt produksjonspotensial og har liten grad av innkryssing er mer robuste mot ytterligere genetisk endring som følge av rømt oppdrettslaks enn bestander som har lite produksjonspotensial og/eller som ikke når gytebestandsmålet og/eller har høy grad av genetisk endring.

Kunnskapsstyrken om konkurranseforholdene beskrevet ovenfor, og den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status, er begrenset til tross for at vi har relativt god kunnskap om de to underliggende faktorene hver for seg. Styrken på kunnskapen knyttet til «bestandenes robusthet for ny innkryssing» vurderes derfor som moderat i alle produksjonsområdene (fargekode gul).

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Vurdering av villaksens bestandsstatus i produksjonsområdene er basert på beregninger av måloppnåelse for *gytebestandsmål* og *høstingspotensial* for den enkelte villaksbestand i perioden 2018-2022. Gjennomsnittlig gytebestandsmåloppnåelse og gjennomsnittlig høstingspotensial ble beregnet for hvert produksjonsområde (se tabell 6.4 i kunnskapsstatus). Grunnlaget for dette er antall bestander i hver av kategoriene fra [Vitenskapelig råd for lakseforvaltning \(VRL\)](#) sin vurdering innenfor hvert produksjonsområde.

Gjennomsnittene ble beregnet både som uveide gjennomsnitt der hvert vassdrag teller likt uavhengig av størrelse, og som veide gjennomsnitt der vassdragenes gytebestandsmål bestemmer vekten. I den vektete vurderingen vil vassdrag med store gytebestandsmål telle mer enn vassdrag med små gytebestandsmål i den samlede vurderingen innenfor et produksjonsområde. Hvert produksjonsområde ble så gitt én samlet vurdering som reflekterer områdets gjennomsnittlige bestandsstatus. For vassdrag som ikke er vurdert etter delnormen, ble det telt opp hvilken forenklet vurdering de ble gitt i VRL sin rapport fra 2021. Den forenklete vurderingen gjelder for 2015–2019, og ble bare tillagt vekt dersom en liten del av vassdragene i produksjonsområdet er gitt en full vurdering, eller der veide og uveide vurderinger ga forskjellig resultat.

I denne risikovurderingen blir kategoriene «god» og «svært god» kvalitet i delnorm *gytebestandsmål* og *høstingspotensial* fra «Kvalitetsnorm for ville bestander av laks (*Salmo salar*)» vurdert til å gi lav sannsynlighet for svekket bestandsstatus (fargekode grønn).

Kategorien «moderat» kvalitet etter kvalitetsnormen blir i denne risikovurderingen vurdert til å gi moderat

sannsynlighet for svekket bestandsstatus (fargekode gul).

Kategoriene «dårlig» og «svært dårlig» kvalitet etter kvalitetsnormen blir her vurdert til å gi høy sannsynlighet for svekket bestandsstatus (fargekode rød).

Kunnskapsstyrken vurderes ut ifra andelen av gytebestandsmålet som er vurdert innenfor hvert produksjonsområde. Det blir også tatt hensyn til om klassifiseringen blir den samme uavhengig av hvilken klassifiseringsmåte man legger til grunn.

Svekket genetisk status for villaksen. Innkryssing av rømt oppdrettslaks har allerede ført til genetisk endring hos mange villaksbestander. For å identifisere avkom av rømt oppdrettslaks som er klekket i naturen, og har opphav i gyting et eller flere år tidligere, må man gjøre molekylærgenetiske analyser av individene. De molekylærgenetiske metodene beregner graden av genetisk påvirkning av oppdrettslaks på villaksbestander, og hvorvidt den beregnede påvirkningen er statistisk signifikant. Status for genetisk innkryssing fra rømt oppdrettslaks på ville laksebestander er basert på en beskrivelse av genetisk status i 236 ville laksebestander, utført av Norsk institutt for naturforskning og Havforskningsinstituttet i fellesskap. Beskrivelsen publiseres i rapportserien [«Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander»](#) og utgjør delnorm genetisk integritet til «Kvalitetsnorm for ville bestander av laks (*Salmo salar*)». Siste rapport i serien ble publisert i 2023, og blir derfor brukt i denne risikovurderingen.

I Kvalitetsnormen er den genetiske påvirkningen av rømt oppdrettslaks på de ulike bestandene av villaks karakterisert som tilstandsklasse «svært god/god» hvis ingen genetiske endringer er observert, «moderat» hvis svake genetiske endringer er indikert, «dårlig» hvis moderate genetiske endringer er påvist eller «svært dårlig» hvis store genetiske endringer er påvist. Det er utarbeidet kvalitative og kvantitative kriterier for hver av de fire tilstandsklassene, og i alt er det undersøkt om lag 65 000 villaks for å beskrive genetisk innkryssing i ville laksebestander. I henhold til Diserud mfl. 2023 er moderate genetiske endringer kvantitativt definert som estimert innkryssing på 4 -10 %, mens store genetiske endringer er kvantitativt definert som estimert innkryssing på 10 % eller mer.

De 236 ville laksebestandene som er undersøkt per 2023 representerer om lag 95 % av den samlede villaksressursen i Norge, som i denne sammenhengen er definert som det totale gytebestandsmålet i Norges 448 lakseelver.

I denne risikovurderingen blir den genetiske påvirkningen av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander oppsummert per produksjonsområde (se tabell 6.5 i kunnskapsstatus). Bidragene fra genetisk innkryssing i hver av de undersøkte bestandene til et gjennomsnitt for hvert produksjonsområde blir både gitt som et uveid gjennomsnitt (dvs. alle bestandene teller likt) og som et veid gjennomsnitt slik at store bestander teller mer enn små bestander. I tillegg påvirkes totalvurderingen for et produksjonsområde av antallet villaksbestander i hver av de fire kategoriene i Kvalitetsnormen.

Produksjonsområder med totalvurdering ingen genetiske endringer observert (tilsvarende kategoriene «svært god/god» genetisk status i Kvalitetsnormen) blir her vurdert å ha lav sannsynlighet for svekket genetisk status (fargekode grønn).

Produksjonsområder med totalvurdering svake genetiske endringer indikert (tilsvarende kategorien «moderat» genetisk status i Kvalitetsnormen) blir her kategorisert til å ha moderat sannsynlighet for svekket genetisk status (fargekode gul).

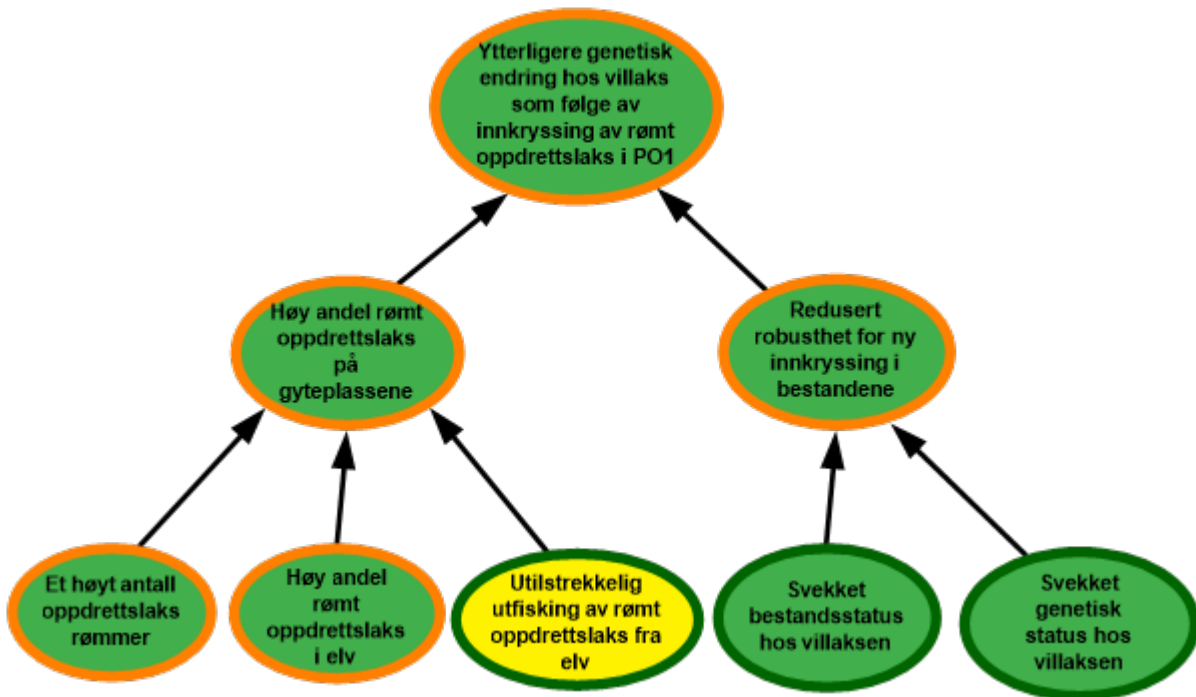
Produksjonsområder med totalvurdering genetisk innkryssing på mer enn 4 % (tilsvarende «dårlig» og «svært

dårlig» genetisk status i Kvalitetsnormen) blir her kategorisert til å ha høy sannsynlighet for svekket genetisk status (fargekode rød).

I vurderingene av gjennomsnittlig genetisk endring grunnet innkryssing av rømt oppdrettslaks i et produksjonsområde tas det hensyn til både uveid og vektet gjennomsnitt, og til antallet bestander i de ulike tilstandskategoriene. Kunnskapsstyrken for vurderingene av genetisk status er først og fremst knyttet til hvor stor andel av den samlede villaksressursen i hvert produksjonsområde som er representert ved de undersøkte villaksbestandene i området.

4. Risikovurdering av ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i de 13 produksjonsområdene

4.1. Produksjonsområde 1, Svenskegrensen til Jæren



Figur 4.1. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 1 (PO1), Svenskegrensen til Jæren.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble rapportert om 0 rømte oppdrettslaks i PO1 i perioden 2018-2022, og det vurderes at området har lave rømmingstall (ved publisering av forrige risikorapport, februar 2023, var det meldt om 102, der 101 var registrert rømt i 2020, men tallet er blitt korrigert i etterkant). Basert på dette vurderes det derfor å være lav sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. Det var i snitt ca. 45 % av vassdragene i området (18 av 40) som årlig inngikk i Overvåkningsprogrammet i perioden 2018-2022, noe som representerte 84 % av gytebestandsmålet. De fleste (97 %) registreringer i vassdrag i ulike år er vurdert å vise et lavt innslag av rømt oppdrettslaks, mens det i 2020 var to forekomster av vassdrag med høye innslag. Siden de rapporterte rømmingstallene i området har vært lave over tid kan de høye innslagene i 2020 enten forklares med urapporterte rømminger eller at rømt oppdrettslaks fra andre produksjonsområder har funnet veien opp i vassdragene. Til tross for enkelttilfellene i 2020, ble det ikke registrert vassdrag med høye innslag i perioden 2018-2019, og det ble heller ikke registrert nye tilfeller i 2021 eller 2022. I 2022 var det derimot ett vassdrag med moderat innslag av rømt oppdrettslaks. Basert på dette vurderes det derfor å være lav sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Selv om en høy andel av gytebestandsmålet dekkes av overvåkingen, er andelen vassdrag

som dekkes, noe lav. Det kan dermed finnes vassdrag i området med ukjent innslag av rømt oppdrettslaks, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Det ble årlig gjennomført utfiskingstiltak i 1-4 vassdrag i overvåkningsperioden 2018-2022 og det ble fjernet totalt 62 oppdrettslaks. Det er få elver med høyt innslag av rømt oppdrettslaks i området, og høye innslag ble kun registrert i ett av årene. I 2020 var det to vassdrag med høyt innslag av oppdrettslaks og det ble gjennomført utfisking i begge disse vassdragene samme år. Effekten av utfisking vurderes som moderat ettersom utfisking kun gjennomføres i en begrenset tidsperiode og det vurderes derfor at det er moderat sannsynlighet for at utfiskingen som gjennomføres i området ikke er tilstrekkelig til å fjerne all rømt oppdrettslaks.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. I perioden 2018-2022 har det totalt sett vært lite rømming i området og lav sannsynlighet for å få en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene. Utfisking av rømt oppdrettslaks vurderes å være moderat i samme periode. Basert på dette vurderes det å være lav sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i PO1. Det er moderat kunnskap om hvor mye rømt oppdrettslaks det er i elvene, da det er en del elver som ikke dekkes av Overvåkningsprogrammet. Utfiskingstallene ansees som gode, men det er usikkerhet knyttet til hvor mye oppdrettslaks som har rømt fra anlegg i området. Totalt sett vurderes kunnskapsstyrken derfor som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Vassdragene med full vurdering utgjør 84 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Gytebestandsmålet blir nådd for de fleste vassdragene i produksjonsområdet i perioden og det høstbare overskuddet er også godt i de fleste vassdragene. Det vurderes å være lav sannsynlighet for svekket bestandsstatus for villaksen i området. Klassifiseringen blir den samme uavhengig av hvilken klassifiseringsmåte man legger til grunn (veid eller uveid), og kunnskapsstyrken for klassifiseringen vurderes derfor som god.

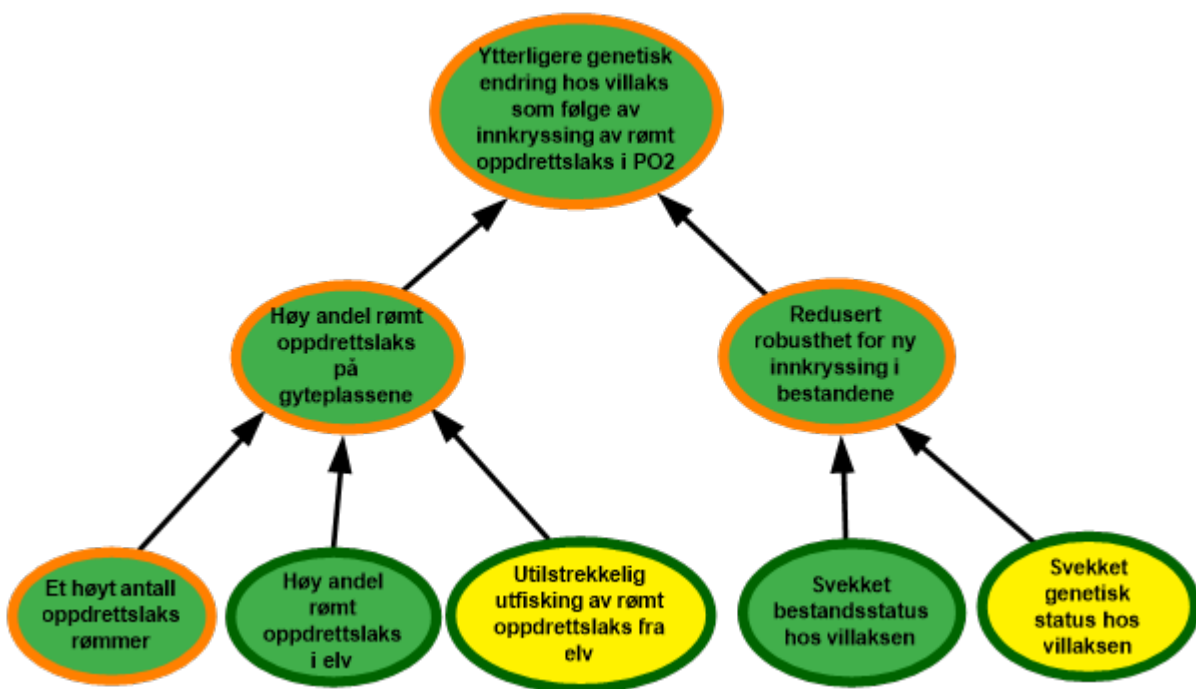
Svekket genetisk status hos villaksen. Det er ikke observert genetisk endring grunnet innkryssing av rømt oppdrettslaks i over tre fjerdedeler av de 27 undersøkte bestandene. Det er påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks i produksjonsområdet (inkludert Kvina med 19 % genetisk innkryssing). To bestander, Numedalslågen og Skienvassdraget har forbedret genetisk status i den oppdaterte 2023-rapporten fra rapportserien «Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville bestander». Totalt sett vurderes det nå at villaksbestandene i området har lavt nivå av innkryssing fra oppdrettslaks (ingen genetisk endringer observert) og tilhørende lav sannsynlighet for svekket genetisk status, justert fra moderat ved forrige risikovurdering. Vurderingen er basert på 27 bestander som til sammen utgjør 97 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden til villaksbestandene i området vurderes som god og dermed vurderes det å være lav sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Kunnskapen knyttet til både villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er derimot begrenset, så på tross av god kunnskap om begge de underliggende faktorene vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO1. Det antas å være lav sannsynlighet for forekomst av rømt oppdrettslaks på gyteplassene i området og lav sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Totalt sett vurderes derfor villaksbestander i PO1 å ha lav sannsynlighet for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. I 2020 ble det observert to mindre vassdrag med høyt innslag av rømt laks. Selv om det ikke ble observert vassdrag med høye innslag i 2021, ble det observert ett vassdrag med moderat innslag i 2022. God genetisk status på

villaksen i området tyder på at tidligere innkryssing av rømt oppdrettslaks i området er på vei ned. Det er foreløpig en svært begrenset oppdrettsproduksjon i området, men det er noe usikkerhet knyttet til påvirkning fra rømming i andre produksjonsområder med større produksjon. Det er også noe usikkerhet knyttet til hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene, siden få elver i området er dekket av Overvåkningsprogrammet. Kunnskapsstyrken vurderes derfor totalt sett som moderat. Samlet sett vurderes risikoen som lav for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 1.

4.2. Produksjonsområde 2, Ryfylke



Figur 4.2. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 2 (PO2), Ryfylke.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 0 til 50 rømte oppdrettslaks i PO2 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 10. Området vurderes derfor å ha lav sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I området ble i gjennomsnitt 73 % av vassdragene (16 av totalt 22) overvåket årlig i perioden 2018-2022, noe som representerte 95 % av gytebestandsmålet i området. Innslaget av oppdrettslaks var lavt i 96 % av de undersøkte vassdragene, og ingen vassdrag hadde et høyt innslag i perioden 2018-2022. Vi vurderer derfor at det er lav sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Et høyt antall vassdrag overvåkes og utgjør mesteparten av gytebestandsmålet i området, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som god.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. I perioden 2018 til 2022 ble det årlig gjennomført utfisking i 2-8 vassdrag i området. Det var ingen vassdrag med høyt innslag, og i alle tre vassdrag med middels innslag av rømt oppdrettslaks ble det gjennomført utfisking samme år. Effekten av utfiskingen for området vurderes som moderat ettersom utfisking kun gjennomføres i en begrenset tidsperiode, og det vurderes derfor at det er moderat sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks i elvene.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. I PO2 er det lite rømming, lav andel rømt oppdrettslaks i elvene og moderat effekt av utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv de siste fem årene. Det vurderes derfor å være lav sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i området. Til tross for at det er god kunnskap om to av de tre underliggende faktorene, finnes ingen fullstendig oversikt over hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene i alle vassdragene. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålet blir nådd og det høstbare overskuddet er høyt for de fleste vassdragene i produksjonsområdet. Klassifiseringen blir den samme uavhengig av hvilken klassifiseringsmåte man legger til grunn (veid eller uveid). Sannsynligheten for svekket bestandsstatus for villaksen i området vurderes derfor som lav. Vassdragene med full vurdering utgjør 99 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som god.

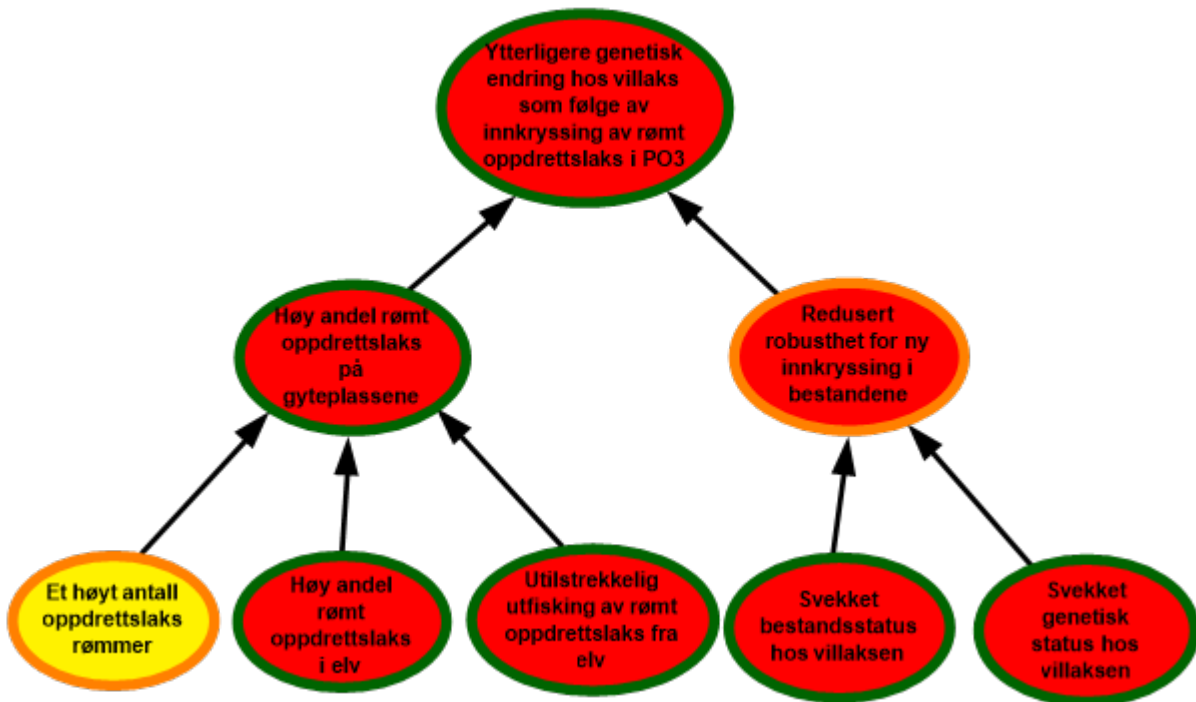
Svekket genetisk status hos villaksen. I halvparten av bestandene i området er det ikke observert noen genetisk endring, inkludert de to med høyest gytebestandsmål. I seks av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer, mens det er påvist > 4 % genetisk innkryssing i to bestander (Åbøelva i Sauda og Vikedalselva). Sannsynlighet for svekket genetisk status hos villaksen i området vurderes derfor som moderat. Vurderingen er basert på 16 bestander som til sammen utgjør 95 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for villaksens bestandsstatus vurderes som god mens tilstanden for villaksens genetiske status vurderes som moderat. Totalt sett vurderes det å være lav sannsynlighet for redusert robusthet mot ny innkryssing i bestandene. Vi antar at høy tetthet og konkurranse på gyteplassen gir den rømte oppdrettslaksen lav gytesuksess i produksjonsområdet. Kunnskapen knyttet til både villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er derimot begrenset, så på tross av god kunnskap om begge de underliggende faktorene vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO2.

Sannsynlighet for forekomst av rømt oppdrettslaks på gyteplassene vurderes å være lav i området og det vurderes å være lav sannsynlighet for svekket robusthet mot ny innkryssing i bestandene. Totalt sett vurderes derfor villaksbestander i PO2 å ha lav sannsynlighet for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Til tross for at vi har relativt god kunnskap om flere av de underliggende faktorene hver for seg, mangler det kunnskap knyttet til hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene og hvor robuste bestandene er for ny innkryssing. Det er også noe usikkerhet knyttet til påvirkning fra rømming i andre produksjonsområder der rømmingstallene er høyere. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Samlet sett vurderes risikoen som lav for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 2.

4.3. Produksjonsområde 3, Karmøy til Sotra



Figur 4.3. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 3 (PO3), Karmøy–Sotra.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 5 til 6 918 rømte oppdrettslaks i PO3 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 1 854. Området vurderes derfor å ha hatt rømming av moderat omfang i perioden. Området har i tidligere år hatt høye rømmingstall, men moderate rømmingstall de siste årene gjøre at status for rømming var moderat også ved forrige vurdering. Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I området ble i gjennomsnitt 84 % av vassdragene overvåket årlig (15 av totalt 18 vassdrag) i perioden 2018-2022, noe som representerer 89 % av gytebestandsmålet i området. 30 % av de undersøkte vassdragene i området har høye andeler av rømt oppdrettslaks, og det vurderes å være høy sannsynlighet for at det kan være en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i produksjonsområdet. Siden et høyt antall elver overvåkes og store deler av gytebestandsmålet dekkes, vurderes kunnskapsstyrken som god.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Det er mye rømt oppdrettslaks i elvene i området, og dermed stort behov for utfisking (8-16 elver med utfisking årlig) i perioden 2018-2022. Utfisking ble gjennomført i 83 % (19 av 23) av vassdrag der en høy andel rømt laks ble observert samme år, samt i 65 % (11 av 17) av vassdrag med middels innslag samme år. Til sammen er 928 rømte oppdrettslaks fjernet og verifisert fra vassdragene i området i perioden 2018-2022. En stor andel er fanget i fiskefellen i Etne, der det er dokumentert at utfiskingen er svært effektiv. Likevel er det enkelte vassdrag i området hvor utfisking ikke fungerer optimalt på grunn av vannføring, forekomst av innsjø eller generelt vanskelige forhold. Kombinert med at det har vært en nedgang i elver med høyt innslag hvor det samme året har vært gjennomført utfisking, vurderes det at det er høy sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks i elvene.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. I PO3 vurderes det å være moderat høye rømmingstall, en

høy andel rømt oppdrettslaks i elvene og utfisking vurderes å være lite effektiv. Det vurderes derfor å være høy sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i enkelte av vassdragene i enkelte år. Det er god kunnskap både om utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv og andel rømt oppdrettslaks i elv, men det er knyttet noe usikkerhet til de rapporterte rømmingstallene. Totalt sett vurderes likevel kunnskapsstyrken som god.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålet blir nådd for mange av vassdragene i produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er lavt, noe som gjør bestandene utsatt for å komme under gytebestandsmålene i framtiden. Ett av de større vassdragene i produksjonsområdet, Etneelva, har imidlertid høyere høstbart overskudd, noe som trekker opp vurderingen veid med gytebestandsmål. At de små vassdragene har lite høstbart overskudd, trekker totalvurderingen ned og sannsynlighet for svekket bestandsstatus hos villaksen i området vurderes å være høy. Mange av vassdragene i produksjonsområdet er stengt for fiske, så vassdragene med full vurdering utgjør 93 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Kunnskapsstyrken vurderes derfor totalt sett som god.

Svekket genetisk status hos villaksen. I 11 av 12 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks, deriblant Etneelva. Kun én bestand er uten observert genetisk endring (Oselva). Totalt sett vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for svekket genetisk status hos villaksen i området. Vurderingen er basert på 12 bestander som til sammen utgjør 99 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for både villaksens bestandsstatus og genetisk status vurderes å være dårlig, dermed vurderes det å være høy sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Lav konkurranse på gyteplassen kan gi den rømte oppdrettslaksen høyere gytesuksess i produksjonsområdet. Kunnskapen knyttet til villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er derimot begrenset, så på tross av god kunnskap om begge de underliggende faktorene vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO3. Høy sannsynlighet for rømt oppdrettslaks på gyteplassene kombinert med høy sannsynlighet for svekket robusthet mot ny innkryssing gjør at PO3 fortsatt vurderes å ha høy sannsynlighet for ytterligere genetisk endring hos villaksen som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Denne konklusjonen støttes av at tilstanden for villaks i PO3 har vært svak så lenge at regjeringen i 2013 bestemte at truede villaksbestander i Hardangerfjorden skulle tas vare på i levende genbank for laks. Det er god kunnskap om alle underliggende faktorer utenom rømming, og selv om det knyttes noe usikkerhet til bestandenes robusthet, vurderes kunnskapsstyrken som god. Samlet sett vurderes risikoen som høy for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 3.

4.4. Produksjonsområde 4, Nordhordland til Stadt



Figur 4.4. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 4 (PO4), Nordhordland til Stadt.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 110 til 35 474 rømte oppdrettslaks i PO4 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 11 942. På grunn av en stor rømmingsepisode høsten 2022 (35 385 rømte oppdrettslaks), øker det årlige gjennomsnittet for området og området vurderes derfor å ha hatt høye rømmingstall i perioden. Basert på dette vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I området ble i gjennomsnitt 71 % av vassdragene (31 av 43) overvåket årlig i perioden 2018-2022, som representerte 73 % av det samlede gytebestandsmålet. Det er til dels mye rømt oppdrettslaks i elvene i området (18 % og 5 % av undersøkte elver med henholdsvis moderat og høyt innslag). Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Nærmere 30 % av elvene i området dekkes ikke av overvåkingen. Det kan dermed finnes vassdrag i området med ukjent innslag av rømt oppdrettslaks, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Grunnet målrettet utfiske i etterkant av den store rømmingsepisoden høsten 2022, er det ikke observert en økning i andel rømt oppdrettslaks i elv.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er gjennomført i 12 vassdrag årlig i perioden 2018 til 2022. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt laks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 75 % (6 av 8) og 63 % (17 av 27) av vassdragene. Effekten av utfisking og tilstanden for området ansees som dårlig, ettersom det er elver med høyt og middels innslag hvor det ikke har vært utfisking. I tillegg er det vassdrag i området hvor utfisking ikke vil fungere optimalt på grunn av stor vannføring, innsjøer eller generelt vanskelige forhold. Det vurderes derfor at det er høy sannsynlighet for utilstrekkelig utfiskingen av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. I PO4 er det rapportert om mye rømming, men basert på data

fra Overvåkningsprogrammet er det likevel moderat sannsynlighet for at det er et høyt antall rømt oppdrettslaks i elvene, samtidig som at utfisket er lite effektivt. Det vurderes å være moderat sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene. Til tross for at det er god kunnskap om en av de tre underliggende faktorene (effekten av utfisking), finnes ingen fullstendig oversikt over hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene i alle vassdragene. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

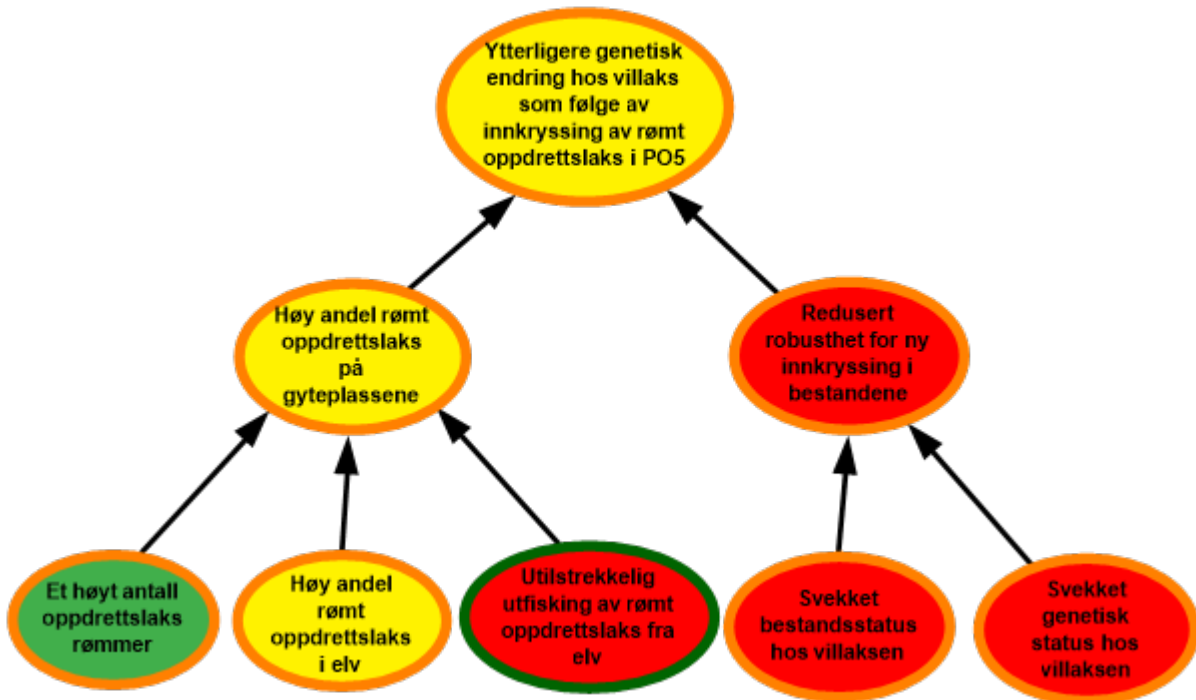
Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålet blir nådd for de fleste vassdragene i produksjonsområdet. Noen av de større vassdragene (Lærdalselva, Jølstra og Nausta) har lavt høstbart overskudd, noe som trekker vurderingen ned dersom vi veier med gytebestandsmål. Lærdalselva ble stengt for laksefiske i 2021. Mange av vassdragene i Sognefjorden har hatt lite eller ikke noe høstbart overskudd de seinere årene i vurderingsperioden. Samlet vurdering for området er derfor at det er høy sannsynlighet for svekket bestandsstatus hos villaksen i området. Vassdragene med full vurdering utgjør 84 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Selv om dette er mye, varierer den samlede vurderingen avhengig av om vassdragene blir veid med gytebestandsmål eller ikke, og det er betydelig variasjon i vurderingen mellom vassdragene i regionen. Kunnskapsstyrken vurderes derfor fortsatt til å være moderat.

Svekket genetisk status hos villaksen. I 19 av 34 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks, i elleve av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer og det er fire bestander der det ikke er observert noen genetisk endring. Totalt sett vurderes det at det er høy sannsynlighet for svekket genetisk status hos villaksbestandene i området. Vurderingen er basert på 34 bestander som til sammen utgjør 97 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for både villaksens bestandsstatus og genetisk status vurderes å være dårlig, og dermed vurderes det å være høy sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Lav konkurranse på gyteplassen kan gi den rømte oppdrettslaksen høyere gytesuksess i produksjonsområdet. Kunnskapen knyttet til villaksens bestandsstatus vurderes som moderat, mens kunnskapen knyttet til genetisk status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er også begrenset og vurderes derfor som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO4. Det er moderat sannsynlighet for forekomst av rømt oppdrettslaks på gyteplassene og høy sannsynlighet for svekket robusthet mot ny innkryssing i bestandene i området. Selv om det vurderes å være moderat sannsynlighet for at det skal forekomme rømt oppdrettslaks på gyteplassene, vurderes sannsynligheten for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks å være høy. Dette skyldes den dårlige robustheten av bestandene i området i kombinasjon med at det de tre siste årene har vært elver med høye innslag av rømt oppdrettslaks. Til tross for at vi har relativt god kunnskap om flere av de underliggende faktorene hver for seg, mangler det kunnskap knyttet til hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene og hvor robuste bestandene er for ny innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Samlet sett vurderes risikoen som høy for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 4.

4.5. Produksjonsområde 5, Stadt til Hustadvika



Figur 4.5. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 5 (PO5), Stadt–Hustadvika.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 1 til 2200 rømte oppdrettslaks i PO5 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 463. Området vurderes derfor å ha hatt lave rømmingstall i perioden og tilhørende lav sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. Det var i snitt 53 % av vassdragene i området (25 av 46) som inngikk i Overvåkningsprogrammet, noe som representerte 76 % av gytebestandsmålet. Totalt plasseres 87 %, 11 % og 2 % av vurderte vassdrag henholdsvis i kategorien lavt, moderat og høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Basert på den lave andelen vassdrag som er vurdert i området samt noe lav dekningsgrad på gytebestandsmålet, vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er gjennomført årlig i 2-7 vassdrag i området i perioden 2018 til 2022. Andelen vassdrag med høyt eller middels innslag av rømt oppdrettslaks har ligget lavt i dette området, men var noe høyere i 2019. I 2022 var det ett vassdrag med høy andel, og ingen vassdrag med moderat andel rømt laks. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt laks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 33 % (1 av 3) og 31 % (4 av 13) av vassdragene. Effekten av utfiskingen vurderes som dårlig, ettersom det er elver med høyt og middels innslag hvor det ikke har vært utfisking. Det vurderes derfor at det er høy sannsynlighet utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Det har totalt sett vært lite rømming i området og moderat sannsynlighet for å finne mye rømt oppdrettslaks i elvene. Effektiviteten av utfisking av rømt oppdrettslaks er lav i dette området. Det vurderes totalt sett å være moderat sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i PO5. Det er moderat kunnskap både om rømming og andel rømt oppdrettslaks i elv og god kunnskap om antallet oppdrettslaks som er fjernet fra elvene under utfisking, og kunnskapsstyrken

vurderes totalt sett som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålet blir nådd for de fleste vassdragene i produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er ytterligere redusert eller nesten borte i flere vassdrag i den sørlige delen av produksjonsområdet, spesielt de siste årene, og det vurderes å være høy sannsynlighet for svekket bestandsstatus hos villaksen i området. Vassdragene i Raumaregionen ble friskmeldt i 2019 etter langvarig behandling mot lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*. Vassdragene med full vurdering utgjør derfor kun 56 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet, men dette skyldes i hovedsak at vassdragene i Raumaregionen ikke blir vurdert fordi de er under oppbygging. Tilstanden blir nå vurdert likt avhengig av om vassdragene blir veid med gytebestandsmål eller ikke, med kunnskapsstyrken er fortsatt moderat for området siden vurderingen kun dekker i overkant av halvparten av det samlede gytebestandsmålet i området.

Svekket genetisk status hos villaksen. I ni av 27 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks, inkludert de største bestandene. I 12 av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer, mens det i seks bestander ikke er observert noen genetisk endring. Totalt sett vurderes det at villaksbestandene i området har høy sannsynlighet for svekket genetisk status. Vurderingen er basert på 27 bestander som til sammen utgjør 86 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål. Raumavassdraget med det klart største gytebestandsmålet i produksjonsområdet er kun inkludert med ungfiskprøver fra 2017 i vurderingen, og kunnskapsstyrken justeres derfor fra god til moderat.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for både bestandsstatus og genetisk status blir vurdert som dårlig. Dermed vurderes det å være høy sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Bestandene i Raumaregionen er ikke tatt med i vurderingen, men høy genetisk påvirkning ble funnet i et ungfiskmateriale fra Rauma i 2017.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av rømt innkryssing av oppdrettslaks i PO5. Det antas å være moderat sannsynlighet for forekomst av rømt oppdrettslaks på gyteplassene i området. Sannsynlighet for at det er redusert robusthet mot ny innkryssing i bestandene vurderes som høy. Utviklingen de siste årene (2020-2022) viser at det var kun ett vassdrag i 2022 som har hatt høye forekomster av rømt oppdrettslaks, og sannsynlighet for ytterligere genetisk endring i PO5 som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks vurderes fortsatt som moderat. Til tross for at vi har relativt god kunnskap om noen av de underliggende faktorene hver for seg, så mangler det kunnskap knyttet til hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene ettersom få elver i området er dekket av Overvåkningsprogrammet. Det mangler også kunnskap knyttet til hvor robuste bestandene er for ny innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Samlet sett vurderes risikoen som moderat for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 5.

4.6. Produksjonsområde 6, Nordmøre og Sør-Trøndelag



Figur 4.6. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 6 (PO6), Nordmøre til Sør-Trøndelag.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 893 til 28 481 rømte oppdrettslaks i PO6 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 13 399. Området vurderes derfor å ha mye rømming. Basert på dette vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. Det var i snitt 24 % av vassdragene (18 av 76) i området som ble overvåket årlig, noe som utgjorde 91 % av det samlede gytebestandsmålet i området. Av alle vurderte vassdrag plasseres 83 %, 13 % og 4 % i kategorien lavt, moderat og høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. En lav andel vassdrag er overvåket og selv om dette dekker storparten av gytebestandsmålet i området, kan det være flere vassdrag som kan ha moderat eller høyt innslag av rømt oppdrettslaks uten at dette oppdages. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Antallet elver hvor utfisking er gjennomført har variert fra 2-5 i perioden 2018 til 2022. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt laks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 75 % (3 av 4) og 58 % (7 av 12) av vassdragene, men det er kun tatt ut 30 oppdrettslaks i hele perioden. Effekten av utfiskingen i området vurderes derfor som dårlig, og at det er høy sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Det er mye rømming i området, men sannsynlighet for at det er en høy andel rømt laks i elvene i området er moderat. Utfisket er lite effektivt i dette området. Sannsynligheten for at det vil forekomme en moderat andel rømt oppdrettslaks i elv vektet i større grad enn de andre faktorene, og det vurderes derfor fortsatt å være moderat sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i PO6. Til tross for at det er god kunnskap om utfiskingen i området, er det

moderat kunnskap om hvor mye oppdrettslaks som rømmer og hvor stor andel av disse som går opp i elvene. Det finnes heller ingen fullstendig oversikt over hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene i alle vassdragene. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålet blir nådd for mange av vassdragene i produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er også lavt, men har bedret seg de senere årene i vurderingsperioden. Vassdragene i Drivaregionen er fortsatt infisert av *Gyrodactylus salaris*. Den totale vurderingen er at det er moderat sannsynlighet for svekket bestandsstatus for villaksen i området. Vassdragene med full vurdering utgjør 83 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Tilstanden blir vurdert likt avhengig av om vassdragene blir veid med gytebestandsmål eller ikke, så kunnskapsstyrken vurderes som god.

Svekket genetisk status hos villaksen. I ti av 31 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks. I 15 av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer, inkludert de to største bestandene, mens det er seks bestander der det ikke er observert noen genetisk endring. Totalt sett vurderes det at villaksbestandene i området har moderat sannsynlighet for svekket genetisk status. Vurderingen er basert på 31 bestander som til sammen utgjør 97 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Både genetisk status og villaksens bestandsstatus vurderes å ha moderat tilstand. Dermed vurderes det å være moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert i PO6. Kunnskapen knyttet til både villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er derimot begrenset, så på tross av god kunnskap om begge de underliggende faktorene vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO6. Det vurderes å være moderat sannsynlighet for tilstedeværelse av rømt oppdrettslaks på gyteplassene og moderat sannsynlighet for redusert robusthet i populasjonene i området. Sannsynlighet for ytterligere genetisk endring hos villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks vurderes derfor som moderat i PO6. Til tross for at vi har relativt god kunnskap om tre av de underliggende faktorene så mangler det kunnskap knyttet til hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene, siden få elver i området er dekket av Overvåkningsprogrammet. Det mangler også kunnskap om hvor robuste bestandene er for ny innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Samlet sett vurderes risikoen som moderat for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 6.

4.7. Produksjonsområde 7, Nord-Trøndelag med Bindal



Figur 4.7. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 7 (PO7), Nord-Trøndelag med Bindal.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert om 0 til 107 635 rømte oppdrettslaks i PO7 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 41 025. Området vurderes derfor å ha hatt høye rømmingstall i perioden, til tross for at det i 2022 ble rapportert om 0 rømte oppdrettslaks. Basert på dette vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. Det var i snitt 39 % av vassdragene i området (9 av 24) som ble overvåket årlig, noe som representerte 92 % av gytebestandsmålet i området. Totalt falt 64 %, 15 % og 21 % av vurderte vassdrag i kategorien lavt, moderat og høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Basert på dette vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Overvåkningsprogrammet dekker bare i overkant av en tredjedel av vassdragene i området, og selv om dette utgjør en høy andel av gytebestandsmålet, så vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er gjennomført årlig i 3-11 vassdrag i området i perioden 2018 til 2022. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt laks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 100 % (10 av 10) og 86 % (6 av 7) av vassdragene, og det ble tatt ut 267 oppdrettslaks i hele perioden. Effekten av utfiskingen for området vurderes som moderat ettersom utfisking kun gjennomføres i en begrenset tidsperiode, og det vurderes derfor at det er moderat sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Det er rapportert mye rømming i området og andel rømt oppdrettslaks i elvene er høy. Samtidig er utfisket delvis effektivt i området. Det vurderes derfor å være høy sannsynlighet for å fortsatt finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i PO7. Kunnskapsstyrken vurderes som god knyttet til utfisket, mens det er moderat kunnskap om rømming og andel rømt oppdrettslaks i elv da det er elver som ikke dekkes av Overvåkningsprogrammet. Kunnskapsstyrken vurderes derfor totalt sett

som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålet blir nådd for de fleste vassdragene i regionen, men noen av vassdragene har et redusert høstbart overskudd. Den største bestanden i produksjonsområdet (Namsenvassdraget) har også hatt et relativt stort høstbart overskudd, derfor blir vurderingen ulik om man veier med gytebestandsmål eller ikke. De fleste vassdragene med forenklet vurdering i produksjonsområdet har moderat gytebestandsoppråelse og høstingspotensiale. Samlet sett vurderes sannsynligheten som for svekket bestandsstatus av villaksen i området. Vassdragene med full vurdering utgjør 97 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Vurderingen er avhengig av om det veies med gytebestandsmål eller ikke og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Svekket genetisk status hos villaksen. I tre av 8 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing. Dette inkluderer den største bestanden i området, Namsen, der det tidligere var observert genetisk innkryssing på 4-10 % av oppdrettslaks, men hvor det nå er dokumentert > 10 % innkryssing. I tre av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer og det er to bestander der det ikke er observert noen genetisk endring. Grunnet de store genetiske endringene observert i Namsen vurderes det å være høy sannsynlighet for svekket genetisk status, en forverring fra fjorårets vurdering der sannsynligheten ble vurdert å være moderat. Vurderingen er basert på kun 8 av 24 bestander, men disse utgjør 93 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som moderat.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Villaksens bestandsstatus vurderes å ha moderat tilstand, mens genetisk status ansees som dårlig. Det vurderes å være moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Vi antar at moderat tetthet og konkurranse på gyteplassen gir den rømte oppdrettslaksen lavere gytesuksess i produksjonsområdet. Kunnskapen knyttet til både villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som moderat. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er også begrenset og kunnskapsstyrken vurderes som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO7. Det antas å være høy sannsynlighet for forekomst av rømt oppdrettslaks på gyteplassene i området, og selv om det er moderat sannsynlighet for redusert robusthet i bestandene i området så vurderes det å være høy sannsynlighet for ytterligere genetisk endring grunnet innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO7. Villaksens genetiske status er forverret siden forrige statusvurdering i 2020, noe som gir utslag i en økt sannsynlighet for svekket genetisk status sammenlignet med tidligere års vurderinger. Det er moderat usikkerhet knyttet til de fleste av de underliggende faktorene for både rømt oppdrettslaks på gyteplassene og hvor robust bestandene er for ny innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Risikoen vurderes som høy for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 7.

4.8. Produksjonsområde 8, Helgeland til Bodø



Figur 4.8. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 8 (PO8), Helgeland til Bodø.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 6 til 7 032 rømte oppdrettslaks i PO8 i perioden 2017–2021 med et årlig gjennomsnitt på 2 325. Området vurderes derfor å ha moderat rømming i perioden. Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I gjennomsnitt ble 53 % av vassdragene (16 av 30) i området overvåket årlig i perioden 2018-2022, noe som utgjorde 87 % av gytebestandsmålet i området. Totalt falt 73 %, 16 % og 11 % av vurderte vassdrag i kategorien lavt, moderat og høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Elver med høy andel rømt oppdrettslaks i denne perioden utgjorde totalt 17 % av det vurderte gytebestandsmålet i området. Basert på dette vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Overvåkningsprogrammet dekker kun litt over halvparten av elvene i området, og selv om dette dekker en høy andel av gytebestandsmålet i området, så vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er gjennomført årlig i 5-6 vassdrag i området i perioden 2018 til 2022. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt laks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 44 % (4 av 9) og 46 % (6 av 13) av vassdragene, og det ble tatt ut 142 oppdrettslaks i hele perioden. Effekten av utfiskingen for området vurderes som dårlig og det vurderes derfor at det er høy sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Nivå på rapporterte rømmingstall er moderat, mens andel rømt oppdrettslaks i elv er høy. Utfisking har lav effekt. Basert på dette vurderes det derfor at det er høy sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i PO8. Kunnskapsstyrken vurderes som god knyttet til utfisket, mens det er moderat kunnskap om rømming og andel rømt oppdrettslaks i elv. Kunnskapsstyrken vurderes derfor totalt sett som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålene blir nådd for mange av vassdragene i produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er imidlertid lavt i mange vassdrag, noe som gjør dem sårbare for at de kan komme under gytebestandsmålene i framtiden. Ni vassdrag i regionen er enten under reetablering- eller under friskmelding etter behandling mot *Gyrodactylus salaris*. Disse vassdragene er ikke gitt noen vurdering. Det siste vassdraget ble friskmeldt i januar 2024, så alle vassdragene er nå friskmeldt. Den samlede vurderingen er at det er høy sannsynlighet for svekket bestandsstatus for villaksen i området. Vassdragene med full vurdering utgjør bare 42 % av det samlede gytebestandsmålet i regionen og tilstanden blir i tillegg vurdert ulikt avhengig av om vassdragene blir veid med gytebestandsmål eller ikke. Kunnskapsstyrken vurderes derfor til å være moderat.

Svekket genetisk status hos villaksen. I seks av 10 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks, inkludert alle de store bestandene. I to av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer og det er to bestander der det ikke er observert noen genetisk endring. Totalt sett vurderes det at villaksbestandene i området har høy sannsynlighet for svekket genetisk status. Vurderingen er basert på 10 av 30 bestander som samlet utgjør 80 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som moderat.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for både villaksens bestandsstatus og genetisk status vurderes å være dårlig, og dermed vurderes det å være høy sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Lite konkurranse på gyteplassen kan gi den rømte oppdrettslaksen høyere gytesuksess i produksjonsområdet. Kunnskapen knyttet til både villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som moderat. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er også begrenset, og kunnskapsstyrken vurderes derfor samlet sett som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO8. I årets vurdering er sannsynlighet for tilstedeværelse av rømt oppdrettslaks på gyteplassene høy, og det er høy sannsynlighet for redusert robusthet i bestandene i området. Sannsynlighet for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks vurderes derfor fortsatt som høy i PO8. Det er moderat usikkerhet knyttet til de fleste av de underliggende faktorene for både rømt oppdrettslaks på gyteplassene og hvor robust bestandene er for ny innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Risikoen vurderes som høy for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 8.

4.9. Produksjonsområde 9, Vestfjorden og Vesterålen



Figur 4.9. Visualisering av risikobilde for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 9 (PO9), Vestfjorden til Vesterålen.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 18 til 20 480 rømte oppdrettslaks i PO9 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 4 375. Området vurderes derfor å ha hatt moderate rømmingstall i perioden. Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I gjennomsnitt ble 20 % av vassdragene i området (12 av 57) overvåket, noe som utgjorde 38 % av det samlede gytebestandsmålet i området. 72 % av de vurderte vassdragene er vurdert til å ha lavt og 18 % til å ha moderat innslag. Andelen vurderte vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks var 9 %. Andelen vassdrag med observert høyt innslag av rømt oppdrettslaks har dermed gått ned sammenlignet med overvåkningsperioden 2017-2021. Andel rømt oppdrettslaks observert i elv justeres derfor fra høy til moderat. Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Overvåkningsprogrammet dekker få elver i området og elvene dekker kun en tredjedel av gytebestandsmålet. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som svak.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er gjennomført årlig i 4-7 vassdrag i området i perioden 2018 til 2022. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt laks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 100 % (5 av 5) og 82 % (9 av 11) av vassdragene, og det ble tatt ut 80 oppdrettslaks i hele perioden. Det er få vassdrag i området som er dekket av Overvåkningsprogrammet og det er vassdrag i området hvor utfisking ikke vil fungere optimalt på grunn av vannføring, forekomst av innsjø eller generelt vanskelige forhold. Effekten av utfisking vurderes av den grunn som lav, på tross av gjennomført utfisking i alle elver med høyt innslag. Det vurderes derfor at det er høy sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Rømming i produksjonsområdet er moderat og andel rømt

oppdrettslaks i elv har gått ned. Sannsynlighet for forekomst av en høy andel rømt oppdrettslaks i elver i området er justert fra høy til moderat. Utfisking er lite effektivt i området. Sannsynligheten for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyte plassene vurderes derfor som moderat for PO9. Det er god kunnskap om utfiskingen i området, men det er moderat kunnskap om hvor mye oppdrettslaks som rømmer, og lite kunnskap om hvor stor andel av disse som går opp i elvene. Kunnskapsstyrken vurderes derfor totalt sett som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålene blir nådd for mange av vassdragene i produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er fortsatt lavt i en del av vassdragene og det vurderes å være moderat sannsynlighet for svekket bestandsstatus hos villaksen i området. Vurderingen blir den samme enten man veier med gytebestandsmål eller ikke. De fleste småvassdragene som er gitt en forenklet vurdering har moderat eller dårlig status, antall vassdrag med god status ved forenklet vurdering har imidlertid økt fra ett ved forrige vurdering til syv. Vassdragene med full vurdering utgjør 56 % av det samlede gytebestandsmålet i regionen. Dette er et område med mange småvassdrag som har fått en forenklet vurdering. Det er imidlertid gytefisktelinger i mange av disse som ligger til grunn for vurderingen, slik at usikkerheten i de forenklete vurderingene er mindre enn i andre produksjonsområder. Kunnskapsstyrken vurderes derfor samlet sett som moderat.

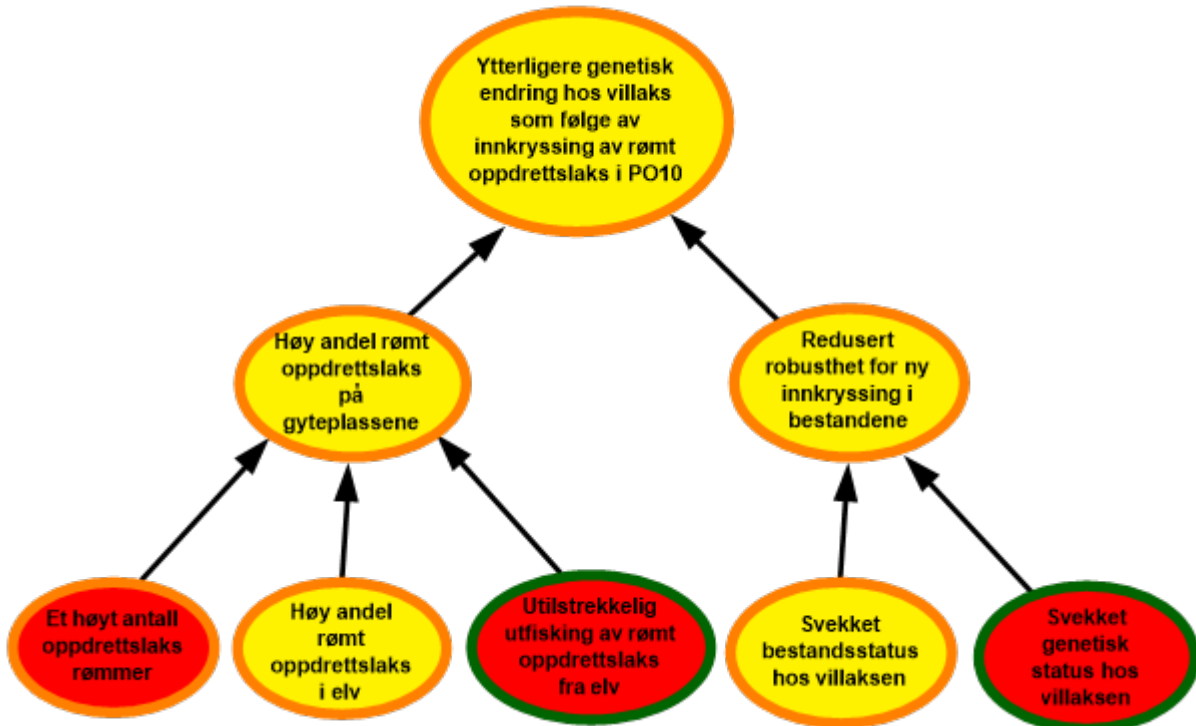
Svekket genetisk status hos villaksen. Ingen genetisk endring er observert i 16 av 20 undersøkte bestander, inklusive den største bestanden. I ett av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer. I tre av villaksbestandene i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing (inkludert Skjoma og Elvegårdselva) av oppdrettslaks. Totalt sett vurderes det at villaksbestandene i området har moderat sannsynlighet for svekket genetisk status. Vurderingen er basert på 20 bestander som til sammen utgjør 62 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål. Siden mange bestander ikke er vurdert, anses kunnskapsstyrken som moderat.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for bestandsstatus og genetisk status blir begge vurdert som moderat, og dermed vurderes det å være moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Kunnskapen knyttet til både villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som moderat. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er begrenset, så samlet sett vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO9.

Observerte andeler rømt oppdrettslaks i elv er redusert gjennom vurderingsperioden og det antas å være moderat sannsynlighet for å finne mye rømt oppdrettslaks på gyte plassene, samtidig som det er moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet for innkryssing er svekket. Sannsynlighet for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks justeres derfor fra høy til moderat i PO9. Det er derimot svært mange elver som ikke dekkes av Overvåkningsprogrammet, som bidrar med usikkerhet til risikobildet. Det er moderat usikkerhet knyttet til de fleste resterende underliggende faktorene for både rømt oppdrettslaks på gyte plassene og hvor robuste bestandene er for ny innkryssing, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Risikoen vurderes som moderat for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 9.

4.10. Produksjonsområde 10, Andøya til Senja



Figur 4.10. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 10 (PO10), Andøya til Senja.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 2 til 182 417 rømte oppdrettslaks i PO10 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 36 497. Området vurderes derfor å ha hatt høye rømmingstall i perioden. Én enkelt rømmingsepisode på 179 491 ungfisk (13 g) fra et ferskvannsanlegg i juli 2019 påvirker sterkt de observerte rømmingstallene. I etterkant av denne rømmingsepisoden ble det rapportert om en gjenfangst på 104 753 (justert for gjenfangst, har området da hatt et årlig gjennomsnitt på 15 546 rapporterte rømte oppdrettslaks). Basert på dette vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. Dødelighet etter rømming er større for oppdrettslaks som rømmer som ung, i forhold til oppdrettslaks som rømmer som kjønnsmoden eller nær kjønnsmoden, ettersom ungfisken må overleve lengre i naturen før den er kjønnsmoden og kan oppsøke gyteplassene. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I snitt ble 50 % av vassdragene i området (13 av 26) overvåket, noe som utgjorde 71 % av gytebestandsmålet i området. Andelen vurderte vassdrag med høyt og moderat innslag av rømt oppdrettslaks er henholdsvis 26 % og 6 %. I de tre siste årene (2020 – 2022) er det ingen vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Dette kan tyde på at overlevelse hos ungfisken som rømte i 2019 har vært lav, og/eller at den kan ha oppsøkt gyteplasser i andre områder, og/eller at den ikke har nådd kjønnsmoden alder enda. Ettersom det i perioden 2018-2022 samlet sett er under 10 % av undersøkte vassdrag med høyt innslag, vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Selv om i underkant av tre fjerdedeler av gytebestandsmålet er dekket av Overvåkningsprogrammet, er andelen av vassdrag som overvåkes noe lav, og det er dermed vassdrag med ukjent innslag av rømt oppdrettslaks. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er gjennomført årlig i 212 vassdrag i området

i perioden 2018 til 2022. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt laks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 75 % (3 av 4) og 76 % (13 av 18) av vassdragene, og det ble tatt ut 68 oppdrettslaks i hele perioden. Det er også vassdrag i området som ikke dekkes av Overvåkningsprogrammet og/eller hvor utfiskingstiltak ikke kan gjennomføres på en optimal måte på grunn av vannføring, forekomst av innsjø eller andre kompliserende forhold. Effekten av utfiskingen for området vurderes som dårlig og det vurderes derfor at det er høy sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. De rapporterte rømmingstallene for området er høye, men i hovedsak knyttet til én enkel rømmingsepisode av ungfisk i 2019, med lav forventet overlevelse. Sannsynlighet for forekomst av en høy andel rømt oppdrettslaks i elver i området er moderate. Utfisking i området er lite effektivt. Det vurderes derfor å være moderate sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene, en nedjustering av risikobildet fra forrige vurdering. Ettersom det er mange vassdrag som ikke inngår i Overvåkningsprogrammet vurderes kunnskapsstyrken totalt sett som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålene blir nådd for mange av vassdragene i produksjonsområdet, men det uveide høstbare overskuddet er lavt i enkelte vassdrag, noe som gjør at den samlede vurderingen av området gir en moderat sannsynlighet for svekket bestandsstatus hos villaksen. Det største vassdraget i regionen (Målselv) har normalt høstbart overskudd og trekker vurderingen opp når det veies med gytebestandsmål. I det nest største vassdraget, Salangselva, er laksebestanden så lav at fiske etter laks har vært forbudt i perioden. Vassdragene som blir vurdert med forenklet vurdering, domineres av dårlig og moderat kvalitet. Det er stor spredning i tilstanden i vassdragene i regionen. Vassdragene med full vurdering utgjør 90 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Vurderingen er ulik om vi vekter med gytebestandsmål eller ikke og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

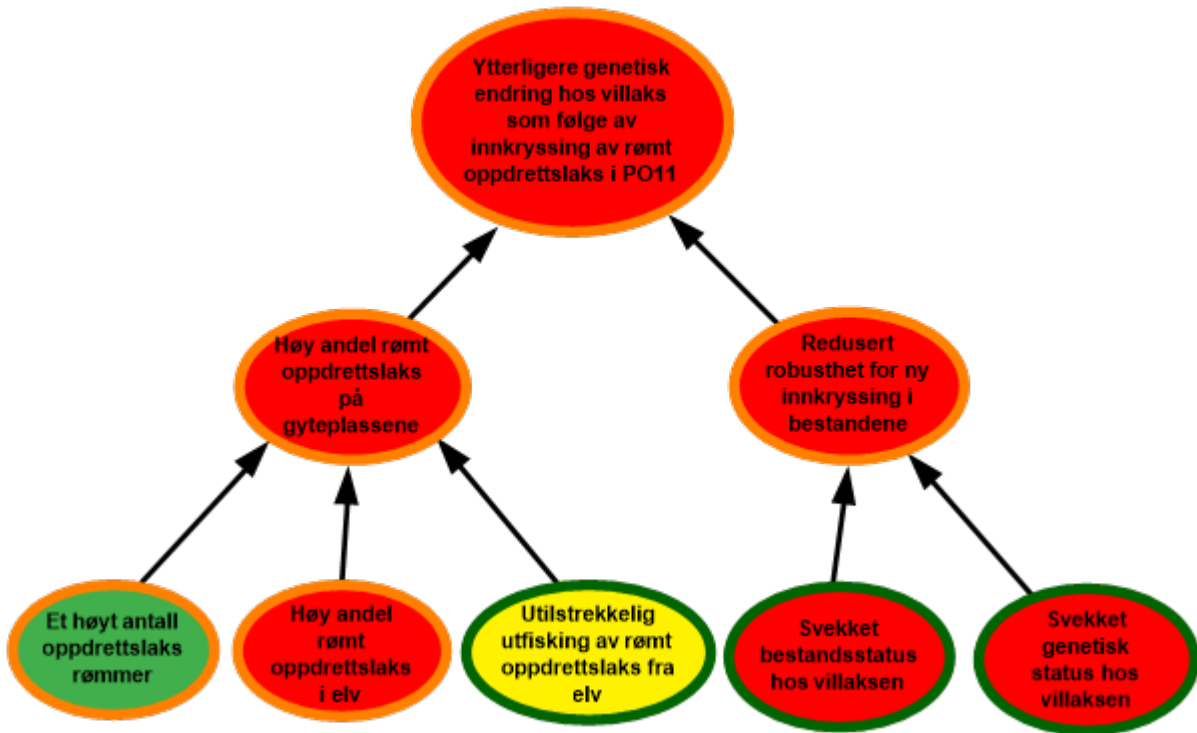
Svekket genetisk status hos villaksen. I åtte av 15 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks (inkludert Målselva som utgjør nesten halvparten av gytebestandsmålet i området). I to av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer og det er fem bestander der det ikke er observert noen genetisk endring. Det vurderes at villaksbestandene i området har en høy sannsynlighet for svekket genetisk status. Vurderingen er basert på 15 av 26 bestander som til sammen utgjør 91 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for villaksens bestandsstatus er moderat, samtidig som genetisk status vurderes å være dårlig. Det vurderes samlet sett å være moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert, ettersom bestandsstatus tillegges mer vekt enn genetisk status. Konkurransen på gyteplassen kan gi den rømte oppdrettslaksen lavere gytesuksess i produksjonsområdet. Kunnskapen knyttet til villaksens bestandsstatus vurderes som moderat, men kunnskapen knyttet til genetisk status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er derimot begrenset, så kunnskapsstyrken vurderes som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO10. Det antas å være moderat sannsynlighet for å finne mye rømt oppdrettslaks på gyteplassene. Det er rapportert om høye rømmingstall i området, som i all hovedsak er knyttet til en rømmingsepisode i 2019 hvor et stort antall ungfisk rømte fra et landanlegg, og hvor overlevelse etter rømming er antatt å være lav. Sannsynlighet for at bestandenes robusthet for ny innkryssing er svekket er moderat. Totalt sett vurderes sannsynligheten for ytterligere genetisk endring i PO10 som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks som moderat. Det er manglende kunnskap både om rømt oppdrettslaks på gyteplassene og bestandenes robusthet mot innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat. Risikoen vurderes som moderat for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i

produksjonsområde 10.

4.11. Produksjonsområde 11, Kvaløya til Loppa



Figur 4.11. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 11 (PO11), Kvaløya til Loppa.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert om 1 til 641 rømte oppdrettslaks i PO11 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 130. Området vurderes derfor å ha hatt lave rømmingstall i perioden. Basert på dette vurderes det derfor å være lav sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode. Det mangler også kunnskap knyttet til påvirkning fra rømming i andre produksjonsområder og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I gjennomsnitt ble 48 % av vassdragene i området (10 av 20) overvåket i perioden 2018-2022, noe som utgjorde 88 % av det samlede gytebestandsmålet. Andelen undersøkte vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks var 15 %. Basert på dette vurderes det derfor å være høy sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Selv om en stor andel av gytebestandsmålet er dekket av overvåkingen, er kun i overkant av halvparten av vassdragene vurdert, noe som betyr at en ikke kan utelukke at vassdrag som ikke er vurdert kan ha moderat og lavt innslag av rømt oppdrettslaks. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er gjennomført årlig i 2-8 vassdrag i området i perioden 2018 til 2022. Av vassdrag med høyt og middels innslag av rømt oppdrettslaks ble det samme år gjennomført utfisking i gjennomsnitt 100 % (7 av 7) av vassdragene henholdsvis, og det ble fjernet 68

oppdrettslaks i hele perioden. Det er vassdrag i området der utfisking ikke fungerer optimalt på grunn av vannføring, forekomst av innsjø eller andre vanskelige forhold. Da det nå har vært gjennomført utfisking i alle vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks justeres effekten av utfisking fra dårlig til moderat. Effekten av utfiskingen for området vurderes samlet sett som moderat ettersom utfisking kun gjennomføres i en begrenset tidsperiode, og det vurderes derfor at det er moderat sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Rapportert rømming i området er lav, mens andel rømt oppdrettslaks i undersøkte elver er høy. Effekten av utfiskingstiltak anses å være moderat. Det vurderes derfor at det vil være høy sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i området. Det kan synes som om rømt oppdrettslaks fra nærliggende produksjonsområder går opp i elvene i dette området, siden rapportert rømming i området er lav. Til tross for at det er god kunnskap om utfiskingen i området, er det moderat kunnskap om hvor mye oppdrettslaks som rømmer og hvor stor andel av disse som går opp i elvene. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

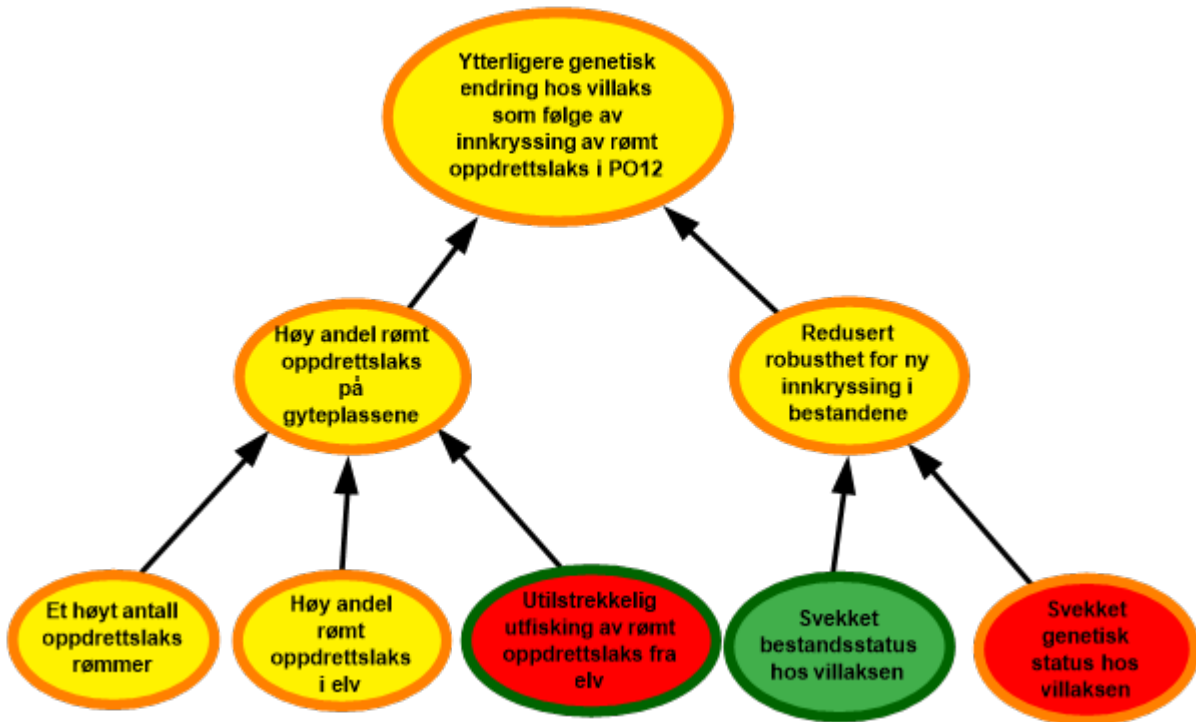
Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålene blir nådd for mange av vassdragene i produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er imidlertid lavt i mange vassdrag. Det største vassdraget i produksjonsområdet (Reisaelva) har dårligere status enn de små. Vassdragene i Skibotnregionen er under reetablering etter behandling mot *Gyrodactylus salaris* og blir derfor ikke gitt noen full vurdering. Samlet sett vurderes det å være høy sannsynlighet for svekket bestandsstatus hos villaksen i området. Vassdragene med full vurdering utgjør 63 % av det samlede gytebestandsmålet i regionen. Vurderingen blir den samme enten vi veier med gytebestandsmål eller ikke og kunnskapsstyrken vurderes derfor som god.

Svekket genetisk status hos villaksen. I åtte av 10 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks (som inkluderer flere store bestander). I to bestander er det indikert svake genetiske endringer, deriblant den største bestanden der det i den forrige statusvurderingen fra 2020 ikke var observert genetiske endringer. Totalt sett vurderes det å være høy sannsynlighet for svekket genetisk status. Vurderingen er basert på ti bestander som til sammen utgjør 91 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål, så kunnskapsstyrken anses som god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Tilstanden for både villaksens bestandsstatus og genetisk status vurderes å være dårlig, dermed vurderes det å være høy sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Lav konkurranse på gyteplassen kan gi den rømte oppdrettslaksen høyere gytesuksess i produksjonsområdet. Kunnskapen knyttet til både villaksens bestandsstatus og genetiske status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er derimot begrenset, så på tross av god kunnskap om begge de underliggende faktorene vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO11. Det er høy sannsynlighet for at det er mye rømt oppdrettslaks på gyteplassene i området, og høy sannsynlighet for at bestandenes robusthet for ny innkryssing er svekket. Sannsynlighet for ytterligere genetisk endring i PO11 som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks vurderes derfor som høy. Det mangler kunnskap knyttet til hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene da Overvåkningsprogrammet ikke dekker alle elver i området, og det er usikkerhet knyttet til rømmingstallene. Det er også usikkerhet knyttet til hvor robuste bestandene er for ny innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor totalt sett som moderat. Risikoen vurderes som høy for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 11.

4.12. Produksjonsområde 12, Vest-Finnmark



Figur 4.12. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 12 (PO12), Vest-Finnmark.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble årlig rapportert fra 1 til 26 813 rømte oppdrettslaks i PO12 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 9 785. PO12 vurderes derfor å ha hatt moderate, men på grensen mot høye, rømmingstall i perioden. Basert på dette vurderes det å være moderat sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. De rapporterte rømmingstallene er heftet med usikkerhet, både med tanke på antall rømmingsepisoder og antall rømt oppdrettslaks per episode, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I snitt ble 35 % av vassdragene i området (9 av 26) overvåket i perioden 2018-2022. Disse utgjorde 85 % av det samlede gytebestandsmålet i området. Totalt falt 87 %, 13 % og 0 % av vurderte vassdrag i kategorien lavt, moderat og høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Basert på dette vurderes det derfor å være moderat sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Overvåkningsprogrammet dekker kun i overkant av en tredjedel av elvene i området, og selv om dette dekker en høy andel av gytebestandsmålet i området, så vurderes kunnskapsstyrken som moderat.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra vassdrag. Utfisking er gjennomført årlig i 1-3 vassdrag i området i perioden 2018 til 2022. Det er ingen vassdrag med høyt innslag av rømt laks i området, mens det i vassdrag med middels innslag ble rapportert om utfisking i 67 % (4 av 6) av vassdragene det samme året. Totalt er det i hele perioden kun fjernet 8 rømte oppdrettslaks fra området og effekten av utfisking vurderes av den grunn som dårlig. Det vurderes derfor at det er høy sannsynlighet for utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elvene i området.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Rømming og andelen rømt oppdrettslaks i elv vurderes som moderat og utfiskingstiltak vurderes å ha lav effekt. Det vurderes samlet sett å være moderat sannsynlighet for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i PO12. Til tross for at det er god kunnskap om utfiskingen i området, er det moderat kunnskap om hvor mye oppdrettslaks som rømmer og hvor mye rømt oppdrettslaks det er i elvene da Overvåkningsprogrammet ikke dekker alle elver i området. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålene blir nådd i de fleste vassdragene i produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er også godt i de fleste vassdragene. Samlet vurderes det å være lav sannsynlighet for svekket bestandsstatus for villaksen i området. Vassdragene med full vurdering utgjør 94 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Vurderingen er den samme uavhengig av vurderingsmetode og kunnskapsstyrken vurderes derfor som god.

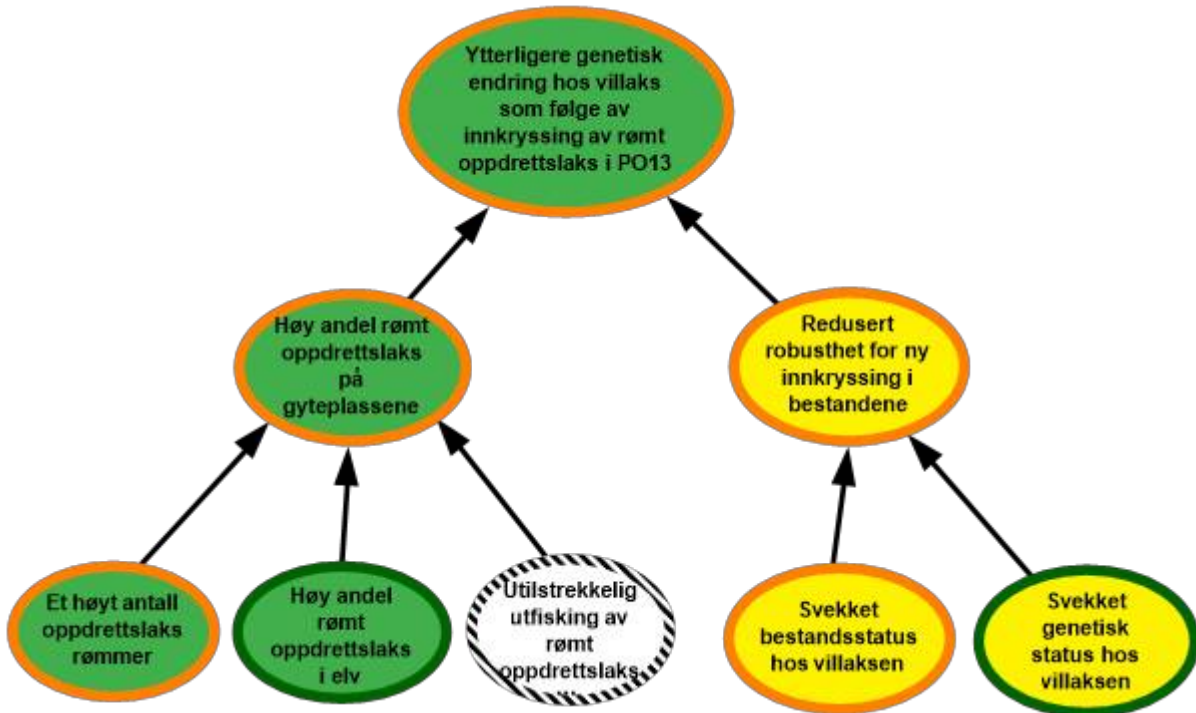
Svekket genetisk status hos villaksen. I seks av 9 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks. Samlet sett utgjør disse seks vassdragene nær 70 % av gytebestandsmålet i området. I Altaelva er det nå dokumentert genetisk innkryssing på > 4 %, mens det i Repparfjordelva er dokumentert genetiske innkryssing på > 10 %. I to av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer og det er én bestand (Børselva) der det ikke er observert noen genetisk endring. Totalt sett vurderes det å være høy sannsynlighet for svekket genetisk status, en forverring fra tidligere år da sannsynligheten ble vurdert til å være moderat. Vurderingen er basert på ni av 26 bestander som til sammen utgjør 95 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål. Kunnskapsstyrken anses som moderat fordi flere bestander ikke er undersøkt og prøver fra enkelte vassdrag begynner å bli gamle.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Bestandsstatus har god tilstand, mens den genetiske statusen har endret seg fra moderat til dårlig. Dermed vurderes det å være moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert, en justering fra tidligere lav sannsynlighet. Kunnskapen knyttet til villaksens bestandsstatus vurderes som god, mens kunnskapen knyttet til genetisk status vurderes som moderat. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er begrenset, og kunnskapsstyrken vurderes som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO12.

Bestandenes robusthet mot innkryssing justeres fra god til moderat, grunnet en forverring i genetisk status, samtidig som det er moderat sannsynlighet for at det finnes rømt oppdrettslaks på gyteplassene. Sannsynlighet for ytterligere genetisk endring hos villaksbestandene som følge av rømt oppdrettslaks vurderes fortsatt som moderat i PO12. Til tross for at vi har relativt god kunnskap om to av de underliggende faktorene, så mangler det kunnskap knyttet til hvor mye rømt oppdrettslaks det er på gyteplassene og hvor robuste bestandene er for ny innkryssing. Vurderingen av kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat for området. Risikoen vurderes som moderat for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 12.

4.13. Produksjonsområde 13, Øst-Finnmark



Figur 4.13. Visualisering av risikobildet for ytterligere genetisk endring i villaksbestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i produksjonsområde 13 (PO13), Øst-Finnmark.

Et høyt antall oppdrettslaks rømmer. Det ble rapportert én rømmingsepisode med 19 rømte oppdrettslaks i PO13 i perioden 2018-2022 med et årlig gjennomsnitt på 4. Området vurderes derfor å ha hatt lave rømmingstall i perioden. Basert på dette vurderes det derfor å være lav sannsynlighet for at et høyt antall oppdrettslaks rømmer fra anlegg i området. Det mangler kunnskap knyttet til omfang av rømming og påvirkning fra rømming i andre produksjonsområder, og kunnskapstyrken vurderes som moderat.

Høy andel rømt oppdrettslaks i elv. I gjennomsnitt ble 40 % av vassdragene i området (8 av 20) overvåket årlig i perioden 2018-2022, men verken Tana eller Neiden er inkludert. Dette utgjorde kun 13 % av gytebestandsmålet i området. Det er gjennom perioden 2018-2022 ingen vassdrag i kategorien høyt innslag av rømt oppdrettslaks i dette området. Basert på dette vurderes det derfor å være lav sannsynlighet for at det er en høy andel rømt oppdrettslaks i elvene i området. Vi vurderer kunnskapsstyrken som god, fordi det foreligger estimater av andel rømt oppdrettslaks fra andre undersøkelser utført av finske forskere som viser lave andeler i to elver (Tana og Neiden) som ikke er inkludert i Overvåkningsprogrammet.

Utilstrekkelig utfisking av rømt oppdrettslaks fra elv. Utfisking er ikke registrert i området, og det er ikke registrert vassdrag med høyt innslag av rømt laks. Det er totalt sett registrert ett vassdrag (Vestre Jakobselv) med moderat innslag av rømt oppdrettslaks i både 2021 og 2022. Vi har derfor valgt å ikke vurdere tilstanden for denne risikofaktoren i PO 13.

Høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassen. Det er lite rømming og lav andel rømt oppdrettslaks observert i elvene i PO13. Den totale vurderingen er derfor at det lav sannsynlighet for forekomst av en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene i PO13. Det finnes ingen fullstendig oversikt over hvor mye rømt oppdrettslaks som finnes på gyteplassene og rømt oppdrettslaks fra omkringliggende områder kan også gå opp i elvene i området. Kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Svekket bestandsstatus hos villaksen. Gytebestandsmålene blir nådd i de fleste vassdragene i

produksjonsområdet. Det høstbare overskuddet er også godt i de fleste vassdragene. Imidlertid har den største bestanden i produksjonsområdet (Tanavassdraget) redusert gytebestandsmåloppnåelse og redusert eller ikke noe høstbart overskudd, trolig som følge av overbeskatning gjennom en årrekke. Siden Tanavassdraget er den desidert største bestanden i området, gjør dette at vurderingene blir svært forskjellig avhengig av om det veies med gytebestandsmål eller ikke. Siden Tana er det viktigste laksevassdraget i Norge, tillegges det stor vekt, og vi vurderer at det er moderat sannsynlighet for svekket bestandsstatus hos villaksen i området. Vassdragene med full vurdering utgjør 92 % av det samlede gytebestandsmålet i produksjonsområdet. Det er stort sprik i den samlede vurderingen avhengig av hvordan Tanavassdraget vektlegges. Den samlede vurderingen for regionen er derfor ikke robust, selv om vurderingene av de enkelte vassdragene er relativt sikre, og kunnskapsstyrken vurderes derfor som moderat.

Svekket genetisk status hos villaksen. I åtte av 17 undersøkte villaksbestander i området er det påvist > 4 % genetisk innkryssing av oppdrettslaks. I fem av vassdragene er det indikert svake genetiske endringer, inkludert Tana som er den dominerende bestanden i regionen. I fire bestander er det ikke observert noen genetisk endring. Totalt sett vurderes det at villaksbestandene i området har moderat sannsynlighet for svekket genetisk status. Vurderingen er basert på 17 bestander som til sammen utgjør 99 % av produksjonsområdets totale gytebestandsmål. Det har inngått nytt prøvemateriale fra Tanavassdraget og Neiden i den genetiske statusvurderingen fra 2023. Med bedre sikkerhet knyttet til disse to store vassdragene justeres kunnskapsstyrken fra dårlig til god.

Redusert robusthet for ny innkryssing i bestandene. Både genetisk status og villaksens bestandsstatus vurderes å ha moderat tilstand og dermed vurderes det å være moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet mot ny innkryssing er redusert. Kunnskapen knyttet til villaksens bestandsstatus vurderes som moderat, mens kunnskapen om genetiske status vurderes som god. Kunnskap knyttet til den kombinerte effekten av bestandsstatus og genetisk status er derimot begrenset, og kunnskapsstyrken vurderes som moderat.

Ytterligere genetisk endring hos villaks som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks i PO13. Selv om det er moderat sannsynlighet for at bestandenes robusthet er svekket i området, så vektes den lave sannsynligheten for å finne en høy andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene tyngre. Sannsynlighet for ytterligere genetisk endring i PO13 vurderes derfor som lav. Vurderingen for dette produksjonsområdet er noe kompleks i og med at bestandsstatus er annerledes i Tanavassdraget enn i de andre vassdragene i området. Det foreligger heller ikke norske undersøkelser av forekomsten av rømt oppdrettslaks i Tana, men undersøkte prøver viser ingen genetisk endring som følge av innkryssing. Det er også usikkerhet i forhold til utviklingen i akvakultur på russisk side av grensen, hvor det har vært ambisjoner om økning i produksjonen. Det er moderat usikkerhet knyttet til halvparten av de underliggende faktorene for både rømt oppdrettslaks på gyteplassene og hvor robust bestandene er for ny innkryssing. Kunnskapsstyrken vurderes derfor samlet sett som moderat. Risikoen vurderes som lav for at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander i produksjonsområde 13.

5. Konklusjon

Risikovurderingen viser at kun de to sørligste (PO1 og PO2), samt det nordøstligste produksjonsområdet (PO13) fortsatt vurderes til å ha lav sannsynlighet for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. Fem av de andre produksjonsområdene (PO5, 6, 9, 10 og 12) vurderes til å ha moderat sannsynlighet for ytterligere genetisk endring, mens fem produksjonsområder (PO3, 4, 7, 8 og 11) vurderes til å ha høy sannsynlighet for ytterligere genetisk endring som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks. I PO9 er risikobildet justert ned fra høy til moderat sannsynlighet, mens for de andre PO-ene er vurderingene uendret fra risikovurderingen gjort i 2023. I 2023 ble risikobildet i PO10 justert ned fra høy til moderat sannsynlighet, som tyder på en samlet sett forbedring i overordnet risikobilde med tanke på at ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra rømt oppdrettslaks skal føre til mer sårbare villaksbestander.

I de siste årene har de offisielle rømmingstallene fra industrien vist en nedgang, og Overvåkningsprogrammet for rømt oppdrettslaks har vist lavere andel rømt oppdrettslaks i elvene de siste årene. Denne utviklingen gjenspeiles i årets og fjorårets risikorapport, hvor en nedgang i andel rømt oppdrettslaks i elvene i PO9 og PO10 har resultert i en nedjustering av risikobildet. Det er likevel verdt å merke seg at i områder med lite rømt oppdrettslaks kan én stor rømming forandre denne situasjonen raskt, spesielt om utfiskingstiltak ikke er effektive. Andel rømt oppdrettslaks i gytebestandene er også påvirket av endringer i antall villaks, hvor lave innsig har vært registrert de siste årene (Anon. 2024).

Så lenge oppdrettslaks produseres med dagens teknologi som hovedsakelig er åpne merder i sjø, vil sannsynligheten for større rømmingshendelser være til stede, og tall fra 2019 viser at nærmere 300 000 laks rømte det året. I 2022 ble det innrapportert i overkant av 56 000 rømt oppdrettslaks, mens det i 2023 er blitt rapportert om rekordlave 1537 rømte oppdrettslaks. I 2024 derimot er det per 14. juni rapportert om 14 417 rømte oppdrettslaks. NYTEK23 trådte i kraft 1. januar 2023, med en overgangsordning fram til 1. januar 2024. Nye krav til rømmingssikkerhet kan føre til lavere rømmingstall, selv om det ansees som at det også i de neste årene vil kunne oppstå større rømmingsepisoder.

Tilgjengelig kunnskap tilsier at genetisk endring i ville laksebestander som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks, kan føre til redusert produksjon av genetisk villaks samt forandringer i viktige biologiske egenskaper i bestander som for eksempel alder og størrelse kjønnsmodning, smoltalder og endringer i utvandringstidspunkt for smolt. Dette kan resultere i mindre robuste bestander med redusert evne til å tilpasse seg til fremtidige utfordringer, noe som gjør bestandene mer sårbare. Videre tilsier all tilgjengelig kunnskap at nivået av negative biologiske forandringer i de ville bestandene i stor grad vil være bestemt av nivået av genetisk innblanding fra rømt oppdrettslaks. Enkelt forklart betyr mer innkryssing større risiko for negative biologiske konsekvenser. I hvilken grad naturlig seleksjon kan rekonstruere laksebestandens egenskaper dersom ny innkryssing forhindres, er usikkert.

Sterke villaksbestander vil kunne redusere innkryssing av rømt oppdrettslaks ved økt konkurranse og gjennom en uttynningseffekt. Forvaltning etter gytebestandsmål, hvor man tar sikte på å ha nok vill gytelaks til stede om høsten til at elvene når sitt produksjonspotensial, vil bidra til å redusere sannsynligheten for at innkryssing fra rømt oppdrettslaks fører til ytterligere genetisk endring. Flere tiltak er iverksatt både fra forvaltningen og næringen selv for å redusere rømming. Økt innsats for å gjøre tiltakene så effektive som mulig i å hindre rømt oppdrettslaks å komme til gyteplassene, vil også redusere sannsynligheten for ytterligere innkryssing.

Denne risikovurderingen er gjort på produksjonsområdenivå med mål om å gi et overordnet bilde av risikoen knyttet til hvorvidt ytterligere genetiske endringer som følge av innkryssing fra oppdrettslaks vil føre til mer

sårbare villaksbestander. Siden det innenfor hvert produksjonsområde vil være vassdrag og laksebestander som er ulike med hensyn til faktorene vi vurderer, vil aggregering av bestandene innenfor et produksjonsområde ikke nødvendigvis gi et godt uttrykk for tilstand og risiko for sårbarhet i enkeltbestander. Neste steg kan være å gjøre en risikovurdering på elvenivå eller lokalisere mindre geografiske områder der risikoen vurderes å være høy, og gjøre en mer detaljert vurdering.

6. Kunnskapsstatus

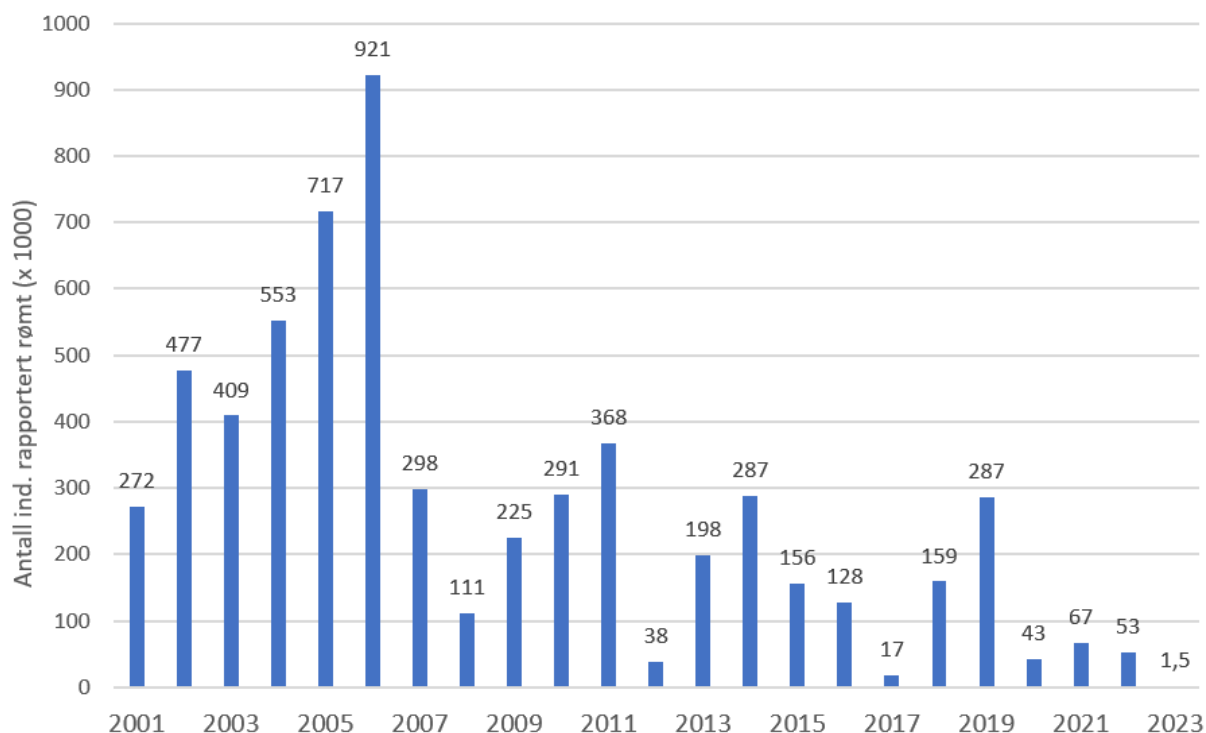
I denne todelte kunnskapsstatusen presenterer vi først en utvidet gjennomgang av faktorene knyttet til selve risikovurderingen; andel rømt oppdrettslaks på gyteplassene (rømming, andel rømt oppdrettslaks i elv og utfisking/ fjerning av rømt oppdrettslaks fra elv) og bestandenes robusthet for ny innkryssing (bestandsstatus og genetisk status). Vi drøfter også ulike biologiske faktorer ved den rømte fisken som kan påvirke dens gytesuksess i naturen, men som på nåværende tidspunkt ikke er inkludert i risikovurderingen. Videre presenterer vi en oversikt over konsekvenser av at rømt oppdrettslaks krysser seg med villaks og hvilke faktorer som forklarer variasjon i andel rømt oppdrettslaks i elv og grad av innkryssing.

6.1 Faktorer inkludert i risikovurderingen

Rømt oppdrettslaks på gyteplassene

Rømming

De offisielle innrapporterte rømmingstallene for laks (www.fiskeridir.no) viser at det siden 2001 årlig har rømt flere hundre tusen oppdrettslaks de fleste år (figur 6.1). Rømmingstallene har vist en nedadgående trend og i 2023 ble det rapportert et rekordlavt antall rømt oppdrettslaks med 1537 individer. Per juni er det rapportert om 14 716 rømte oppdrettslaks så langt i 2024. Det høyeste rapporterte tallet var i 2006 da 921 000 oppdrettslaks ble meldt rømt. Disse tallene er minimumsestimater og de faktiske rømmingstallene er sannsynligvis høyere enn det som rapporteres, både grunnet urapporterte hendelser og usikkerhet knyttet til fastsetting av antall rømt fisk ved store rømmingsepisoder. Havforskningsinstituttets DNA-identifisering av urapportert rømt oppdrettslaks (Glover 2010; Zhang mfl. 2013), og en større studie med utsetting av merket laks og modellering viste at de faktiske rømmingstallene for perioden 2005–2011 sannsynligvis var 2–4 ganger høyere enn den offisielle statistikken (Skilbrei mfl. 2015a). Det er ikke gjort tilsvarende studier for seinere år, og en ny estimering av forskjellen mellom rapporterte og faktiske rømmingstall trengs for å dokumentere effekten av ytterligere tiltak iverksatt for å forhindre rømming i etterkant av 2011. Selv om det er usikkerhet i de offisielle rømmingstallene, er risikovurderingen basert på årlig gjennomsnittlig rapportert rømming per produksjonsområde i perioden 2018-2022 (tabell 6.1). I dette tidsrommet ble det meldt om totalt 609 043 rømte oppdrettslaks.



Figur 6.1. Antall rømt oppdrettslaks rapportert årlig til Fiskeridirektoratet i perioden 2001–2023 (per 18.01.2024). I 2023 var det rapportert 1 457 rømte oppdrettslaks per 18.01.24. Kilde: www.fiskeridir.no.

Tabell 6.1 Rapportert antall rømt oppdrettslaks fra norsk lakseoppdrett i perioden 2018-2023 for produksjonsområde 1-13.

Produksjonsområde	2018	2019	2020	2021	2022	2018-2022	Gjennomsnitt
1 - Svenskegrensen til Jæren	0	0	0	0	0	0	0
2 - Ryfylke	0	50	0	0	0	50	10
3 - Karmøy til Sotra	6 918	1 017	9	5	1 321	9 270	1 854
4 - Norhordland til Stadt	1 547	17 256	5 325	110	35 474	59 712	11 942
5 - Stadt til Hustadvika	1	2 200	0	1	111	2 313	463
6 - Nordmøre og Sør-Trøndelag	16 027	28 481	12 613	893	8 983	66 997	13 399
7 - Nord-Trøndelag med Bindal	107 635	49 627	9 225	38 640	0	205 127	41 025
8 - Helgeland til Bodø	79	4 476	7 032	30	6	11 623	2 325
9 - Vestfjorden og Vesterålen	20 480	1 115	20	240	18	21 873	4 375
10 - Andøya til Senja	12	182 417	48	2	8	182 487	36 497
11 - Kvaløya til Loppa	641	1	4	1	1	648	130
12 - Vest-Finnmark	5 765	1	9 042	26 813	7 303	48 924	9 785
13 - Øst-Finnmark	0	19	0	0	0	19	4
<i>Norge totalt</i>	159 105	286 660	43 318	66 735	53 225	609 043	121 809

Kilde: www.fiskeridir.no

Biologisk status ved rømming påvirker oppdrettslaksens evne til å overleve i naturen, vandre opp i vassdragene og gyte sammen med villaks. Dette omfatter for eksempel livsfase, kjønn, kjønnsmodning, tidspunkt for rømming, lysregime på anlegget før rømming, sykdomsstatus, størrelse, alder og tidsforløp i det fri. Biologisk status påvirker også hvor langt den rømte oppdrettslaksen kan spre seg. Disse faktorene diskuteres her, men er på nåværende tidspunkt ikke inkludert i risikovurderingen da det finnes lite kunnskap om oppdrettslaksens biologiske status ved rømming og i hvor stor grad den sprer seg fra der den rømmer og til andre produksjonsområder.

Det er stor variasjon i spredning og overleving hos rømt oppdrettslaks, og rømt oppdrettslaks kan spre seg over store områder (Hansen mfl. 1993; Hansen 2006a, b; Jensen mfl. 2013; Quintela mfl. 2016). Årstid, lokalitet (eks. fjord vs. kyst), størrelse og alder ved rømming ser ut til å være avgjørende for hvor den rømte fisken svømmer og i hvilken grad de overlever.

Villaks legger ut på lange vandring, fra elven til storhavet som liten smolt og tilbake som kjønnsmoden laks. Vandringerne er synkronisert med årstidene, der smolt vandrer ut til havet i perioden april-juli, mens kjønnsmoden laks vandrer tilbake til elvene fra sent om våren til utpå høsten.

Også laks i oppdrett har disse vandringsinstinktene, men både årstid, størrelse og kjønnsmodningsstatus til fisken når den rømmer, har betydning for hvilken atferd den får i frihet. I noen tilfeller vil rømt oppdrettslaks spre seg hurtig og være lite fangbare, mens den under andre forhold vil holde seg lenge i området og kanskje søke opp i nærliggende elver.

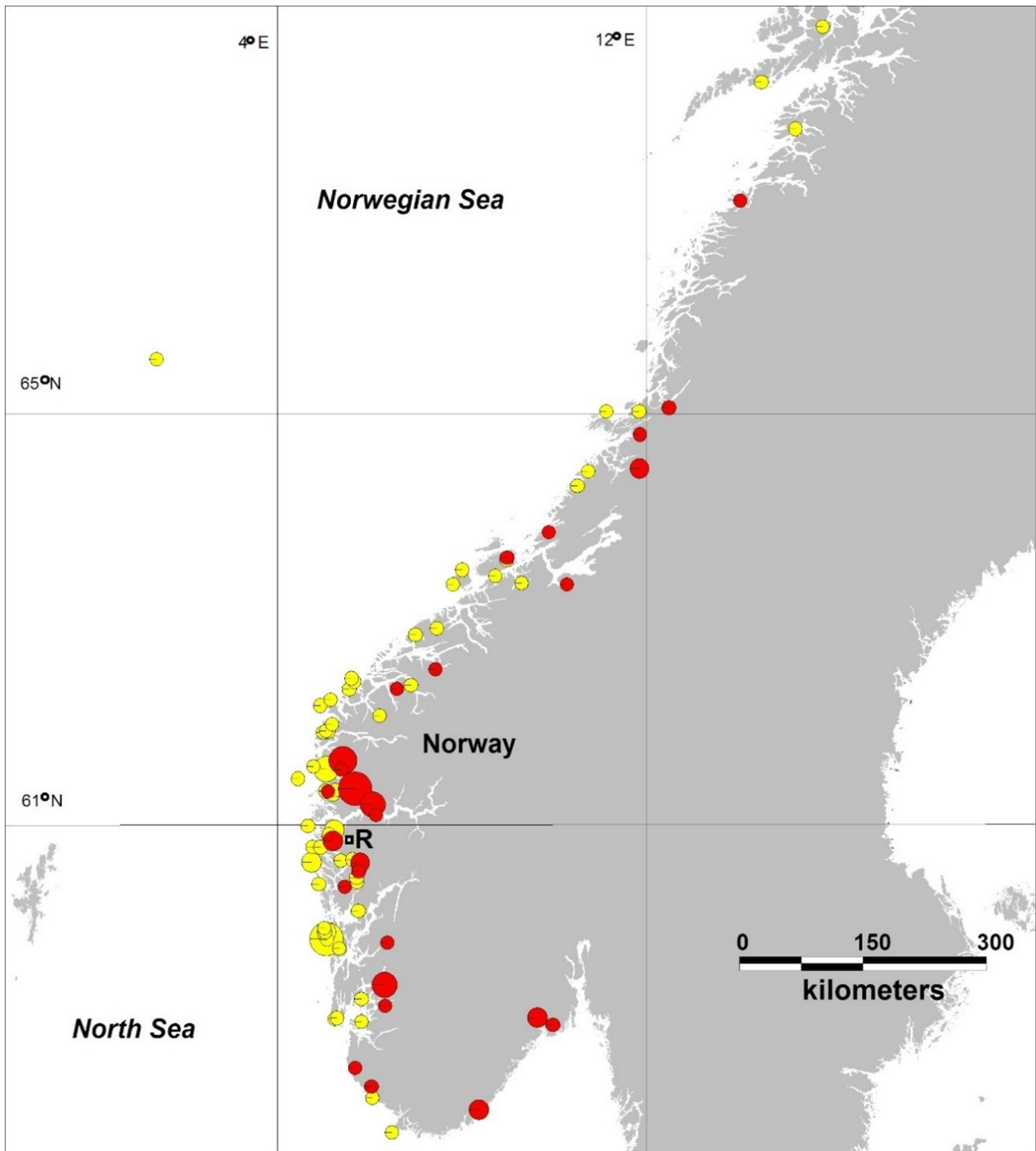
Havforskningsinstituttet har tidligere gjennomført en serie med eksperimentelle slipp av oppdrettslaks for å studere ulike atferdsmønstre. Resultatene fra disse forsøkene er satt sammen med kunnskap fra andre kilder som også beskriver slipp av merket oppdrettslaks (Hansen 2006a, b; Chittenden mfl. 2011). Smolt og postsmolt som rømmer den første sommeren etter at de er satt ut i merder i sjøen, vil normalt vandre hurtig mot havet (Skilbrei 2010; Skilbrei mfl. 2015a). Dette innebærer at gjenfangst blir nærmest umulig. Denne fisken vokser opp i de åpne havområdene sammen med villaksen, og en liten andel (0,4 % gjenfangst fra våre utslipp) kommer tilbake til kysten ett til tre år senere som kjønnsmoden fisk. Våre undersøkelser viser at en høy andel av disse vil søke tilbake mot ferskvannskilder i området de rømte fra som smolt, men mange vandrer likevel opp i elver spredd over et område på flere hundre kilometer (Skilbrei mfl. 2015a; figur 6.2). Nyere upubliserte analyser at data fra disse eksperimentelle slippene viser at smoltrømming har potensialet til å spre seg mer enn 1200 km fra slipplokasjonen ved retur til ferskvann 1-3 år senere.

Vandringsviljen til postsmolt som rømmer om høsten reduseres i takt med at dagene blir kortere. Derfor øker også den lokale gjenfangsten av postsmolt som rømmer utover høsten (13 % gjenfangst fra våre utslipp), blant annet fordi de er blitt store nok til å bli fanget i garn og av sportsfiskere (Skilbrei mfl. 2015a).

Dersom fisk rømmer kort tid etter at de har blitt flyttet fra kar på et settefiskanlegg til merd i sjøen, blir vandringsmotivasjonen påvirket av lysregimet fisken var utsatt for på settefiskanlegget. Kontinuerlig belysning svekker vandringsviljen og kan få stor settefisk til å holde seg i fjorden uvanlig lenge, selv om de rømmer om sommeren (Skilbrei mfl. 2014). I produksjon av høstsmolt kan bruk av kunstig økt daglengde på settefiskanlegget få laksen til å legge ut på vandring mot havet selv om den rømmer fra merden seint om høsten. Sjansen for at disse overlever vinteren i havet er imidlertid lav (Skilbrei 2013), da slipp av høstsmolt ga lavere gjenfangst som voksen (0,004 %) en slipp av vårsolt (0,17 %). Det er dermed lavere sannsynlighet for at fisk fra denne type rømming overlever fram til kjønnsmodning og vandrer opp i elv.

Gjenfangst av voksen laks avhenger av rømmingsområdet. Slipp av voksen laks fra anlegg på kysten har gitt lavere gjenfangst (4–7 %, Skilbrei mfl. 2015a) enn slipp i fjorder der fisken oppholder seg lenger og er mer ekspo-

nert for fiskeredskaper (7–33 %, Skilbrei mfl. 2015a, 79%, Chittenden mfl. 2011). Slipp fra anlegg helt ute i hav-
gapet har ikke gitt gjenfangster (Skilbrei mfl. 2015a). Flesteparten av gjenfanget voksen oppdrettslaks ble fan-
get i månedene etter at de ble satt ut, i nærheten av utslippsområdet. Nyere upubliserte analyser at data fra
disse eksperimentelle slippene viser likevel at disse voksenrømlingene spredte seg på det meste mer enn 400
km fra slipplokasjonen, selv om andre studier har viset at også voksen rømt oppdrettslaks kan ha et stort
spredningspotensial (Hansen 2006). Kun 0,09 % ble gjenfanget 1–2 år etter utslippet (Skilbrei mfl. 2015a). En
medvirkende årsak til dette er muligens at voksen laks som rømmer har vansker med å lære seg å fange natur-
lig føde. Undersøkelser av mageinnhold til voksen rømt oppdrettslaks fanget nær norskekysten viser vanligvis
at de aller fleste er tomme (Olsen & Skilbrei 2010). Rømt oppdrettslaks fanget under fisket ved Færøyene har
derimot samme diett som villaksen der (Jacobsen & Hansen 2001).



Figur 6.2. Gjenfangst av voksen laks i sjø (gule sirkler) og elv (rød) fra slipp av smolt fra forskningsstasjonen Matre (R) i 2005–2010. Fisk gjenfanget < 6 km fra utsettingsstedet (49 % av rapportert gjenfangst) er ikke vist. Størrelsen på sirklene angir antall fisk fra 1 til 5 individer.

Rømminger om høsten, uavhengig av alder på laksen, kjennetegnes ofte av at mange fisk søker mot ferskvannskilder, både elver og kraftverk som slipper ut turbin vann. Dette er som ventet når det gjelder kjønnsmodnende fisk, men det har vist seg at mange umodne laks også søker inn mot elveosene og at noen også går opp i nedre del av elven (Madhun mfl. 2015). Det er kjent at umoden laks kan gå opp i ferskvann (Webb mfl. 2007), men denne atferden er ikke godt kartlagt. Det er mulig at noen av de umodne fiskene svømmer ut av elven igjen etter en stund, mens andre kan stå i elven til de blir kjønnsmodne.

Som nevnt over har merkestudiene vist at smolt og postmolt som rømmer kan komme tilbake som gyteklare laks

etter 1–3 år i havet, og at voksen rømt oppdrettslaks som gjenfanges som oftest blir gjenfanget i løpet av det året de rømte (Skilbrei mfl. 2015a). Undersøkelser av et pigment i kjøtt som reflekterer ulik diett mellom oppdrettsmiljøet og naturen, viste tidlig på 90-tallet at om lag halvparten av den undersøkte rømte oppdrettslaksen fanget i elv hadde rømt nylig mens den resterende halvparten hadde tilbrakt mer enn ett år i naturen (Lura & Sægrov 1994). Senere har fettsyreanalyser av voksen rømt oppdrettslaks i elv vist at flertallet hadde rømt nylig, dette basert på at de hadde fettsyreprofiler som var svært lik oppdrettsfôret. En mindre andel på rundt 10–30 % av den voksne rømte oppdrettslaksen hadde fettsyreprofiler som tydet på at den hadde beitet i havet i lang tid og dermed sannsynligvis hadde rømt som smolt eller postsmolt. Det var færre observasjoner av voksen laks som hadde spist begge typer mat; som hadde rømt som relativt stor laks og deretter klart å finne ville byttedyr (Skilbrei mfl. 2015b; Anon. 2018). Dette støtter antakelsen fra merkestudiene om at en stor del av den umodne voksne oppdrettslaksen som rømmer sannsynligvis ikke overlever fram til den blir kjønnsmoden. En nyere studie, fra utvalgte gyteelver, tyder på at det er regionale forskjeller mellom hvor lenge oppdrettslaks har vært på rømmen før den blir gjenfanget i elv (Strand mfl. 2023). I perioden 2011–2021 var det samlet sett kun 14 % av den undersøkte rømte laksen som hadde vært på rømmen lenge nok til at den hadde en fettsyreprofil lik villfiske. Mens hele 78 % av oppdrettslaksen som ble fanget i den nordligste elven, Vestre Jakobselv, hadde vært lenge på rømmen, var dette kun tilfelle for 6 % av oppdrettslaksen fanget i Etne (Strand mfl. 2022). Basert på ytterligere data fra Etne er rømt oppdrettslaks som har vært lenge på rømmen i større grad kjønnsmoden når den først oppsøker elven (96 %), kontra den mer nylig rømte oppdrettslaksen (55 %) (Madhun mfl. 2023).

Tilgjengelige data tyder på at sannsynligheten for at en rømt oppdrettslaks overlever fram til kjønnsmodning og vandrer opp i elv er størst hvis fisken rømmer som smolt om sommeren, eller det samme året den blir kjønnsmoden. Sannsynligheten er minst for smolt som rømmer om høsten, og umoden laks som ikke blir kjønnsmoden før tidligst neste år.

Andel rømt oppdrettslaks i elv

Siden oppstarten av lakseoppdrett i Norge har flere millioner oppdrettslaks rømt fra anlegg langs norskekysten. De fleste av disse fiskene «blir borte» i det marine miljøet uten videre spor, men noen vil vandre opp i lakseelver. Det Nasjonale Overvåkningsprogrammet for Rømt Oppdrettslaks, etablert på oppdrag fra Fiskeridirktoratet etter føringer fra Nærings- og fiskeridepartementet i 2014, beregnet innslag av rømt oppdrettslaks i henholdsvis 140 vassdrag ved oppstart (Anon. 2015a). I dag beregnes innslag av rømt oppdrettslaks i gjennomsnittlig 200 vassdrag årlig, 218 på det meste, og antallet vil variere da årlig variasjon i miljømessige forhold vil påvirke datakvaliteten (Anon. 2016a, 2017a, 2018, 2019a, Aronsen mfl. 2020, Wennevik mfl. 2021, 2022). I 2022 ble 195 vassdrag vurdert (Wennevik mfl. 2023).

Vassdragene som er overvåket er valgt ut fra en rekke kriterier; god geografisk spredning, inkludering av de nasjonale laksevassdragene, representasjon av vassdrag av ulike størrelse samt å bygge videre på vassdrag med tidsserier og med gode lokale nettverk, som er etablert i ulike prosjekter finansiert av Norges forskningsråd og miljømyndighetene siden 1989, og av fiskerimyndighetene fra 2003 (Fiske mfl. 2006; Diserud mfl. 2019a). Data blir samlet inn fra sportsfiske om sommeren, og fra høstfiske, stamfiske og drivtelling om høsten. De tre førstnevnte metodene er i hovedsak basert på stangfiske og skiller mellom rømt oppdrettslaks og villaks ved å undersøke fiskens skjell, som gir et bilde av fiskens vekstbetingelser gjennom i livet. Drivtelling innebærer at snorklere foretar en visuell inspeksjon av fisk i elven, teller opp og karakteriserer vill og rømt oppdrettet laks på basis av utseende og atferd (Mahlum mfl. 2019). I mange av elvene som blir undersøkt blir mer enn én metode benyttet. Innsamlete data går gjennom en kvalitetssikringsprosess og er blitt vurdert i henhold til en rekke kriterier for å få en total vurdering av dataenes representativitet. Innslaget av rømt oppdrettslaks for hver elv presenteres i en årlig rapport fra Overvåkningsprogrammet som prosentandelene registrert ved de ulike metodene, samt som en årsprosent som beregnes fra andel oppdrettslaks i sportsfiske og/eller høstfiske/stamfiske (Fiske

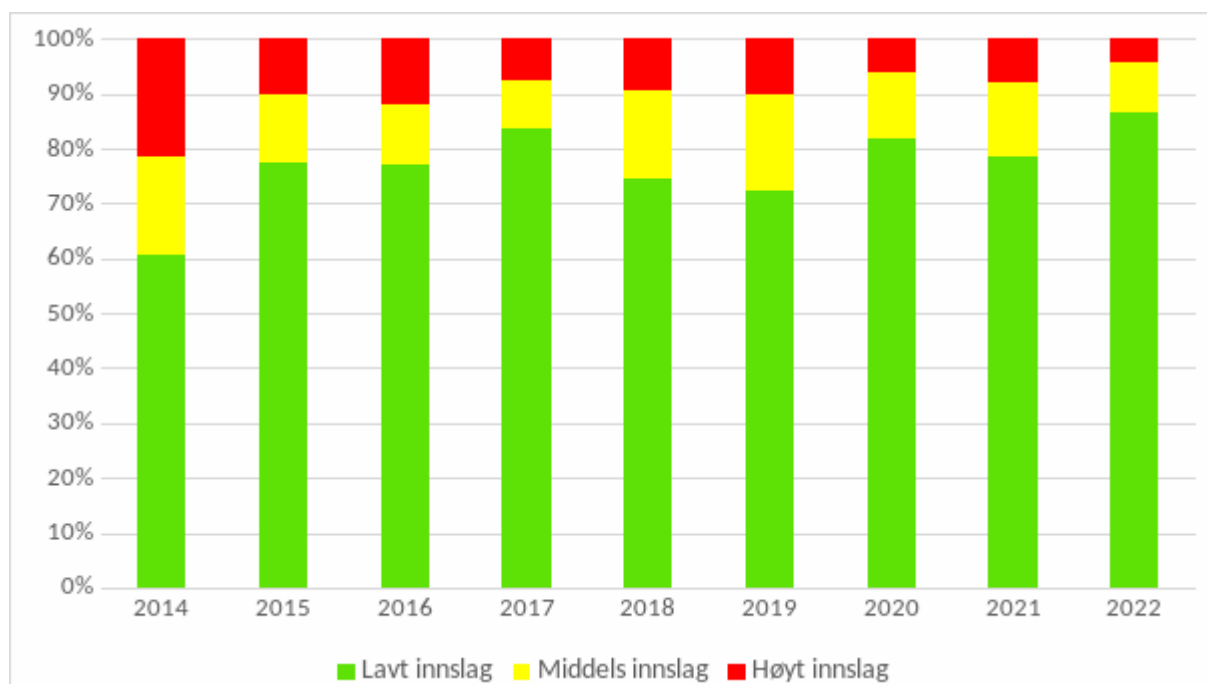
mfl. 2006). Årsprosenten tar hensyn til at sportsfisket sannsynligvis gir et for lavt, og høstfisket sannsynligvis et for høyt estimat av innslaget av rømt oppdrettslaks. De ulike metodene som blir benyttet i de forskjellige elvene har sine styrker og svakheter, både i forhold til prøvestørrelsene og sikker identifikasjon av rømt oppdrettslaks. At innslaget av rømt oppdrettslaks i vassdragene kan endre seg i løpet av sesongen og at rømt oppdrettslaks til dels har en annen atferd enn villaks, gjør det krevende både å innhente gode data og å sammenligne data innhentet med de ulike metodene. Ved utregning av et estimat for prosentvis andel oppdrettslaks i elven, kommer det i tillegg en statistisk usikkerhet på anslaget som avhenger av prøvestørrelsen og innslaget av rømt oppdrettslaks. Ulike kilder til usikkerhet i dataene fra Overvåkningsprogrammet blir diskutert i rapporten (Wennevik mfl. 2023).

Elver blir klassifisert i kategoriene <4 %, 4–10 % og >10 %, tilsvarende systemet foreslått av Taranger mfl. (2012). Klassifiseringen følger ikke årsprosent slavisk, men er basert på en samlet vurdering av alle datakildene:

- **Lavt innslag:** innslag av rømt oppdrettslaks er estimert til under 4 %.
- **Moderat innslag:** innslag av rømt oppdrettslaks er estimert til mellom 4 % og 10 %.
- **Høyt innslag:** innslag av rømt oppdrettslaks er estimert til over 10 %.

I risikovurderingen har vi brukt klassifiseringene Overvåkningsprogrammet har gjort for de enkelte vassdrag i perioden 2018–2022 innenfor hvert av produksjonsområdene og vurdert disse samlet for å kategorisere tilstanden innenfor hvert produksjonsområde (tabell 6.2).

Det ble i 2022 beregnet årsprosent for 118 elver, og det presenteres i rapporten fra Overvåkningsprogrammet data fra drivtellingene fra 142 elver. Resultatene fra Overvåkningsprogrammet for 2022 viste at til sammen 169 elver (87 %) ble vurdert til å ha lavt innslag av rømt oppdrettslaks (mindre enn 4 %), 18 vassdrag (9 %) ble vurdert til å ha moderat innslag (mellom 4 og 10 %), mens 8 (4 %) vassdrag ble vurdert til å ha et høyt innslag av rømt oppdrettslaks. Siden oppstart av Overvåkningsprogrammet i 2014 er det aldri blitt registrert så få vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks, i både antall og andel. Samtidig er andel vassdrag vurdert til å ha lavt innslag den høyeste på alle de ni årene med overvåkingsdata. Sammenlignet med 2021 betyr det en tydelig nedgang, ettersom 140 elver (79 %) ble vurdert til å ha lavt innslag av rømt oppdrettslaks (mindre enn 4 %), 24 vassdrag (14 %) ble vurdert til å ha moderat innslag (mellom 4 og 10 %), mens 14 (8 %) vassdrag ble vurdert til å ha et høyt innslag av rømt oppdrettslaks det året. Det var derimot en svak oppgang i både antall og andel elver med høyt innslag i 2021 sammenlignet med 2020 (13 vassdrag, 6 %). I 2019 og 2018 lå andelen av vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks på omtrent samme nivå (20 vassdrag (10 %) i 2019 og 19 vassdrag (9 %) i 2018). Antall vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks i perioden 2018-2022 har dermed lagt på 4 -10 %, en nedgang fra starten av Overvåkningsprogrammet (figur 6.3).



Figur 6.3. Andel vassdrag som er klassifisert til å ha lav, middels eller høyt innslag av rømt oppdrettslaks som klassifisert av det Nasjonale Overvåkningsprogrammet for Rømt Oppdrettslaks siden oppstart i 2014 og fram til 2022.

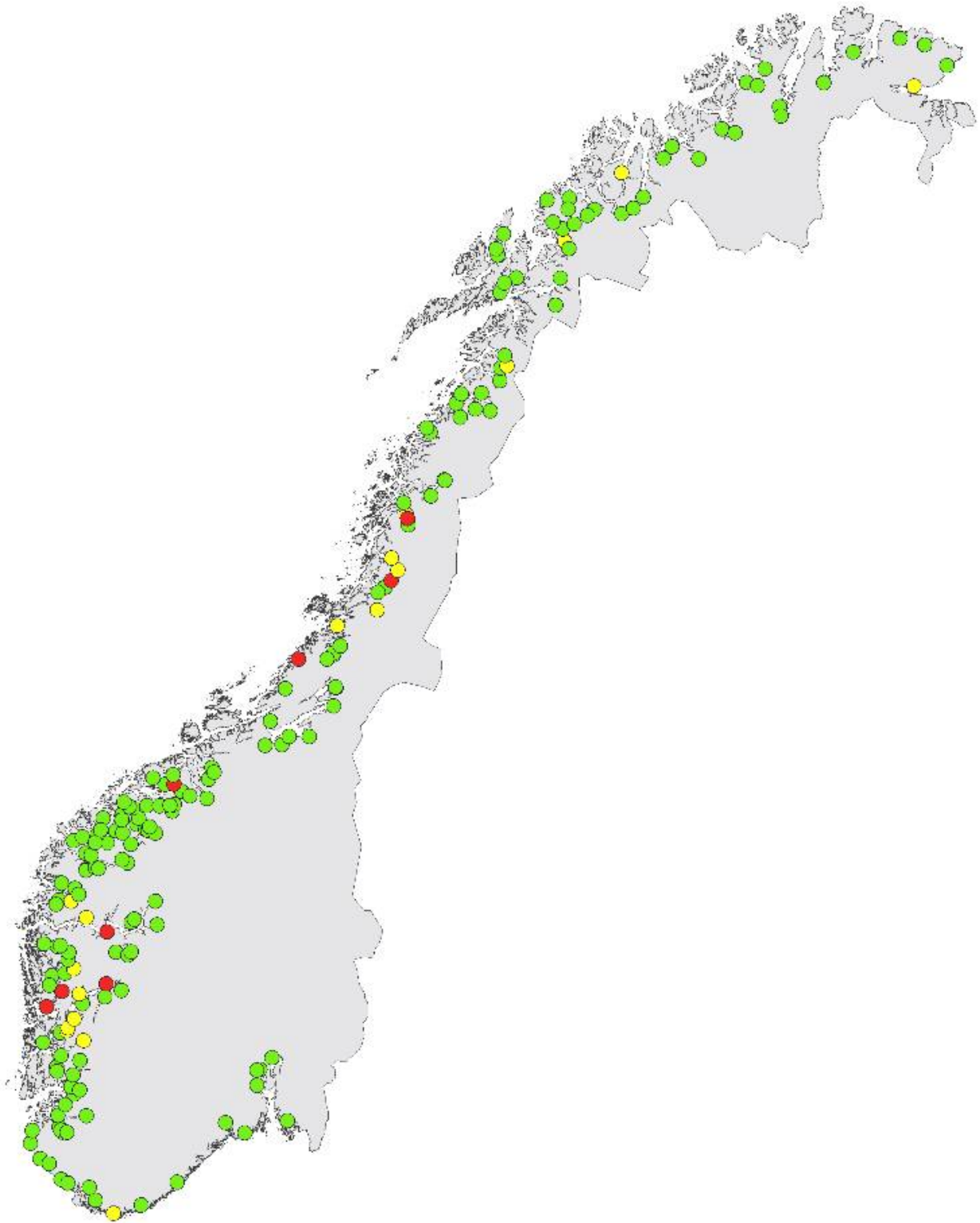
Innslaget av rømt oppdrettslaks i 2022 varierte langs norskekysten, for eksempel ved at Vestland, som i tidligere år, hadde flere av vassdragene med høyt innslag av rømt oppdrettslaks (4). Det var også vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks i Møre og Romsdal (1), Trøndelag (1) og Nordland (2). I Nordland har antall vassdrag med høye innslag gått ned, i forhold til året før. Ingen vassdrag med høye innslag av rømt oppdrettslaks ble registrert i Troms og Finnmark. Tilstanden var også god, med lave innslag av rømt oppdrettslaks, på hele strekningen fra Østfold til Rogaland (figur 6.4).

Tabell 6.2. Andel rømt oppdrettslaks i elv basert på en forenklet klassifiseringsmetode fra det Nasjonale Overvåkningsprogrammet for Rømt Oppdrettslaks i produksjonsområde 1-13. Betegnelsen "Nasjonal lakseelv" betyr at vassdraget har blitt tildelt en spesiell vernestatus.

Produksjonsområde	Antall nasjonale lakseelver	Antall lakse-vassdrag	Andel av totalt antall vassdrag i Norge (%)	Samlet gytebestandsmål	Prosent av totalt gytebestandsmål	Gjennomsnitt antall elver overvåket	Gjennomsnitt andel elver overvåket (%)	Gjennomsnitt andel vassdrag (%) vurdert å ha lav andel rømt oppdrettslaks i 2018-2022	Gjennomsnitt andel vassdrag (%) vurdert å ha høy andel rømt oppdrettslaks i 2018-2022
1 - Svenskegrensen til Jæren	6	40	9	49 686	14	18	45	97	
2 - Ryfylke	2	22	5	9 006	2	16	73	96	
3 - Karmøy til Sotra	1	18	4	3 666	1	15	84	47	
4 - Norhordland til Stadt	11	43	10	21 027	6	31	71	77	
5 - Stadt til Hustadvika	2	46	10	17 760	5	25	53	87	

6 - Nordmøre og Sør-Trøndelag	11	76	17	87 520	24	18	24	83
7 - Nord-Trøndelag med Bindal	2	24	5	27 600	8	9	39	64
8 - Helgeland til Bodø	3	30	7	18 303	5	16	53	73
9 - Vestfjorden og Vesterålen	0	57	13	6 634	2	12	20	72
10 - Andøya til Senja	2	26	6	12 434	3	13	50	68
11 - Kvaløya til Loppa	2	20	4	8 550	2	10	48	69
12 - Vest-Finnmark	5	26	6	26 802	7	9	35	87
13 - Øst-Finnmark	6	20	4	75 305	21	8	40	95
<i>Sum</i>	<i>53</i>	<i>448</i>	<i>100</i>	<i>364 293</i>	<i>100</i>	<i>199</i>		

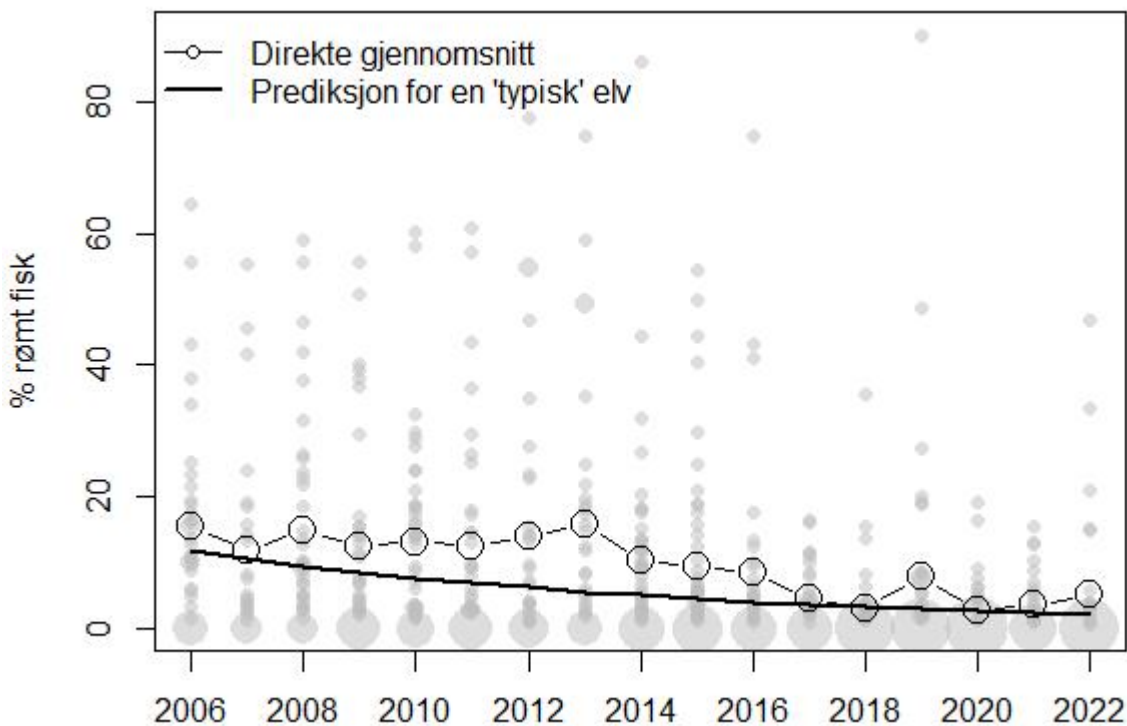
Kilde: Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2018, 2019, 2020, 2021 og 2022. Rapporter fra det Nasjonale Overvåkningsprogrammet for Rømt Oppdrettslaks. Fisken og havet 2019-4, Fisken og havet 2020-3, Rapport fra havforskningen 2021-27, Rapport fra havforskningen 2022-27, Rapport fra havforskningen 2023-30.



Figur 6.4. Lokalisering av elvene der innslaget av rømt oppdrettslaks i 2022 er vurdert av Overvåkningsprogrammet til å være lavt (< 4

%, grønne sirkler), moderat (4 – 10 %, gule sirkler), eller høyt (>10 %, røde sirkler). Se teksten for nærmere forklaring av de tre kategoriene. Fra Wennevik mfl. (2023).

Andelen rømt oppdrettslaks i elvene har endret seg mellom år, og det har vært en synkende tendens i registreringene gjennom de siste årene (figur 6.5). Nivået av rømt oppdrettslaks i vassdrag nådde i 2022 det laveste nivået siden 2006, og størstedelen av nedgangen har skjedd etter 2013. Se Diserud mfl. (2019a) for en oppsummering av resultatene fra overvåkingen før 2014, og Glover mfl. (2019) for en beskrivelse av det nåværende Overvåkningsprogrammets aktiviteter og resultater.



Figur 6.5. Gjennomsnittlig % rømt oppdrettslaks (o) i høstundersøkelsene for årene 2006–2022 for totalt 69 elver (Fiske 2013, Fiske mfl. 2014; Anon. 2015a, 2016a, 2017a, 2018, 2019a, Aronsen mfl. 2020, Wennevik mfl. 2021, 2022, 2023), vist for hele Norge. Prediksjoner basert på modell er vist med tykk linje (signifikant nedgående trend). Se Wennevik mfl. (2023), for mer detaljer.

Utfisking/fjerning av rømt oppdrettslaks fra elv

Data fra det Nasjonale Overvåkningsprogrammet for Rømt Oppdrettslaks kommer til direkte anvendelse gjennom utfiskingsforskriften som Nærings- og fiskeridepartementet vedtok i 2015 (*Forskrift om fellesansvar for utfisking mv. av rømt oppdrettsfisk*), der oppdrettsnæringens sammenslutning for utfisking av rømt oppdrettsfisk (OURO) er hjemlet. Her er det fastsatt at det skal planlegges tiltak for å redusere mengde rømt oppdrettslaks i elver med mer enn 10 % innslag av oppdrettslaks, dokumentert gjennom Overvåkningsprogrammet. Tiltakene iverksettes derfor ett år etter at det er observert høye andeler rømt oppdrettslaks i elvene. Utføring av pålagte oppgaver fra forskriften ble satt i verk av OURO i 2016. Det ble gjennom OURO utført tiltak i minst 37 elver i 2016, 51 elver i 2017, 60 elver i 2018, 48 elver i 2019, 50 elver i 2020, 30 elver i 2021 og 34 i 2022 (tallene inkluderer også uttak i kilenøter). Det gjennomføres således utfisking i flere elver enn de som er vurdert til å ha > 10 % innslag av rømt oppdrettslaks. I tillegg til utfiskingstiltak organisert gjennom OURO, organiserer også Fiskeridirektoratet og andre forvaltningsmyndigheter uttaksfiske som avbøtende tiltak ved akutte rømmingsepisoder og i vassdrag hvor mye oppdrettslaks blir observert. For nærmere informasjon om utfiskingstiltakene og gjennomføring i de ulike vassdragene se også rapporter fra aktører som har deltatt i fisket på OURO sine nettsider (www.utfisking.no).

I risikovurderingen ser vi på alle elver per produksjonsområde hvor utfisking etter rømt oppdrettslaks har vært gjennomført, og tallene hentes fra Overvåkningsprogrammet, fra OURO eller andre utfiskingsaktører direkte (gjelder kun elver med uttaksaktivitet, men hvor det ikke tas ut noe rømt oppdrettslaks, ettersom dette da ikke nødvendigvis rapporteres til Overvåkningsprogrammet). Effekten av utfiske i et produksjonsområde vurderes basert på andel vassdrag med høyt innslag av rømt oppdrettslaks hvor det også ble rapportert om utfisking samme år.

I perioden 2018-2022 ble det årlig gjennomført utfiskingstiltak i 65-86 vassdrag for å redusere andelen rømt oppdrettslaks. Antall elver er noe oppjustert fra fjorårets Kunnskapsstatus grunnet tilgang til rapporter fra flere utfiskingsaktører (gjelder 2018), mens antall elver ble nedjustert med ett i produksjonsområde (PO4) i 2019 grunnet en feil under oppsummering. I Overvåkningsprogrammet vil kun utfisket oppdrettslaks som er bekreftet gjennom skjellanalyser inngå i datagrunnlaget. Det reelle antallet oppdrettslaks som tas ut vil derfor kunne være noe høyere grunnet manglende eller uleselige skjellprøver. Antall elver med utfisking kan også være noe høyere, da aktivitet i vassdrag som ikke rapporteres til Overvåkningsprogrammet kan forekomme. Elver hvor vi er kjent med at utfisking har vært gjennomført av OURO eller andre aktører, uten observasjoner av rømt fisk, er dermed inkludert i datagrunnlaget ved utregning av antall elver med utfisking per produksjonsområdet.

Antall elver med utfisking og antall rømt oppdrettslaks fjernet fra elver av OURO og andre aktører i hvert produksjonsområde, som rapportert til Overvåkningsprogrammet for rømt laks i vassdrag, i perioden 2018-2022 utgjør datagrunnlaget for vurdering av denne faktoren i risikovurderingen (tabell 6. 3).

Tabell 6.3A Antall elver med utfiskingsaktivitet og antall rømt oppdrettslaks fjernet fra elver i perioden 2018-2021 for produksjonsområde 1-13.

Produksjonsområde	2018-2022										
	Totalt antall elver med årlig uttak	Totalt antall rømt oppdrettslaks fjernet	Høyt innslag			Middels innslag			Totalt antall elver med uttak	Totalt antall rømt oppdrettslaks fjernet	Høyt innslag
			Totalt antall elver vurdert til høyt innslag	Antall elver med høyt innslag og uttak	Andel elver med høyt innslag og uttak %	Totalt antall elver vurdert til middels innslag	Antall elver med middels innslag og uttak	Andel elver med middels innslag og uttak			
1 - Svenskegrensen til Jæren	12	62	2	2	100	1	0	0	2	2	0
2 - Ryfylke	24	80	0	0		3	3	100	4	7	0
3 - Karmøy til Sotra	59	928	23	19	83	17	11	65	16	183	7
4 - Norhordland til Stadt	82	789	8	6	75	27	17	63	18	40	0
5 - Stadt til Hustadvika	24	29	3	1	33	13	4	31	4	11	1
6 - Nordmøre og Sør-Trøndelag	17	30	4	3	75	12	7	58	4	5	2
7 - Nord-Trøndelag med Bindal	31	267	10	10	100	7	6	86	3	12	1

8 - Helgeland til Bodø	28	142	9	4	44	13	6	46	6	9	3
9 - Vestfjorden og Vesterålen	27	80	5	5	100	11	9	82	7	13	0
10 - Andøya til Senja	30	68	4	3	75	17	13	76	12	25	2
11 - Kvaløya til Loppa	24	64	7	7	100	8	6	75	8	36	3
12 - Vest-Finnmark	11	8	0	0		6	4	67	2	2	0
13 - Øst-Finnmark	1	0	0	0		2	1	50	0	0	0
Sum	370	2547	75	60	80	137	87	64	86	345	19

Kilde: Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2018, 2019, 2020, 2021 og 2022. Rapporter fra det Nasjonale Overvåkningsprogrammet. Fisken og havet 2019-4, Fisken og havet 2020-3, Rapport fra havforskningen 2021-27, Rapport fra havforskningen 2022-27, Rapport fra havforskningen 2023-30 . Rapporter fra OURO og andre aktører er listet under Referanser (kapittel 8).

Tabell 6.B Antall elver med utfiskingsaktivitet og antall rømt oppdrettslaks fjernet fra elver i perioden 2018-20221 for produksjonsområde 1-13.

Produksjonsområde	2020											
	Totalt antall elver med uttak	Totalt antall rømt oppdrettslaks fjernet	Høyt innslag			Middels innslag			Totalt antall elver med uttak	Totalt antall rømt oppdrettslaks fjernet	Totalt antall elver vurdert til høyt innslag	A e r t i n i u
			Totalt antall elver vurdert til høyt innslag	Antall elver med høyt innslag og uttak	Andel elver med høyt innslag og uttak %	Totalt antall elver vurdert til middels innslag	Antall elver med middels innslag og uttak	Andel elver med middels innslag og uttak				
1 - Svenskegrensen til Jæren	4	54	2	2	100	0	0		3	1	0	
2 - Ryfylke	6	7	0	0		0	0		4	1	0	
3 - Karmøy til Sotra	11	125	3	3	100	3	1	33	9	113	3	
4 - Norhordland til Stadt	16	47	2	1	50	3	1	33	11	17	1	
5 - Stadt til Hustadvika	7	2	0	0		4	1	25	5	3	0	
6 - Nordmøre og Sør-Trøndelag	2	3	0	0		4	2	50	3	12	1	
7 - Nord-Trøndelag med Bindal	5	101	3	3	100	1	0	0	11	109	3	
8 - Helgeland til Bodø	5	6	1	0	0	1	1	100	6	107	4	
9 - Vestfjorden og Vesterålen	5	14	1	1	100	3	3	100	6	11	2	

10 - Andøya til Senja	6	1	0	0		5	4	80	3	7	0
11 - Kvaløya til Loppa	5	0	1	1	100	2	1	50	2	5	0
12 - Vest-Finnmark	1	0	0	0		1	1	100	3	4	0
13 - Øst-Finnmark	0	0	0	0		0	0		0	0	0
Sum	73	360	13	11	85	27	15	56	66	390	14

Kilde: Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2018, 2019, 2020, 2021 og 2022. Rapporter fra det Nasjonale Overvåkningsprogrammet. Fisken og havet 2019-4, Fisken og havet 2020-3, Rapport fra havforskningen 2021-27, Rapport fra havforskningen 2022-27, Rapport fra havforskningen 2023-30 . Rapporter fra OURO og andre aktører er listet under Referanser (kapittel 8).

Bestandenes robusthet for ny innkryssing

Villaksens bestandsstatus

Antall gytelaks (kilo hunnlaks) som trengs for å utnytte elvens produksjonspotensial kalles gytebestandsmål (Hindar mfl. 2007). Bestander som både når gytebestandsmålet og har et høyt produksjonspotensial er trolig mer robuste mot innkryssing av rømt oppdrettslaks enn bestander som har lite produksjonspotensial og/eller som ikke når gytebestandsmålet.

Oppnåelse av gytebestandsmål og høstingspotensial til bestandene beregnes årlig av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning (VRL), og brukes her som en indikator for villaksbestandens robusthet for ny innkryssing av rømt oppdrettslaks. I «Kvalitetsnorm for ville bestander av laks (*Salmo salar*)», delnorm *gytebestandsmål* og *høstingspotensial*, blir bestandene av VRL delt inn i kategoriene: «svært god», «god», «moderat», «dårlig» og «svær dårlig» kvalitet (Anon. 2019b).

Dersom bestandene når sine gytebestandsmål, har de mange nok ville gytelaks på gyteplassene til å kunne utnytte elvens produksjonspotensial. Konkurransen på gyteplassen blir enda sterkere dersom flere villaks enn gytebestandsmålet er til stede på gyteplassen. Bestander med høyt høstingspotensial (vesentlig flere voksenlaks kommer tilbake enn det som er nødvendig for å nå gytebestandsmålet) har også større sannsynlighet for å nå gytebestandsmålet i årene som kommer, selv om overlevelsen i havet skulle bli redusert. Konkurransen mellom ungfiskene i elven vil også være større hvis det er mange fisk som gyter i vassdraget, og avkom av rømt oppdrettslaks vil gjøre det relativt sett dårligere hvis det er mange ville ungfisk å konkurrere med (Skaala mfl. 2012). Det antas derfor at bestander som både når gytebestandsmålet og har et høyt produksjonspotensial (overgår gytebestandsmålet) er mer robuste mot innkryssing av rømt oppdrettslaks enn bestander som har lite produksjonspotensial og/eller som ikke når gytebestandsmålet.

I risikovurderingen er vurderingen av villaksens bestandsstatus i produksjonsområdene basert på beregninger av måloppnåelse for *gytebestandsmål* og *høstingspotensial* (Anon. 2019b, 2020, 2021, 2022, 2023) for den enkelte villaksbestand i perioden 2018-2022 (tabell 6.4).

Tabell 6.4. Villaksens bestandsstatus for produksjonsområde 1-13.

Produksjonsområde	Antall laksevassdrag	Antall elver undersøkt	Prosent gytebestandsmål evaluert	Gjennomsnittlig gytebestandsmåloppnåelse i prosent - uveid	Gjennomsnittlig høstingspotensiale (som prosent av normalt høstingspotensiale for området) - uveid	Gytebestandsr og høstingspoten: - uveid
1 - Svenskegrensen til Jæren	40	21	84	99	85	God
2 - Ryfylke	22	17	99	97	98	Svært god
3 - Karmøy til Sotra	18	12	93	84	48	Svært dårlig
4 - Norhordland til Stadt	43	31	84	90	75	Moderat
5 - Stadt til Hustadvika	46	23	56	86	75	Dårlig
6 - Nordmøre og Sør-Trøndelag	76	20	83	93	77	Moderat
7 - Nord-Trøndelag med Bindal	24	13	94	89	63	Dårlig
8 - Helgeland til Bodø	30	12	42	92	70	Moderat
9 - Vestfjorden og Vesterålen	57	14	56	94	70	Moderat
10 - Andøya til Senja	26	13	90	92	77	Moderat
11 - Kvaløya til Loppa	20	8	63	88	67	Dårlig
12 - Vest-Finnmark	26	10	94	96	93	Svært god
13 - Øst-Finnmark	20	15	92	94	85	God

Kilde: Vitenskapsrådet for lakseforvaltnings vurderinger av enkeltbestander.

<https://vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>

I 2021 ble villaksen ført opp på rødlistet som nært truet (Artsdatabanken, 2021). I perioden 1983-2019 har antall voksne villaks som kommer tilbake fra havet blitt redusert med hele 51%. Det er denne nedgangsraten som er lagt til grunn når villaksens nedgang over tre laksegenerasjoner (15-18 år) er beregnet til mellom 21-25 %, og dermed faller inn under kategorien nært truet. I risikovurderingen er det gytebestanden som inngår i estimatet på bestandsstatus, og dette estimatet har ikke vist samme nedgang i denne perioden, mye grunnet reduksjon i fiske.

Villaksens genetiske status

Rømt oppdrettslaks og deres avkom har antakeligvis større suksess i konkurranse med innkryssede individer enn med ikke-innkrysset villaks. Det er derfor sannsynlig at høy innkryssing av oppdrettslaks i bestandene vil gjøre dem mindre robuste for innkryssing av rømt oppdrettslaks i framtiden enn bestander som har liten grad av innkryssing.

NINA og Havforskningsinstituttet har i samarbeid produsert et omfattende sett med estimater for tidligere genetisk innkryssing av rømt oppdrettslaks i 250 vassdrag, hvorav 236 er klassifisert som laksebestander av VRL (Diserud mfl. 2023) Disse representerer om lag 95 % av villaksressursene i Norge (beregnet som andel av det totale gytebestandsmålet). Resultatene viser at oppdrettslaks er krysset inn i et stort antall bestander: store genetiske endringer er påvist i 74 laksebestander (> 10 % endring), moderate genetiske endringer er påvist i 21 laksebestander (4-10 % endring), svake genetiske endringer er indikert i 65 laksebestander (1-4 % endring) og ingen genetiske endringer er observert i 76 laksebestander (< 1 % endring) (figur 6.6). Dette viser at genetisk innkryssing forekommer i en stor del av elvene i Norge da 2/3 deler av bestandene er plassert i kategoriene svake genetiske endringer indikert til store genetiske endringer dokumentert. Førrige rapport i serien ble publisert i 2020, og dokumenterte da store genetiske forandringer i 66 laksebestander (> 10 % endring), moderate genetiske forandringer i 21 laksebestander (4-10 % endring), svake genetiske forandringer indikert i 64 laksebestander og ingen genetiske forandringer i 76 laksebestander, se Diserud mfl. 2020.

Det er utarbeidet kvalitative og kvantitative kriterier for hver av de fire tilstandsklassene, og i alt er det undersøkt om lag 65 000 villaks for å beskrive genetisk innkryssing i ville laksebestander. Beskrivelsen av genetisk status utgjør delnorm genetisk integritet til «Kvalitetsnorm for ville bestander av laks (*Salmo salar*)» og første statusrapport ble publisert for 125 elver i 2016 (Diserud mfl. 2016). Rapporten fra 2016 dokumenterte da store genetiske forandringer i 31 vassdrag (> 10 % endring), moderate genetiske forandringer i 9 vassdrag (4-10 % endring), svake genetiske forandringer indikert i 41 vassdrag og ingen genetiske forandringer i 44 vassdrag, se Diserud mfl. 2016.

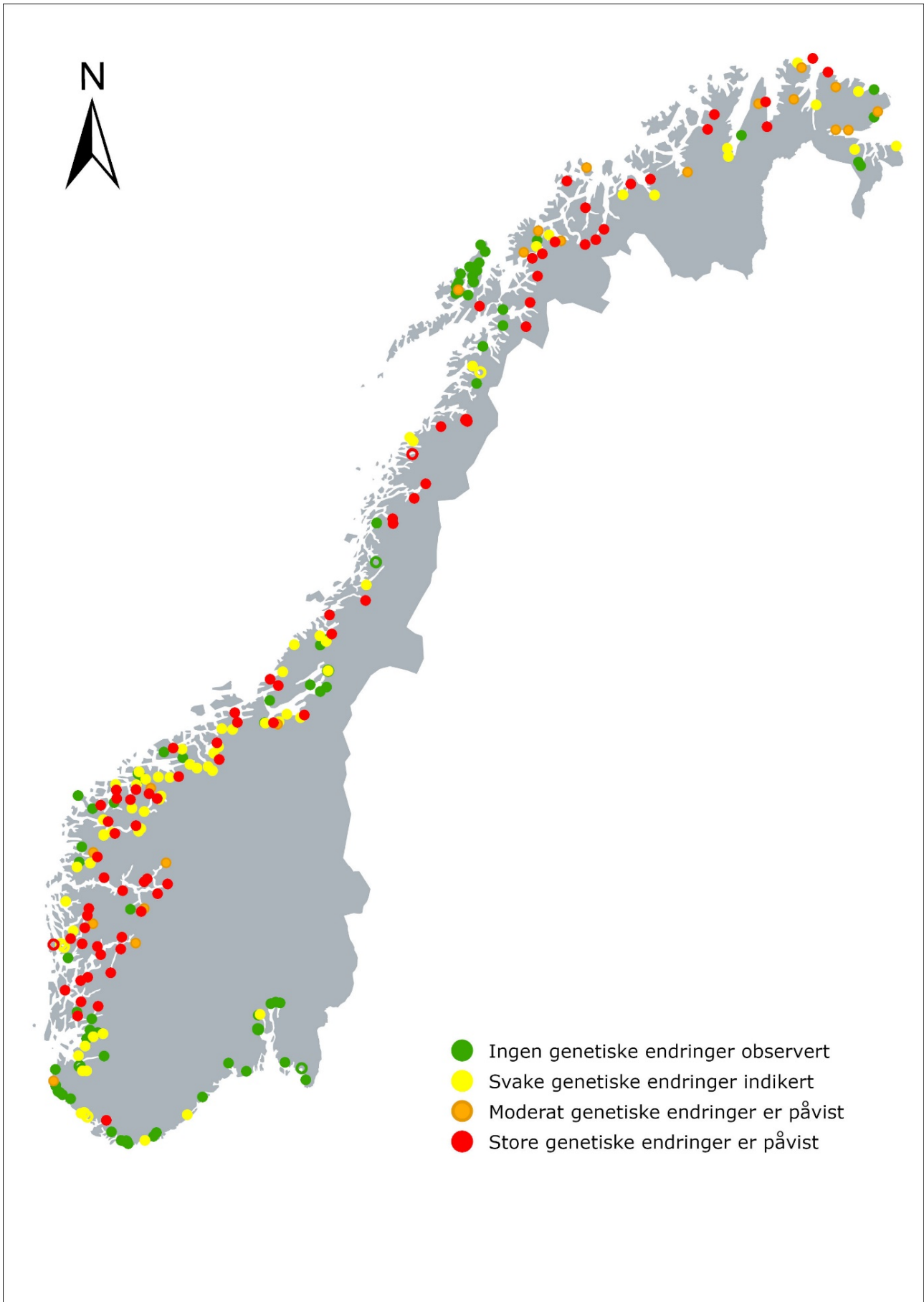
Over tid vil innkryssing av rømt oppdrettslaks kunne forandre egenskapene til de ville laksebestandene, redusere antallet genetiske villaks som produseres og svekke bestandenes evne til å tilpasse seg endringer i miljøet. Innkryssing av rømt oppdrettslaks vil derfor kunne svekke bestandene og gjøre dem mindre robuste mot framtidig innkryssing av rømt oppdrettslaks. I risikovurderingen blir den genetiske påvirkningen av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander oppsummert per produksjonsområde (tabell 6.5).

Tabell 6.5. Villaksens genetiske status i produksjonsområde 1-13. Grønn, gul, oransje og rød refererer til de fire kategoriene fra Diserud mfl. 2023 for klassifisering av elver med hensyn til genetisk integritet.

Produksjonsområde	Antall lakse- vassdrag	Antall vurderte	Prosent av laksevassdrag vurdert	Samlet gyte- bestandsmål (kg hunnfisk)	Gyte- bestandsmål vurderte (kg)	Prosent av gytebestandsmål vurdert	Grønn		
							Antall	Andel	Gyte- bestandsm- vektet
1 - Svenskegrensen til Jæren	40	27	68	49686	48308	97	21	0,778	0,85
2 - Ryfylke	22	16	73	9006	8595	95	8	0,5	0,68
3 - Karmøy til Sotra	18	12	67	3666	3621	99	1	0,083	0,11
4 - Norhordland til Stadt	43	34	79	21104	20369	97	4	0,118	0,09
5 - Stadt til Hustadvika	46	27	59	17760	15256	86	6	0,222	0,14
6 - Nordmøre og Sør-Trøndelag	76	31	41	87002	84379	97	6	0,194	0,07

7 - Nord-Trøndelag med Bindal	24	8	33	27215	25378	93	2	0,25	0,17
8 - Helgeland til Bodø	30	10	33	18303	14688	80	2	0,2	0,01
9 - Vestfjorden og Vesterålen	57	20	35	6192	3838	62	16	0,8	0,74
10 - Andøya til Senja	26	15	58	12434	11304	91	5	0,333	0,14
11 - Kvaløya til Loppa	20	10	50	8550	7813	91	0	0	
12 - Vest-Finnmark	26	9	35	26426	25168	95	1	0,111	0,10
13 - Øst-Finnmark	20	17	85	75305	74902	99	4	0,235	0,0

Kilde: Diserud mfl. 2023. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2023. NINA Rapport 2393. Norsk institutt for naturforskning.



Figur 6.6. Genetisk status i 250 vassdrag, hvorav 236 regnes som laksebestander, i forhold til kvalitetselementet genetisk integritet. In-

gen genetisk endring ble observert i 76 laksebestander (grønne sirkler), svake genetiske endringer ble indikert i 65 laksebestander (gule sirkler), moderate genetiske endringer ble påvist i 21 laksebestander (oransje sirkler), mens store genetiske endringer ble påvist i 74 laksebestander (røde sirkler). I de 14 vassdragene med forekomst av laks, men som ikke er definerte som egne laksebestander ble ingen genetisk endring ble observert i 6 bestander (grønne åpne sirkler), svake genetiske endringer ble indikert i 5 bestander (gule åpne sirkler), moderate genetiske endringer ble påvist i ingen bestander (oransje åpen sirkel), mens store genetiske endringer ble påvist i 3 bestander (røde sirkler). For mer utfyllende forklaring av de fire kategoriene se Diserud mfl. (2023) der figuren er hentet fra.

Så langt er det beregnet innkryssingsnivå av rømt oppdrettslaks i 236 laksebestander i Norge (Diserud mfl. 2023). I tillegg er det undersøkt og dokumentert forekomster av laksunger med slektskap til oppdrettslaks i en rekke mindre vassdrag/sidebekker (Diserud mfl 2023; Pulg mfl. 2021). Det er også dokumentert at norsk oppdrettslaks har krysset seg inn i svenske bestander (Palm mfl. 2021).

6. 2 Konsekvenser av innkryssing av rømt oppdrettslaks

Konsekvensen av at oppdrettsfisken rømmer og gyter sammen med villfisk, er at det oppstår en genetisk endring i de ville bestandene av laks. Gjennom flere internasjonale arbeid er det godt dokumentert at rømt oppdrettslaks kan gyte og etterlate seg avkom i naturen (f.eks. Sægrov mfl. 1997; Clifford mfl. 1998a; Crozier 2000; Fleming mfl. 2000; Glover mfl. 2013; Karlsson mfl. 2016; Sylvester mfl.. 2018, 2019; Wringe mfl. 2018; Bradbury mfl. 2022). Det er også dokumentert at innkryssing av rømt oppdrettslaks reduserer den genetiske variasjonen som finnes naturlig mellom bestandene (Skaala mfl. 2006; Glover mfl. 2013).

Atlantisk laks, en art med genetisk forskjellige bestander

Gjennom de siste 40 årene har det vokst fram en omfattende vitenskapelig litteratur om laks som dokumenterer en geografisk bestandsstruktur med store genetiske forskjeller mellom bestander i Nord-Amerika og Europa, og med regionale og lokale forskjeller innenfor kontinentene (Ståhl 1987; Webb mfl. 2007; Bourret mfl. 2013, Ozerov mfl. 2017; Wennevik mfl. 2019). Geografisk oppdeling av en art, og variasjoner i livsmiljø, bidrar til utvikling av genetiske forskjeller mellom bestander. Siden vi ikke vet hvilke gener som nå eller i fremtiden er viktige for individer og bestander, er det et mål å bevare den naturlige genetiske variasjonen både innen og mellom bestander.

De siste årene har den vitenskapelige produksjonen som dokumenterer genetiske forskjeller mellom laksebestander økt betraktelig, delvis som følge av den raske utviklingen innenfor molekylærbiologi og statistikk. Etter hvert er det også vist at avkom av oppdrettslaks, både utplantet og naturlig produsert i elv, har lavere overlevelse og endret livshistorie i naturen og at oppdrettslaks derfor kan påvirke bestandene av villaks negativt der de krysser seg inn (Hindar mfl. 1991; Bourke mfl. 1997; McGinnity mfl. 1997, 2003; Verspoor 1997; Fleming mfl. 2000; Koljonen mfl. 2002; Fraser mfl. 2011; Skaala mfl. 2012; Besnier mfl. 2015; Reed mfl. 2015; Bolstad mfl. 2017, Wringe mfl. 2018, Skaala mfl. 2019; Wacker mfl. 2021; Bolstad mfl. 2021; Besnier mfl. 2022).

Hvor ulik er villaks og oppdrettslaks?

Den genetiske påvirkningen fra rømt oppdrettslaks på villaks er kompleks, og er avhengig av mange faktorer som varierer i tid og rom. Disse faktorene inkluderer blant annet andel rømt oppdrettslaks i de ville bestandene (Glover mfl. 2013; Heino mfl. 2015; Karlsson mfl. 2016; Diserud mfl. 2022), deres gytesuksess (Fleming mfl. 1996, 2000), graden av genetisk forskjell mellom oppdrettet og vill laks (Fraser mfl. 2010; Islam mfl. 2021a, 2021b; Diserud mfl. 2022; Wacker mfl. 2023) og status for den ville bestanden (Glover mfl. 2012, 2013; Heino mfl. 2015; Diserud mfl. 2022). Det er også grunn til å tro at responsen hos de ville bestandene som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks vil variere fra bestand til bestand (Normandeau mfl. 2009; Fraser mfl. 2010; Harvey mfl. 2016a).

Genetiske forskjeller mellom vill- og oppdrettslaks kan oppstå gjennom prosesser tilknyttet domestisering og designet på avlsprogrammet (for eksempel begrenset antall stamfisk i hver generasjon, deres opprinnelse og tilpasning til oppdrettsmiljøet) og videre som resultat av målrettet seleksjon av egenskaper i avlsarbeidet. I Norge har man domestisert laksen i 50 år, med tidlig oppstart av målrettet avl (Gjedrem mfl. 1991; GjØen & Bentsen 1997; Gjedrem 2010) for å endre kommersielt viktige egenskaper som tilvekst, kjønnsmodning, fettfordeling og sykdomsresistens. Seleksjon for en mer økonomisk produktiv oppdrettslaks foregår i avlsprogram som opprinnelig var basert på vill laks fanget i en rekke norske elver tidlig på 1970-tallet (Gjedrem mfl. 1991; GjØen & Bentsen 1997). Under kontrollerte forhold blir de mest produktive familier og individer selektert basert på produktionskriterier (f.eks. tilvekst), og disse individene blir benyttet til å føre stammen videre. På denne måten oppnår man en gradvis domestisering av laksen der viktige kommersielle trekk blir forandret i Ønsket retning.

Glover mfl. (2017) oppsummerte den omfattende kunnskapen som nå er etablert om de genetiske forskjellene mellom oppdrettslaks og villaks. Oppdrettet og vill laks har vært sammenlignet med ulike metoder i en lang rekke vitenskapelige arbeider, og disse omfatter studier av genetisk variasjon med molekylære markører, eksperimentelle studier i laboratorium og kar hvor en har sammenlignet atferd, morfologi og fysiologi, og studier av overlevelse og vekst i et naturlig miljø. Noen eksperimentelle studier er også supplert med analyse av genuttrykk og fysiologisk målinger.

Sammenligning av genetisk variasjon og diversitet i oppdrettslinjer og ville laksebestander har blitt gjennomført over lengre tid med en rekke molekylære markører. De tidligste studiene var hovedsakelig basert på analyser av proteinkodende gen (Verspoor 1988; Cross & Challanain 1991; MjØlnerød mfl. 1997; Skaala mfl. 2005), der det er blitt vist genetisk forskjell mellom oppdrettslaks og de ville utgangsbestandene, og redusert nivå av genetisk variasjon i oppdrettslaks, målt som allelisk diversitet (antall varianter av et gen) og heterozygoti (andel individer med to ulike varianter av et gen, kontra individer med to like varianter av genet).

Seinere har DNA-markører blitt brukt til å sammenligne oppdrettslinjer og vill laks, for eksempel med mini- og mikrosatellittmarkører (MjØlnerød mfl. 1997; Clifford mfl. 1998a, b; Norris mfl. 1999; Skaala mfl. 2004), mikrosatellittmarkører kombinert med både mitokondrie DNA (mtDNA) (Karlsson mfl. 2010), og «single nucleotide polymorphism» (SNP) markører (Rengmark mfl. 2006; Karlsson mfl. 2011). Selv om resultatene fra disse studiene varierer noe, støtter de opp om konklusjonene fra tidligere analyser basert på proteinkodende gen; det er redusert genetisk variasjon hos den enkelte oppdrettslinje sammenlignet med de ville laksebestandene.

I en sammenligning av fem avlslinjer av oppdrettslaks med fire villaksbestander fra Neiden, Namsen, Vosso og Loneelva, viste alle de 12 undersøkte DNA-mikrosatellittmarkørene redusert allelisk variasjon i samtlige avlslinjer sammenlignet med de ville bestandene (Skaala mfl. 2004). I gjennomsnitt hadde avlslinjene 58 % av den alleliske variasjonen sammenlignet med prøver av villaks, og dette kan forklares av begrenset effektiv bestandsstørrelse i oppdrettslinjene. Samtidig var estimatene for genetisk forskjell flere ganger høyere mellom de ulike avlslinjene enn mellom de ville laksebestandene. Andre studier har vist at tap av genetisk diversitet i oppdrettslinjer er mer komplekst enn tidligere antatt (Karlsson mfl. 2010), men det kan likevel konkluderes med at oppdrettslaks har redusert genetisk variasjon i forhold til ville laksebestander. Dette samsvarer med tilsvarende observasjoner fra andre domestiserte organismer (se Araki & Schmid 2010), og kan forklares med at det er et begrenset antall familier/individer som bidrar til hver generasjon i et avlsprogram. Den effektive bestandsstørrelsen i norske oppdrettslinjer er tidligere blitt estimert til 33–125 individer (Mork mfl. 1999), noe som teoretisk sett skal føre til lav til moderat innavl over den aktuelle avlsperioden. Avlsprogrammene i dag tar derfor hensyn til genetisk slektskap mellom individene som bidrar til neste generasjon, med det mål å forhindre innavl.

På grunn av et målrettet avlsarbeid er det ikke uventet at oppdrettslaks vokser bedre enn villaks i et oppdrettsmiljø (Einum & Fleming 1997; Thodesen mfl. 1999; Fleming mfl. 2002; Glover mfl. 2009; Solberg mfl. 2013a, b;

Harvey mfl. 2016a, b, c, d). I et oppdrettsmiljø vil vekstforholdet mellom oppdrettslaks og villaks være 2-5:1 (Glover mfl. 2017). Også i et naturlig miljø kan oppdrettslaks ha større vekst enn villaks (Johnsson & Björnsson 1994; Einum & Fleming 1997; McGinnity mfl. 1997, 2003; Fleming mfl. 2000; Skaala mfl. 2012, 2019; Jonsson & Jonsson 2017; Bolstad mfl. 2017, 2021), men ikke i samme grad som i oppdrettsmiljø (typisk vekstforhold mellom oppdrettslaks og villaks i naturen er 1,0-1,3:1). Oppdrettslaks har et forhøyet vekstpotensial, relativt til villaks, som den ikke får utnyttet i naturen, og det er en kombinasjon av plastisitet (ulik mattilgang mellom disse miljøene) og naturlig seleksjon mot hurtigvoksende oppdrettslaks (økt dødelighet) som er årsaken til de små vekstforskjellene mellom oppdrettslaks og villaks i naturen (Glover mfl. 2018). Vekst hos hybrider mellom oppdrettslaks og villaks, inkludert tilbakekryssninger (Perry mfl. 2020), er ansett å være additivt (mellomliggende til vekst hos vill og oppdrett), men ikke-additive genetiske effekter knyttet til vekst er også dokumentert i Atlantisk laks (Besnier mfl. 2020).

Mange egenskaper som ikke inngår direkte i avlsarbeidet, som aggresjon, stress- og temperatortoleranse, kan også bli endret hos oppdrettslaksen gjennom avlsprosessen (Fleming & Einum 1997; Houde mfl. 2010; Debes & Hutchings 2014; Solberg mfl. 2016). Årsaken er at målrettet seleksjon for blant annet tilvekst påvirker både aggresjon og andre egenskaper, for eksempel hormonregulering og atferd. I eksperimentelle studier er det vist at tilførsel av veksthormon øker appetitten (Johnsson & Björnsson 1994; Jönsson mfl. 1996), aggresjon og aktivitet (Jönsson mfl. 1998), altså atferd som sannsynligvis påvirker overlevelse i naturen (Johnsson mfl. 1996; Jönsson mfl. 1996; Martin-Smith mfl. 2004). Det er derfor ikke overraskende at oppdrettslaks er ulik villaks i flere egenskaper som påvirker overlevelse i naturen, slik som tilvekst, aggresjon, dominans og antipredatoratferd (Einum & Fleming 1997; Fleming & Einum 1997; Johnsson mfl. 2001; Fleming mfl. 2002; Houde mfl. 2010). I tillegg er det avdekket genetiske forskjeller mellom vill- og oppdrettslaks i egenskaper som kjøttfarge, kjønnsmodning og fettinnhold (Glover mfl. 2009), reaksjonsnormer (Darwish & Hutchings 2009; Solberg mfl. 2013a, b), morfologi (Fleming & Einum 1997; Perry mfl. 2019), stresstoleranse (Solberg mfl. 2013a) og en rekke andre egenskaper (Glover mfl. 2017). Selv om rømt oppdrettslaks rapporteres å ha mer prikker enn villaks, er det derimot ikke avdekket arvelige forskjeller i prikkemengde mellom dem (Jørgensen mfl. 2018), og det antas å være forhold i oppdrettsmiljøet som gjør at rømt oppdrettslaks har mer prikker enn villaks i naturen.

Det er også dokumentert genetiske forskjeller i genuttrykk mellom laks av ville- og oppdrettsforeldre, samt hybrider av disse (Roberge mfl. 2006, 2008; Solberg mfl. 2012; Bicskei mfl. 2014, 2016). Resultatene er også interessante fordi hybridene ikke alltid hadde et genuttrykk som lå mellom foreldrebestandene. Hybridene hadde i noen tilfeller genuttrykk som lå høyere enn verdiene målt for vill- og oppdrettsfisk, noe som tyder på ikke-additive genetiske effekter. Dokumentasjon av ikke-additive genetiske effekter betyr i praksis at innkryssing av oppdrettsfisk i ville bestander i noen tilfeller kan gi uventede effekter. Hvilken endring man får i genuttrykk hos hybrider av vill- og oppdrettslaks er avhengig av hvilke ville bestander som krysses inn (Normandeau mfl. 2009; Fraser mfl. 2010).

Det er ikke avdekket noen store forskjeller i resistens mot lakselus, ILA (infeksiøs lakseanemi) eller furunkulose mellom vill- og oppdrettslaks (Glover & Skaala 2006; Glover mfl. 2006a, b). Det er heller ikke avdekket genetiske forskjeller i deformiteter hos smolt av oppdretts- og villaks (Fjelldal mfl. 2009). For infeksiøs pankreasnekrose er det funnet genetiske markører (såkalt QTL – Quantitative Trait Locus) som forklarer en stor grad av toleransen for sykdommen (Houston mfl. 2008; Moen mfl. 2009) og denne kunnskapen er inkludert i avlsarbeid hos flere avlsselskaper. Seleksjon for sykdomsresistens har derimot vært praktisert ulikt for de ulike oppdrettslinjene, og dette vanskeliggjør sammenligning mellom linjer.

Det er vist at avkom av rømt oppdrettslaks har lavere overlevelse i naturen enn avkom av villaks, men mekanismene bak dette er komplekse og krevende å avdekke. Tidligere forsøk i naturen (Skaala mfl. 2014) og

under eksperimentelle forhold (Fleming & Einum 1997; Debes & Hutchings 2014; Solberg mfl. 2015) har ikke påvist forskjeller i predasjonsdødelighet. I nyere tid er det dokumentert gjennom forsøk i et semi-naturlig miljø at avkom av rømt oppdrettslaks er et lettere bytte for predatorer som større ørret, noe som underbygger deres lavere overlevelse i naturen (Solberg mfl. 2020). Dette resultatet støttes av det faktum at redusert antipredatoratferd (Einum & Fleming 1997; Johnsson mfl. 2001; Houde mfl. 2010), i tillegg til økt toleranse for predasjonsrelatert stress (Debes & Hutchings 2014), tidligere har blitt dokumentert i eksperimentelle forsøk. Det er også dokumentert forskjeller i strukturelle genetiske varianter mellom oppdrettslaks og villaks, linket til gener uttrykt i hjernen som er knyttet til nevrologiske lidelser og endret atferd (Bertolotti mfl. 2020). En annen mulig forklaring hvorfor oppdrettslaks er et lettere bytte for predatorer er at de ikke ser like godt som villaksen, og en reduksjon i øyestørrelse hos oppdrettslaks kontra villaks er observert under eksperimentelle forhold (Perry mfl. 2021).

En oppsummering av vitenskapelig litteratur viser at det er til dels store genetiske forskjeller mellom vill- og oppdrettslaks i kvantitative egenskaper som har direkte eller indirekte betydning for overlevelsen av laks i naturen, og som kan gjøre innkryssede laksebestander mer sårbare mot framtidige klimaendringer (Debes mfl. 2021). Det er grunn til å tro at de genetiske forskjellene kommer til å øke for hver avlsgenerasjon. Dette har blitt observert for tilvekst, der forskjellen mellom vill- og oppdrettslaks under oppdrettsbetingelser økte ytterligere fra generasjon 8 til 10 (Glover mfl. 2009; Solberg 2013a, b). Genetiske endringer i villaks som følge av økologisk interaksjon med oppdrettslaks, gjennom f.eks. overføring av sykdom og parasitter, eller gjennom konkurranse er også en aktuell problemstilling. Blant annet har tilstedeværelse av hybrider vist seg å ha en negativ påvirkning på overlevelse til villaksavkom (Robertsen mfl. 2018) og det samme er vist for tilstedeværelse av oppdretts- på villaksavkom (Sundt-Hansen mfl. 2015). Observerte og potensielle genetiske endringer grunnet økologiske interaksjoner ble oppsummert av Bradbury mfl. (2020), og forfatterne identifiserer flere eksempler på endret seleksjonspress på villaks grunnet oppdrettsaktivitet, inkludert eksempler på genetiske endringer grunnet overføring av sykdom og parasitter.

Rask veksthastighet hos avkom av oppdrettslaks kan også ha konsekvenser på økosystemnivå. Nylig viste Cucherousset mfl. (2021) at laksunger med kunstig økt vekstpotensiale hadde andre effekter i et bekkøkosystem enn vanlige laksunger. Laksunger med økt vekstpotensiale viste endringer i habitatbruk, kroppsform og ekskresjonsrate, og disse endringene var forbundet med effekter på invertebratsamfunnet og endringer i økosystemfunksjoner som primærproduksjon og nedbryting (Cucherousset mfl. 2021). Dette tyder på at rømming av oppdrettslaks med økt vekstpotensiale kan ha effekter på økosystemnivå i tillegg til effekter på villaks.

Genetisk påvirkning fra rømt oppdrettslaks – hva forteller empiriske data oss?

Ved hjelp av ulike biokjemiske og molekylærgenetiske metoder er det vist at rømt oppdrettslaks gyter i elver. Ved undersøkelser av et pigment i rogn og yngel, som reflekterer ulik diett hos villaks og oppdrettslaks, fant Lura & Sægrov (1991) at rømt oppdrettslaks produserte levedyktig avkom i en elv. I en skotsk undersøkelse fant Webb mfl. (1993) et pigment fra rømt oppdrettslaks i 14 av 16 undersøkte elver, med et gjennomsnittlig innslag på 5,1 % fra rømt fisk. I Vosso ble bidraget fra rømt oppdrettslaks estimert til opp mot 80 % ved denne metoden (Sægrov mfl. 1997). Bevis for at rømt oppdrettslaks produserte levedyktig avkom ble også funnet i Irland ved hjelp av genetiske markører (Clifford mfl. 1998a; Crozier 1993, 2000). Også langt utenfor det naturlige utbredelsesområdet til den atlantiske laksen, i British Columbia, Canada, er det vist at rømt oppdrettslaks kan produsere levedyktig avkom (Volpe mfl. 2000).

Det første genetiske studiet for å undersøke om norske villaksbestander har endret seg genetisk over tid som følge av innkryssing av rømt oppdrettslaks ble publisert av Skaala mfl. (2006). Her ble det laget DNA-profiler for de sju laksebestandene Namsen, Etne, Opo, Vosso, Granvin, Eio og Håelva. Det ble benyttet gamle skjellprø-

ver og materiale innsamlet i nyere tid, etter lengre tids innslag av rømt oppdrettslaks. Håelva på Jæren ligger i en region der det nesten ikke er lakseoppdrett, og andelen rømt oppdrettslaks i villaksbestanden har vært lav, trolig under 5 %. I Håelva ble det ikke funnet endring i de genetiske profilene. I tre andre bestander, Opo, Vosso og Eio i Hordaland, ble det funnet signifikante endringer i de genetiske profilene over tid. Mer overraskende var det likevel at det ikke ble funnet endringer i Etneelva, Namsen eller Granvinelva, som alle hadde hatt høye andeler rømt oppdrettslaks i gytebestandene, permanent eller periodisk.

Som en videreføring av dette arbeidet (Skaala mfl. 2006) ble det gjort en mer omfattende analyse av 21 bestander der historiske og nye prøver ble analysert for flere mikrosatellittmarkører. Undersøkelsen omfattet elver fra hele landet (Glover mfl. 2012) og påviste genetiske forandring over tid i 6 av 21 elver, mens i 15 av bestandene ble det ikke funnet genetiske forandringer. Som i den første undersøkelsen utført av Skaala og kolleger (2006), var det noen bestander med høye innslag av rømt oppdrettslaks på gyteplassene der det ikke ble påvist forandringer.

I de seks bestandene der det ble påvist forandring, har det vært registrert rømt oppdrettslaks i større eller mindre grad. I tillegg ble det funnet nye genvarianter som indikerer at forandringene i disse seks elvene hovedsakelig skyldes genflyt fra andre kilder. Den genetiske forskjellen mellom disse seks bestandene er også blitt redusert over tid. Basert på alle data, ble det konkludert med at innkryssing av rømt oppdrettslaks er hovedårsaken til forandringene. Dette er i tråd med simuleringer fra modeller som viser at innkryssing av rømt oppdrettslaks vil redusere genetisk differensiering mellom bestander over tid (Mork 1991; Besnier mfl. 2011).

Det er kjent at mikrosatellittmarkører i noen tilfeller vil underestimere innkryssing av rømt oppdrettslaks i ville bestander på grunn av signalstøy når en villaksbestand mottar oppdrettsfisk fra flere ulike avlsbestander (Besnier mfl. 2011). Det betyr at antall elver som er påvist å være genetisk påvirket i denne studien (Glover mfl. 2012), og omfanget av de genetiske forandringene i disse elvene, må betraktes som et minimumsestimat. For å få et mer presist svar på omfanget av innkryssing av rømt oppdrettslaks ble en studie gjennomført basert på SNP-markører utviklet for å kunne identifisere oppdrettslaks og skjelne dem fra villaks (Karlsson mfl. 2011). Disse SNP-markørene gir mer presis informasjon om genetiske forandringer forårsaket av rømt oppdrettslaks, og er i mindre grad påvirket av problematikken ved at genetisk forandring i den enkelte villaksstamme er vanskelig å påvise når innkryssing skjer via oppdrettslaks fra forskjellige avlslinjer (Besnier mfl. 2011).

I en studie av 20 laksebestander langs hele norskekysten (Glover mfl. 2013) ble disse SNP-markørene brukt til å estimere prosent innkryssing av rømt oppdrettslaks. Resultatene viste at det genetiske bidraget til noen bestander var nesten 50 %, mens estimert innkryssing av oppdrettslaks var mye lavere i de fleste undersøkte elvene. Arbeidet støttet opp om konklusjonene til de tidligere publikasjonene med andre markørtyper (Skaala mfl. 2006; Glover mfl. 2012). I tillegg til at det ble dokumentert genetiske forandringer i noen villaksbestander på grunn av innkryssing av rømt oppdrettslaks, viser alle disse tre studiene (Skaala mfl. 2006; Glover mfl. 2012, 2013) at den genetiske forskjellen mellom noen ville bestander er blitt mindre over tid. Dette kan tilskrives at de ville bestandene som har hatt en betydelig innkryssing av rømt oppdrettslaks, blir mer lik oppdrettslaksen – og dermed også mer lik hverandre.

Parallelt med dette arbeidet utarbeidet Karlsson mfl. (2014) en statistisk metode der prosentvis innkryssing kunne estimeres i enkeltindivider og uavhengig av om det fantes en historisk prøve av den aktuelle bestanden. Metoden brukte et estimat av andelen «villgenom» i bestanden (omtalt som $P(\text{wild})$ = mengde arvestoff som stammer fra ville foreldre kontra oppdrettsforeldre) for å beregne innkryssingen av rømt oppdrettslaks (Karlsson mfl. 2014).

Denne metodeutviklingen gjorde det mulig å estimere innkryssing i et stort antall ville laksebestander. Karlsson

mfl. (2016) studerte 147 laksebestander som til sammen representerer tre fjerdedeler av de ville lakseressurserne i Norge, og analyserte genetisk mer enn 20 000 laks som var klekket i naturen og derfor så ut som villaks. Den gjennomsnittlige genetiske innkryssingen i bestandene av voksen laks var 6,4 % med et spenn fra 0 % til over 40 % innkryssing i enkelte bestander. Forskerne fant også at den genetiske innkryssingen generelt var mindre i nasjonale lakseelver og nasjonale laksefjorder enn i bestander uten denne særlige beskyttelsen (Karlsson mfl. 2016). I et materiale av 109 bestander der kun voksen laks klekket i naturen ble inkludert i datamaterialet, var den genetiske innkryssingen signifikant forskjellig fra 0 i omtrent halvparten av bestandene (Karlsson mfl. 2016). Det samme resultatet fikk Karlsson mfl. (2016) om de også tok med et større antall elver, der enkelte estimater var basert på prøver av ungfisk.

Data fra de 20 bestandene som var publisert av HI i Glover mfl. (2013), samt data fra NINA for et større antall bestander (Karlsson mfl. 2016), ble vurdert sammen for å dokumentere genetisk status for ville laksebestander til «Kvalitetsnorm for ville bestander av atlantisk laks (*Salmo salar*)», som er en forskrift av 20. september 2013 hjemlet i Naturmangfoldloven. I henhold til Kvalitetsnormen vurderte forskere fra HI og NINA i 2016 genetisk status i 125 laksebestander, basert på estimater for innkryssing av rømt oppdrettslaks i bestanden (Diserud mfl. 2016). I senere utgaver av denne rapporten ble antallet bestander økt til 175 i 2017 og deretter til 225 norske laksebestander i 2019 og 227 i 2020 (Diserud mfl. 2017, 2019b, 2020). Den hittil mest omfattende vurderingen av genetisk innkryssing omfatter 236 laksebestander i 2023 og ga følgende resultat (pr. Diserud mfl. 2023): ingen genetiske forandringer (76 laksebestander), svake genetiske forandringer (65 laksebestander), moderat genetiske forandringer (21 laksebestander) og store genetiske forandringer (74 laksebestander). Vurderingen av genetisk innkryssing i disse 236 laksebestandene dokumenterer at 2/3 av de ville laksebestandene har blitt påvirket av rømt oppdrettslaks. Arbeidet dekker flere tidligere undersøkte elver (Skaala mfl. 2006), og blant annet er det nå påvist store genetiske endringer i Etne og Granvin. I 2023-rapporten ble det påvist store genetisk endringer i Namsen. I tillegg ble fjorten vassdrag med forekomst av laks, men som ikke er definerte som egne laksebestander undersøkt: ingen genetisk endring ble observert i seks vassdrag, svake genetiske endringer ble indikert i fem vassdrag, ingen vassdrag fikk påvist moderate genetiske endringer, mens store genetiske endringer ble påvist i tre vassdrag. Undersøkelser av slike småvassdrag viser i enkelte tilfeller svært høye nivåer av innkryssing (> 90 %) (Pulg mfl. 2021). Det er også dokumentert at norsk oppdrettslaks har krysset seg inn i svenske bestander (Palm mfl. 2021).

Tilsvarende estimater fra andre land med lakseoppdrett foreligger fra Canada (Sylvester mfl. 2018, 2019; Wringe mfl. 2018; Bradbury mfl. 2022) og Skottland (Gilbey mfl. 2021). I Skottland er genetisk integritet til ungfisk fra 237 lokaliteter nylig klassifisert, og tegn på innkryssing av rømt oppdrettslaks ble dokumentert i laks fra 23 % av lokalitetene. I Canada er innkryssing av europeisk laks dokumentert i ville laksebestander, og indikerer bruk av ikke-steril europeisk laks i oppdrett til tross for at dette ikke er godkjent i landet (Bradbury mfl. 2022). Villaksen i Nord-Amerika er svært genetisk forskjellig fra laksen i Europa (Ståhl 1987; Bourret mfl. 2013).

I Norge viser genetiske analyser at det går et tydelig skille gjennom Midt-Troms der laksen nordøstover til Finnmark har en annen innvandringshistorie enn laksen fra Sør-Norge (Wennevik mfl. 2019). Oppdrettslaksen har sitt opphav i ville laksebestander fra Sør-Norge og analyser av Wacker mfl. (2023) viser at genetisk innkryssing av rømt oppdrettslaks i Finnmark har introdusert særlige haplotyper (genvarianter) i det mitokondrielle DNA-et til nordområdene. Hvilken økologisk betydning dette har, er ennå ukjent.

Eksperimenter i naturen har vist seleksjon mot avkom av rømt oppdrettslaks, både i Irland (McGinnity mfl. 1997, 2003) og Norge (Fleming mfl. 2000; Skaala mfl. 2012, 2019). En skulle derved forvente at når én og samme årsklasse (dvs. laks fra samme klekkeår) studeres, så vil et materiale av ungfisk vise høyere genetisk påvirkning av oppdrettslaks enn et materiale av voksen laks. Dette er også det Karlsson mfl. (2016) fant gjennom ana-

lyser av ungfisk som var innsamlet noen år før et materiale av voksen laks fra de samme elvene: ungfisken hadde i gjennomsnitt 2,5 prosentpoeng høyere genetisk innkryssing enn den voksne laksen. Seleksjon mot avkom av rømt oppdrettslaks har også blitt dokumentert i etterkant av en større rømmingsepisode på Newfoundland i Canada (Wringe mfl. 2018; Sylvester mfl. 2019) og ved å studere gyteårsklasser av ungfisk ved ulike alder i Altaelva (Wacker mfl. 2021).

Det foreligger et solid grunnlag for å hevde at rømt oppdrettslaks kan påvirke villfiskbestander negativt (Glover mfl. 2017). Den beste dokumentasjonen av effekter på overlevelse og viktige egenskaper kommer fra eksperimentelle studier utført i tre kontrollerte elver (McGinnity mfl. 1997, 2003; Fleming mfl. 2000; Skaala mfl. 2012, 2019), samt nyere studier som viser sammenhenger mellom molekylært nivå på innkryssing og viktige livshistorietrekk i ville bestander (Bolstad mfl. 2017, 2021; Wacker mfl. 2021; Besnier mfl. 2022).

En direkte og informativ tilnærming til å forstå effektene av at rømt oppdrettslaks krysser seg inn i villaksbestander er å sammenligne tilvekst, atferd og overlevelse hos sammenblandede familiegrupper av oppdrettslaks, villaks og hybrider under like forhold, såkalte «common garden-studier», i et naturlig miljø. Dette kan innebære utplanting av lakserogn eller utsetting av ungfisk fra DNA-identifiserbare familier av oppdrettslaks, villaks og hybrider dem imellom (McGinnity mfl. 1997, 2003; Skaala mfl. 2012, 2019; Crowley mfl. 2022) eller utsetting av kjønnsmodne individer med kjente genetiske profiler (Fleming mfl. 2000) i naturlig elvemiljø, der alle avkom i ulike livsstadier fra rogn til kjønnsmodning i ettertid kan identifiseres ved genetiske markører. En annen tilnærming vil være å genotype alle anadrome foreldre i en bestand og deretter en representativ del av den utvandrende smolten. Dersom den genetiske profilen på foreldrefisk omfatter grad av innkryssing, vil man kunne beregne individuell reproduktiv suksess hos individer med ulike grad av innkryssing. En slik tilnærming forutsetter god kontroll på både oppvandrende laks og utvandrende smolt, som for eksempel Imsa og Guddalselva.

Det første common garden prosjektet som er gjennomført på dette feltet, ble utført i Burrishoole, Irland (McGinnity mfl. 1997, 2003; Ferguson mfl. 2002; Reed mfl. 2015). I dette prosjektet ble tilvekst, overlevelse og populasjonsdynamikk hos villaks, oppdrettslaks og hybrider undersøkt gjennom to generasjoner. Et stort antall individer fra mange familier av villaks, oppdrettslaks, første- og andregenerasjonshybrider og førstegenerasjonshybrider tilbakekrysset til henholdsvis villaks og oppdrettslaks, ble plantet ut i tre årsklasser som øyerogn ovenfor fiskefellen i Burrishoole. Tilsvarende grupper ble satt ut som smolt i elven for å studere vekst og overlevelse i sjøfasen.

En omfattende innsats med innsamling og genotyping for å identifisere opphavet til alle individ ble gjennomført fra yngel til gytefisk som kom tilbake fra havet etter ett og to år i sjø. I alle tre årsklassene hadde oppdrettslaksen signifikant lavere representasjon enn villaksen i prøver av 0+ parr. Videre vokste oppdrettslaksen bedre enn villaksen, og den større oppdrettsparren fortrengte den lille parren nedover elva gjennom konkurranse. Selv om ungfisk av oppdrettslaks vokste bedre og fortrengte en del av den lille ungfisken, var smoltproduksjonen av oppdrettslaks bare henholdsvis 34, 34 og 55 % sammenlignet med villaksen i de tre årsklassene. Den gjennomsnittlige gjenfangsten etter sjøoppholdet var 0,3 % for oppdrettslaks og 8 % for villaks utsatt som smolt. Overlevelse hos hybridene viste seg ofte å ligge mellom villaks og oppdrettslaks.

Et lignende prosjekt ble gjennomført ved NINAs feltstasjon på Imsa (Fleming mfl. 2000) der alle ned- og oppvandrende fisk kontrolleres i en toveis fiskefelle i elven Imsa. Her ble det satt ut kjønnsmodne villaks fra Imsa og oppdrettslaks med kjente genetiske profiler ovenfor fiskefellen, og er det eneste studiet som har data fra naturlig gyting av oppdrettslaks i elv. De to gruppene hadde lignende vandringsmønster og valgte de samme gyteplassene i elven. Vill hannlaks var mer aktive i kurtisering av hunnlaksen enn oppdrettshannene var, og hadde dessuten mindre restgonader etter gyting enn oppdrettshannene hadde. Gytesuksessen var mye lavere hos oppdrettslaksen både for hanner (24 %) og hunner (32 %) sammenlignet med villaksen i et samtidig forsøk i

store gytebassenger med steinbunn. Gjennom ferskvannsfasen endret andelen av genotyper seg ytterligere i disfavør av oppdrettslaksen, og hoveddelen av oppdrettsbidraget var representert i form av hybrider, produsert av oppdrettshunner og ville hanner. Studier av dietten viste betydelige overlapp i næringsvalg, noe som viser næringskonkurranse mellom oppdrettsavkom og villaksyngel. Den totale smoltproduksjonen for elven var 28 % lavere enn forventet ut fra rognmengde og det observerte forholdet det normalt har vært i Imsa mellom mengde egg og antall smolt (Jonsson mfl. 1998). Det var også en tilsvarende reduksjon i forventet smoltproduksjon av den ville gytefisker. Oppdrettslaksen smoltifiserte og vandret ut tidligere og ved lavere alder enn villaksen. I motsetning til resultatene fra Burrishooleprosjektet med utsatt smolt, fant en i Imsaprojektet ingen forskjell mellom gruppene i sjøoverlevelse. Senere eksperimenter på Ims med utsetting av smolt av villaks, oppdrettslaks og førstegenerasjons krysninger mellom dem (1996-1998), viste signifikant lavere gjenfangst av oppdrettslaks (Hindar mfl. 2006). Utsatt smolt av oppdrettslaks har også vist høyere feilvandingsrate enn utsatt smolt av Imsalaks på Ims (Jonsson mfl. 2003; Jonsson & Jonsson 2017). Hybrider mellom oppdrettslaks og villaks hadde også høyere feilvandingsrate sammenlignet med den ville Imsalaksen (Jonsson & Jonsson 2017). Retningen på hybridiseringen hadde betydning ved at hybrider med vill mor hadde lavere feilvandring enn hybrider med vill far (Jonsson & Jonsson 2017).

Ved Havforskningsinstituttets feltstasjon i Guddalselva i Hardanger ble det initiert et prosjekt basert på oppsettet for Burrishooleprosjektet. Der ble definerte familiegrupper av vill og oppdrettet laks, og hybrider mellom disse, plantet ut som rogn (Skaala mfl. 2012). All foreldrefisk var genotypet med DNA-mikrosatellittmarkører. Dermed kunne alle individ som var satt ut som øyerogn i seks årsklasser, ca. 150 familier i et «common garden-studie», identifiseres til familie. Det ble samlet inn juvenil laks av alle årsklassene fra elvehabitatet, og tilvekst, overleving og diettvalg ble undersøkt for hver familie.

Resultatene fra de tre første årsklassene viste en overlevelse (fra utplantet egg til smolt) som varierte mellom 0,17 og 6,4 % for de 69 forskjellige familiene (Skaala mfl. 2012). Resultatene viste at eggstørrelsen hadde stor betydning for overlevelsen. I dette studiet hadde oppdrettslaksene større egg enn villaksene. Dette bidro til at noen oppdrettsfamilier hadde en høy overlevelse fra egg til smolt i forsøket. Da det ble kontrollert for eggstørrelse ved å sammenligne overlevelse til en oppdrettsfamilie og dens halvsøskenfamilie der fars bidrag kom fra en vill hann, viste det seg at 16 av 18 halvsøskenfamilier hadde høyere overlevelse med bidrag fra vill far kontra oppdrettsfar. Dette viser at det er additiv genetisk variasjon for overlevelsen i et naturlig miljø og at villaks har høyere overlevelse, selv om bildet kan være noe mer komplisert når det tas hensyn til eggstørrelse. I tillegg til lavere overlevelse når det tas hensyn til eggstørrelse, hadde smolt av oppdrettsforeldre noe høyere vekst enn hybrider og villaks i elven (forholdstall oppdrett:vill = 1,0-1,3:1).

Resultatene fra de tre siste årsklassene i perioden 2008–2016 (Skaala mfl. 2019) har i stor grad støttet resultater fra de tre første årsklassene, og det ble observert langt lavere overlevelse hos avkom hos oppdretts- og hybridlaks i forhold til villaks i ferskvann (1,8 % overlevelse hos oppdrettslaks mot 3,8 % overlevelse hos villaks). I tillegg ble det satt ut to årsklasser med oppdretts-, hybrid- og villsmolt i elven for å studere sjøoverlevelsen. Her fant man lavere sjøoverlevelse hos avkom av oppdrettslaks enn hos avkom fra hybrider (gjennomsnittlig sjøoverlevelse) og villaks (0,41 % overlevelse hos oppdrettslaks mot 0,94 % overlevelse hos villaks). Smolt med oppdrettsforeldre var litt større og vandret ut tidligere i sesongen enn villsmolt. Siden en del avkom av oppdrettslaks også overlever gjennom ferskvannsfasen, vil disse konkurrere om tilgjengelige næringsressurser, som er begrenset i ferskvann. Derfor vil avkom av rømt oppdrettslaks også kunne bidra til en redusert produksjon av villsmolt gjennom næringskonkurranse i tillegg til redusert overlevelse på grunn av innkryssing og endrede fitnessrelaterte egenskaper.

I en nyere studier fra Canada ble yngel av oppdrett, vill og hybrid bakgrunn sluppet ut ved tre lokaliteter i

Newfoundland i 2018 og gjenfanget som 0+ parr etter deres første sommer (Crowley mfl. 2022) og deretter i 2019 og 2020 (San Román mfl. 2023). Overlevelse (gjenfangstrate 3 måneder etter utplanting) var generelt høy i alle gruppene, men lavere overlevelse ble observert hos ungfisk med oppdrettsmødre, i forhold til ungfisk med ville mødre. Den ville ungfisken hadde tilnærmet lik overlevelse som deres maternale halvsøsken (hybrider med vill mor og oppdrettet far). Lavest overlevelse ble sett hos hybrider av oppdrettsmødre, og ikke hos ungfisk med to oppdrettsforeldre. Overlevelse over tid (gjenfangstrate 15 og 28 måneder etter utplanting) var derimot høyere hos ungfisk med to oppdrettsforeldre, enn hos ungfisk med ville foreldre (San Román mfl. 2023). Samlet sett viser studien at genetiske forskjeller i overlevelse mellom avkom av oppdrettslaks og villaks kan variere i tid og rom (Crowley mfl. 2022; San Román mfl. 2023).

Når avkom fra oppdrettslaks, villaks og hybridene konkurrerer om de samme byttedyrene i elven, vil innkryssing av oppdrettslaks kunne redusere den naturlige produksjonen av villsmolt på grunn av konkurranse (Fleming mfl. 2000; Skaala mfl. 2019). Når vi samtidig ser i eksperimenter i naturen at avkom av oppdrettslaks også har lavere sjøoverlevelse, vil det i sum også kunne redusere antall laks som kommer tilbake til elven. Gyting mellom oppdrettslaks som resulterer i avkom med 100% oppdrettsbakgrunn, vil også kunne påvirke den naturlige produksjonen av villsmolt negativt gjennom næringskonkurranse i elven, til tross for at dette ikke fører til genetisk innkryssing. Produksjon av avkom med 100% oppdrettsbakgrunn ble observert etter at kjønnsmoden oppdrett- og villaks ble satt ut i Imsa (Fleming mfl. 2020), og det er også observert i flere Canadiske elver i etterkant av en større rømmingsepisode (Sylvester mfl. 2018; Wringe mfl. 2018). Avkom av rømt oppdrettslaks som kjønnsmodnes i elv som parr (både avkom med 100% oppdrettsbakgrunn, men også hybrider), kan føre til at innkryssing av oppdrettslaks og effekten av innkryssing framskyndes (Holborn mfl. 2022). I utplantingsstudien fra Canada, beskrevet over, ble det observert en noe lavere andel av kjønnsmodning hos parr med oppdrettsmødre (to oppdrettsforeldre: 56 %, oppdrettet mor/vill far: 66 %) kontra ville mødre (to ville foreldre: 70 %, vill mor/oppdrettet far: 82 %). Forskjellene var ikke signifikante mellom alle krysningene og tidlig kjønnsmodning ble kun observert hos parrhanner (San Román mfl. 2023).

Utviklingen innenfor genomforskningen de siste årene gir stadig bedre muligheter for å vurdere de biologiske konsekvensene av innkryssing av oppdrettslaks i ville bestander. Man vil kunne identifisere hvilke gener som er involvert i de biologiske forskjellene man observerer mellom oppdretts- og villaks. En studie fra 2015 identifiserte områder i genomet/arvestoffet som var knyttet til overlevelse i naturen, selv om det er uvisst hvilke gener som var involvert (Besnier mfl. 2015). Det er forventet at framtidige resultater etter hvert vil bidra til å kartlegge hvordan endringer i genomet oppstår som følge av innkryssing, og hvilke biologiske konsekvenser dette kan få for ville bestander.

Inntil nylig forelå det ikke dokumentasjon av forandringer i livshistorietrekk og demografi i villaksbestander som konsekvens av genetisk innkryssing. Dette kan skyldes at en ikke har hatt tilstrekkelig gode verktøy til å studere slike endringer, i tillegg til at det er først relativt nylig at man har klart å dokumentere og kvantifisere innkryssing av rømt oppdrettslaks i bestander med bruk av genetiske markører. En annen årsak er at varierende forhold i både ferskvann og i havet, påvirker både livshistorie og demografiske parametere – noe som gjør at det er krevende å identifisere og kvantifisere den relative betydningen av de ulike påvirkningsfaktorene. Betydningen av slike endringer i havklima for laksens tilvekst er nylig dokumentert av Vollset mfl. (2022) og av Harvey mfl. (2022) som identifiserte både sjøtemperatur, mengde zooplankton og intensiteten av lakselusinfestasjon som viktige påvirkningsfaktorer for laksens tilvekst i havet.

Det første arbeidet som dokumenterte forandringer i livshistorietrekk hos villaks ble publisert i 2017 og viste endringer i tilvekst og sjøalder ved kjønnsmodning i et stort antall bestander som følge av genetisk innkryssing av rømt oppdrettslaks (Bolstad mfl. 2017). Bolstad mfl. (2017) studerte 62 ville laksebestander med individer av

ulik grad av genetisk slektskap til oppdrettslaks. Det genetiske slektskapet ble målt ved bruk av molekylærgenetiske metoder (Karlsson mfl. 2011, 2014). Studien viser at individer med høy grad av genetisk slektskap til oppdrettslaks har endret sjøalder og størrelse ved kjønnsmodning. Disse endringene var forskjellige mellom kjønn og for ulike typer laksestammer. I storlakselver (elver med overvekt av flersjøvinterlaks) ble det observert en økning i antall hunnlaks som returnerer fra havet etter to vintre (tosjøvinterlaks), og en nedgang i antall som returnerer etter en og tre vintre, med økende grad av genetisk slektskap til oppdrettslaks. For hannlaks i de samme elvene var det en økning i ensjøvinterlaks og en tilsvarende nedgang i to- og tresjøvinterlaks. I smålakselver (elver dominert av ensjøvinterlaks) ble det ikke observert slike endringer. Derimot ble det observert en større økning i aldersbestemt størrelse for laksen i smålakselvene enn for laksen i storlakselvene med økende grad av slektskap til oppdrettslaks. I smålakselvene økte vekten med 19 % fra 0 til 100 % genetisk slektskap til oppdrettslaks.

Studien undersøkte også effekten på laks i Finnmark (Bolstad mfl. 2017). Laksen i Finnmark er mer i slekt med laksen på Kolahalvøya i Russland enn med resten av den norske laksen. På grunn av lavere utvalgsstørrelse var resultatene for Finnmark mindre sikre enn for resten av landet, men det kan med sikkerhet fastslås at det er ulik effekt av genetisk slektskap til oppdrettslaks i de to regionene. Spesielt ble det observert en kraftig effekt på antall vintre i sjøen for hannlaks i smålakselvene i Finnmark, som i økende grad ble kjønnsmodne etter to vintre i istedenfor etter en. Det ble også observert en dramatisk økning i aldersbestemt størrelse i smålakselvene i denne regionen, med 24 % vektøkning fra 0 til 50 % genetisk slektskap til oppdrettslaks. Det er viktig å påpeke at de målte endringene i denne studien er underestimert (se Bolstad mfl. 2017 for utdypende forklaring).

I 2021 publiserte Bolstad mfl. en utvidet studie hvor 105 laksebestander ble undersøkt. Studien viser at økende nivå av innkryssing fører til økt vekstrate gjennom hele laksens livssyklus, i tillegg til lavere alder både ved smoltifisering og kjønnsmodning. Kun små forskjeller i vekstrate ble observert i smolt med økende grad av innkryssing, men kombinert med lavere alder ved smoltifisering, tyder studien på at økt vekst bidrar til at individer med økende grad av slektskap til oppdrettslaks forlater elven tidligere enn villaksen (noe som samsvarer med tidligere common garden studier (Fleming mfl. 2000; Skaala mfl. 2019)). I sjø var effekten av innkryssing forskjellig mellom ulike bestander og det var i de saktevoksende bestandene at økende grad av slektskap til oppdrettslaks førte til størst økning i vekst. Studien viser at i hurtigvoksende bestander kan innkryssing derimot føre til lavere vekst. Når hele livssyklus ble tatt i betraktning viste studiet til Bolstad mfl. (2021) en kortere livssyklus hos villaks med økende grad av genetisk innkryssing.

I en studie som viste at økende grad av innkryssing fører til lavere overlevelse hos ungfisk, fant Wacker mfl. (2021) også kun en moderat økning i tilvekst med økende nivå av innkryssing. De moderate vekstforskjellene kan muligens være koblet til at hurtigvoksende individer blir selektert imot. Studien fra Altaelven var basert på samme molekylærgenetiske metode som studiene til Bolstad mfl.

Ytterligere én norsk studie har så langt sett på endringer i livshistorie grunnet innkryssing (Besnier mfl. 2022). Ved Havforskningsinstituttet sin forskningsplattform i Etneelven er all oppvandrende voksenfisk genotypet siden 2013. Samtidig har all rømt oppdrettslaks blitt sortert ut basert på utseende og vekstmønstre i skjell. Bestanden hadde fram til 2013 et gjennomsnittlig nivå av innkryssing av rømt oppdrettslaks på 24 %. Studien av Besnier mfl. baserer seg på historiske prøver fra villaks fra starten av 80-tallet (før innkryssing hadde skjedd), prøver fra oppdrettslaks (1989-2012), og prøver av villaks etter at innkryssing hadde skjedd (2013-2016). Prøvene fra villaks før innkryssing, og prøver fra rømt laks tatt i elven i perioden 1989-2012, ble brukt for å utvikle genetiske markører som beregner grad av innkryssing i villaks fra perioden etter 2013. Resultatene viser at økende nivå av innkryssing fører til økende kroppsvekt, både hos smolt og voksenfisk. For hanner ble det i tillegg observert en nedgang i alder ved smoltifisering og ved kjønnsmodning. Studien viser også at individer med økende grad

av slektskap til oppdrettslaks returnerte til elven senere i sesongen enn ville individer uten slektskap til oppdrettslaks. Forskjeller i oppvandringstidspunkt kan muligens gi innkrysset laks en fordel i elven, da det reduserer perioden de er utsatt for å bli fanget under sportsfiskesesongen.

Siden tilnærmet all rømt laks har vært fjernet fra Etneelven siden 2013, gir Etneelven en unik mulighet til å undersøke hva som skjer i en innkrysset bestand, dersom videre innkryssing av rømt oppdrettslaks opphører (for eksempel på grunn av lukket teknologi eller bruk av steril fisk). På sikt vil resultater fra systemet i Etne kunne belyse i hvilken grad naturlig seleksjon kan rekonstruere laksebestandens egenskaper (se Glover mfl. 2018; Lillehammer 2023).

Utenfor Norge kjenner vi så langt kun én studie som har undersøkt forskjeller mellom vill og innkrysset laks i naturen (Perriman mfl. 2022). I 2015 og 2016 ble ungfisk fra 18 elver i Newfoundland, Canada, samlet inn og i etterkant klassifisert som vill, oppdrett eller hybrid basert på genetiske markører (Wringe mfl. 2018). Kun små forskjeller ble observert og en morfometrisk analyse viste blant annet at naturlig produserte førstegenerasjonshybrider hadde noe ulik form sammenlignet med den unge villaksen, men ikke den naturlig produserte oppdrettslaksen.

I nyere tid er det også gjennomført flere eksperimentelle forsøk for å undersøke potensielle forskjeller mellom avkom av villaks og laks med ulik grad av genetisk slektskap til oppdrettslaks, klekket i naturen. Resultatene fra disse vil kunne gi oss mer kunnskap om konsekvens av genetisk innkryssing med tanke på forandringer i fenotypiske og livshistorietrekk.

Modellering

Modellering av konsekvenser av innkryssing av rømt oppdrettslaks gir en mulighet til å estimere tidsforløp og omfang av genetisk forandringer i ville laksebestander. Her gjennomgås to publiserte modelleringsarbeid. Det første arbeidet av Hindar mfl. (2006) var basert på best tilgjengelig kunnskap om fitness-forskjeller mellom rømt oppdrettslaks, villaks og deres første- og andregenerasjons avkom midt på 2000-tallet, og estimerte andelen av en villaksbestand som er genetisk innkrysset med rømt oppdrettslaks. Dette ble studert ved forskjellige nivå av rømming. Arbeidet viste at ved 20 % innslag av rømt oppdrettslaks på gyteplassene, fikk en store forskjeller i sammensetningen av bestanden i løpet av 10 laksegenerasjoner (ca. 40 år). Forfatterne viste også at jo mer rømt oppdrettslaks i gytebestanden, desto større andel av den ville bestanden ble genetisk påvirket av rømt oppdrettslaks over tid. Modellen ble senere videreutviklet med en populasjonsdynamisk modell for bestandsstørrelse og en økonomisk modell for verdien av fiske etter laks (Liu mfl. 2013). Modellen hadde ingen fitness-funksjon på den ville bestanden og kunne ikke predikere økologiske konsekvenser av innkryssing annet enn i bestandsstørrelse.

En ny modell (IBSEM – Individual based eco-genetic model) for å studere genetisk innkryssing av rømt oppdrettslaks i villaksbestander er publisert av Castellani mfl. (2015). Modellen ble basert på best tilgjengelig kunnskap om fitnessforskjeller mellom avkom av oppdrettslaks og villaks midt på 2010-tallet. IBSEM er en individbasert modell, og inneholder en realistisk genetisk komponent. Den kan gi et estimat på eventuelle forandringer i ville bestander over tid for parametere som antall yngel, parr, smolt og voksen laks i bestanden, individuell vekst i de forskjellige livsstadier og kjønnsmodning. Ved bruk av modellen har vi dermed en mulighet til å estimere forandringer i ville bestander over tid som følge av forekomst av rømt oppdrettslaks på gyteplassene.

Analyser utført med IBSEM (Castellani mfl. 2018) viste først og fremst at jo flere rømt oppdrettslaks i gytebestanden, desto større genetisk innkryssing og genetiske forandringer i den ville bestanden (slik modellen til Hindar mfl. 2006 også viste). Modellen viste imidlertid at ved lav til moderat innslag av rømt oppdrettslaks er forandringen i den ville bestanden relativt liten. For eksempel, ved 5–10 % innslag av rømt oppdrettslaks på gyte-

plassene, viste de fleste fenotypiske og livshistorietrekk kun svake forandringer i en villaksbestand etter 50 år med genetisk innkryssing. Kun når innslag av rømt oppdrettslaks på gyte plassene ble økt til 30–50 % ble genetiske forandringer i bestandens gjennomsnittlige fenotype og livshistorietrekk tydelige etter 50 år, selv om det på individnivå kan forekomme større endringer. Forfatterne konkluderte med at dette skyldes at (1) rømt oppdrettslaks har en lavere gytesuksess enn villaks i naturen (Fleming mfl. 1996, 2000), (2) fordi det er en sterk seleksjon mot avkom av oppdrettslaks i naturen (dvs., de har høyere dødelighet enn villaks og påvirker dermed bestandens «karakteristikk» mindre enn dersom de hadde overlevd i større grad), og (3) fordi mange livshistorietrekk i ville bestander er svært plastiske, og tetthetsavhengige. For eksempel, det er godt dokumentert at til tross for at oppdrettslaks vokser flere ganger hurtigere enn vill laks under oppdrettsforhold (Glover mfl. 2017), så er det svakere forskjeller i vekst mellom disse gruppene i naturen (McGinnity mfl. 1999; Skaala mfl. 2014; Reed mfl. 2015; Jonsson & Jonsson 2017; Glover mfl. 2018). Modellen indikerer derfor at moderat innslag av rømt oppdrettslaks på gyte plassene kun fører til svake eller moderate forandringer i bestandens gjennomsnittlige fenotype og livshistorietrekk.

IBSEM indikerer likevel at den største målbare effekten av innkryssing av rømt oppdrettslaks er at det kommer færre fisk tilbake fra havet (se også Hutchings 1991 og Liu mfl. 2013). En mulig forklaring er tetthetsavhengig dødelighet, og at en del av elvens produksjonskapasitet brukes til å produsere avkom av rømt og genetisk-påvirket laks, med høyere dødelighet i havet. Dermed reduseres antall laks som vandrer tilbake til elven. Det er likevel viktig å påpeke at modellen, under ulike scenarier, viser at vedvarende innkryssing av rømt oppdrettslaks vil på sikt føre til en svekket bestand med redusert produksjon av laks av vill avstamning (Castellani mfl. 2018; Sylvester mfl. 2019; Bradbury mfl. 2020a). Ytterligere modelleringsarbeid har også vist at innkryssing av rømt oppdrettslaks vil redusere genetisk differensiering mellom bestander over tid (Mork 1991; Besnier mfl. 2011). Dette er forenlig med all tilgjengelig kunnskap om dette temaet (Glover mfl. 2017). Det er likevel viktig å påpeke at modeller ikke kan ta hensyn til ukjente faktorer, og kan derfor har sine begrensninger.

Faktorer som forklarer variasjon i andel rømt oppdrettslaks i elv og grad av innkryssing

Det er mange biologiske faktorer (bestandens størrelse, tetthet, livshistoriekarakteristikk og timing av kritiske hendelser som gyting) og fysiske faktorer (elvegradient og lengde, temperaturforhold, substrat, vandringshinder) som, i tillegg til forekomst av rømt oppdrettslaks, vil påvirke graden av genetisk innkryssing og konsekvensene for den ville bestanden.

Innslag av rømt oppdrettslaks i norske elver registreres årlig gjennom overvåkningsprogrammet i gjennomsnittlig 200 vassdrag, og nivå på innkryssing av rømt oppdrettslaks er estimert for 250 bestander. En omfattende studie har ved bruk av disse to storskala datasettene undersøkt sammenhengen mellom en rekke biologiske, fysiske og menneskeskapt påvirkninger og andel rømt oppdrettslaks og nivå av genetisk innkryssing i norske vassdrag i perioden 2006-2018. Studien av Diserud mfl. (2022) viser at andel rømt oppdrettslaks øker med økende oppdrettsintensitet i regionen, og at økende vannføring tiltrekker seg rømlinger. Samtidig viser studien at en økning i bestandsstørrelse reduserer andelen rømt oppdrettslaks i bestanden, til tross for at det øker det faktiske antallet. Videre viser studien at selv om oppdrettslaks på et overordnet nivå trekkes mot de største bestandene, vil det i områder med bare små bestander være de relativt største bestandene som tiltrekker seg den rømte oppdrettslaksen.

Den nye studien bygger på og samsvarer med resultatene fra undersøkelsene gjort i forbindelse med 5- og 10-årsevalueringen av ordningen med nasjonale laksevassdrag, og -fjorder, hvor en bl.a. så på hvilke typer elver som tiltrakk seg rømt fisk (Fiske mfl. 2013; Hindar mfl. 2018). Disse undersøkelsene viste også at økt vannføring, større laksebestand og økt oppdrettsintensitet i regionen, økte antallet rømt oppdrettslaks i elven. Andelen rømt oppdrettslaks økte også med økt vannføring og oppdrettsintensitet i regionen, men avtok med økende be-

standsstørrelse av villaks. At antall/andel rømt oppdrettslaks i et vassdrag har en sammenheng med nærhet til og omfanget av oppdrett sammenfaller også med tidligere analyser (Fiske mfl. 2006) og er også dokumentert i Canada (Keyser mfl. 2018) og Skottland (Gilbey mfl. 2021). Høy vannføring (og stor laksebestand) ansees å være viktig fordi det tiltrekker rømt oppdrettslaks (Mahlum mfl. 2020). I studien til Mahlum mfl. (2020) ble det også dokumentert en positiv sammenheng mellom mengde rømt oppdrettslaks observert i 54 elver på Vestlandet og oppdrettsintensitet i området. Tilsvarende, i arbeider fra Skottland og Canada var innkryssing av rømt oppdrettslaks konsentrert rundt områder med oppdrettsaktivitet, mens det utenfor disse områdene var få tegn til innkryssing av rømt oppdrettslaks (Gilbey mfl. 2021; Bradbury mfl. 2022).

Kjønnsmodningsstatus hos oppdrettslaks som oppsøker elvene vil være avgjørende for om den kan bidra til genetisk innkryssing (Madhun mfl. 2023; Strand mfl. 2023). Hvor stor gytesuksess voksen rømt oppdrettslaks har på gyteplassene er trolig avhengig av hvor mange ville konkurrenter de har. Rømt oppdrettslaks har generelt sett en lavere gytesuksess enn villaks (Fleming mfl. 1996, 2000), og et gitt innslag av rømt oppdrettslaks på gyteplassene vil derfor ikke automatisk føre til en tilsvarende prosentvis genetisk innkryssing. Det er derimot grunn til å tro at oppdrettslaksens gytesuksess vil variere i tid og rom, avhengig av blant annet hvor lenge den har vært i havet (Fleming mfl. 1996, 1997) og konkurransen den møter på gyteplassen med vill fisk (Glover mfl. 2012). Derfor vil også genetisk innkryssing kunne variere i tid og mellom bestander i ulike vassdrag. Likevel er det dokumentert en viss sammenheng mellom observert andel rømt oppdrettslaks og beregnet genetisk innkryssing på vassdragsnivå. I et arbeid med 20 vassdrag, fant Glover mfl. (2013) en sammenheng mellom beregnet forekomst av rømt oppdrettslaks over tid og beregnet innkryssing. De fant at 47 % av variansen i genetisk innkryssing ble forklart av andel rømt oppdrettslaks observert ($R^2 = 0,47$). Dette ble bekreftet i en mer omfattende analyse av det samme datagrunnlaget av Heino mfl. (2015) som også tok hensyn til bestandsstørrelse ($R^2 = 0,51$).

I 2016 publiserte Karlsson mfl. (2016) et arbeid som viste at forekomst av rømt oppdrettslaks i perioden 1989–2012 (gjennomsnittlig årsprosent, etter Diserud mfl. 2013) forklarte 24 % av variansen i genetisk innkryssing i 77 undersøkte vassdrag. Da forfatterne utførte analysen på et regionalt nivå, økte forklaringsstyrken til 56 %. Oppsummert viser disse analysene at selv om det er en sammenheng mellom andel rømt oppdrettslaks i bestanden og genetisk innkryssing, så er det også andre faktorer i elven som har betydning. En tydelig sammenheng mellom forekomst av rømt laks og nivå av innkryssing ble også bekreftet i studien til Diserud mfl. (2022), som til dags dato er den mest omfattende analysen gjort på dette området. Som nevnt over ble en rekke biologiske, fysiske og menneskeskapte påvirkninger undersøkt (se Diserud mfl. 2022 for mer detaljer), og på et overordnet nivå er grad av genetisk innkryssing i hovedsak styrt av andel rømt oppdrettslaks observert i vassdraget. På elvenivå vil likevel fysiske hindringer i elven kunne føre til at nivå av innkryssing er lavere enn forventet, fordi den rømte laksen ikke klarer ta seg fram til egnede gyteområder. De nordlige bestandene som er mer i slekt med laksen på Kolahalvøya i Russland enn med resten av den norske laksen, og dermed mindre i slekt med oppdrettslaksen, er mer motstandsdyktig mot innkryssing enn laks fra de sørlige bestandene (men viser også større endringer i livshistorie etter innkryssing; Bolstad mfl. 2017). Bestandene i overgangssonen mellom disse to fylogenetiske gruppene ser ut til å være ekstra sårbare for innkryssing (Diserud mfl. 2022).

7. Takk

Takk til Terje Svåsand og Nina Sandlund for deres bidrag med en generell beskrivelse av metodikken brukt i denne risikovurderingen (Kapittel 2). Takk til Mikko Heino, Geir Bolstad og Terje Svåsand for bidrag til tidligere versjoner av kunnskapsstatusen (Kapittel 6).

8. Referanser

- Abrantes KG, Lyle JM, Nichols PD, Semmens JM. 2011. Do exotic salmonids feed on native fauna after escaping from aquaculture cages in Tasmania, Australia? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68, 1539–51.
- Andersen LB, Grefsrud ES, Svåsand T, Sandlund N. 2022. Risk understanding and risk acknowledgement: a new approach to environmental risk assessment in marine aquaculture. *ICES Journal of Marine Science*.
- Anon. 2015a. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2014 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. *Fisken og havet*, særnr. 2b–2015.
- Anon. 2016a. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2015 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. *Fisken og havet*, særnr. 2b–2016.
- Anon. 2017a. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2016 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. *Fisken og havet*, særnr. 2b–2017.
- Anon. 2018. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2017 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. *Fisken og havet*, særnr. 2–2018.
- Anon. 2019a. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2018 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. *Fisken og havet*, nr. 2019–4.
- Anon. 2017b. Status for norske laksebestander i 2017. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 10.
- Anon. 2018b. Status for norske laksebestander i 2018. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 11.
- Anon. 2019b. Status for norske laksebestander i 2019. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 12.
- Anon. 2020. Status for norske laksebestander i 2020. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 15.
- Anon. 2021. Status for norske laksebestander i 2021. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 16.
- Anon. 2022. Status for norske laksebestander i 2022. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 17.
- Anon. 2023. Status for norske laksebestander i 2023. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 18.
- Anon. 2024. Status for norske laksebestander i 2023. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 19.
- Aven, T. 2014. *Risk, Surprises and Black Swans: Fundamental Ideas and Concepts in Risk Assessment and risk management*. Routledge, London. 276 s.
- Araki H, Schmid C. 2010. Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture*, 38 (Supp. 1): 2–11.
- Aronsen mfl. 2020. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2019 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. *Fisken og havet*, nr. 2020–3.
- Artsdatabanken. 2021. Norsk rødliste for arter 2021. Laks *Salmo salar* Linnaeus, 1758.
<https://artsdatabanken.no/lister/rodlisterforarter/2021/8149>
- Besnier F, Glover KA, Skaala Ø. 2011. Investigating genetic changes in wild populations: modelling gene-flow

from farm escapees. *Aquaculture Environment Interactions* 2: 75–86.

Besnier F, Glover KA, Lien S, Kent M, Hansen MM, Shen X, Skaala Ø. 2015. Identification of quantitative genetic components of fitness variation in farmed, hybrid and native salmon in the wild. *Heredity* 00:1-9.

Besnier F, Solberg MF, Harvey AC, Carvalho GR, Bekkevold D, Taylor MI, Creer S, Nielsen EE, Skaala Ø, Ayllon F, Dahle G, Glover KA. 2020. Epistatic regulation of growth in Atlantic salmon revealed: a QTL study performed on the domesticated-wild interface. *BMC Genetics* 21.

Besnier F, Ayllon F, Skaala Ø, Solberg MF, Fjeldheim PT, Anderson A, Knutar S, Glover KA. 2022. Introgression of domesticated salmon changes life history and phenology of a wild salmon population. *Evolutionary Applications*.

Bertolotti AC, Layer RM, Gundappa MK, Gallagher MD, Pehlivanoglu E, Nome T, Robledo D, Kent MP, Røsæg LL, Holen MM, Mulugeta TD, Ashton TJ, Hindar K, Sægrov H, Florø-Larsen B, Erkinaro J, Primmer CR, Bernatchez L, Martin SAM, Johnston IA, Sandve SR, Lien S, Macqueen DJ. 2020. The structural variation landscape in 492 Atlantic salmon genomes. *Nature Communications* 11:5176.

Bicskei B, Bron J, Glover KA, Taggart J B. 2014. A comparison of gene transcription profiles of domesticated and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at different life stages, reared under controlled conditions. *BMC Genomics* 15:884.

Bicskei B, Taggart JB, Glover KA, Bron JE. 2016. Comparing the transcriptomes of embryos from domesticated and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) stocks and examining factors that influence heritability of gene expression. *Genetics Selection Evolution*, 48(1):1-16.

Bolstad GH, Hindar K, Robertsen G, Jonsson B, Sægrov H, Diserud OH, Fiske P, Jensen AJ, Urdal K, Næsje TF. 2017. Gene flow from domesticated escapees alters the life history of wild Atlantic salmon. *Nature Ecology, Evolution*, 1: 0124.

Bolstad GH, Karlsson S, Hagen I, Fiske P, Urdal K, Sægrov H, Florø-Larsen B, Sollien VP, Østborg G, Diserud OH, Jensen A, Hindar K. 2021. "Introgression from farmed escapees affects the full life cycle of wild Atlantic salmon." *Science Advances* 7(52).

Bourke EA, Coughlan J, Jansson H, Galvin P, Cross TF. 1997. Allozyme variation in populations of Atlantic salmon located throughout Europe: diversity that could be compromised by introductions of reared fish. *ICES Journal of Marine Science* 54: 974–985.

Bourret V, Kent MP, Primmer CR, 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.

Bradbury IR, Duffy S, Lehnert SJ, Johannsson R, Fridriksson JH, Castellani M, Burgetz I, Sylvester E, Messmer A, Layton K, Kelly N, Dempson JB, Fleming I.A. 2020a. Model-based evaluation of the genetic impacts of farm-escaped Atlantic salmon on wild populations. *Aquaculture Environment Interactions* 12, 45–59.

Bradbury IR, Burgetz I, Coulson MW, Verspoor E, Gilbey J, Lehnert SJ, Kess T, Cross T, Vasemagi A, Solberg MF, Fleming I, McGinnity P. 2020b. Beyond hybridization: the genetic impacts of non-reproductive ecological interactions of salmon aquaculture on wild populations. *Aquaculture Environment Interactions* 12: 429-445.

Bradbury IR, Lehnert SJ, Kess T, Van Wyngaarden M, Duffy S, Messmer AM, Wringe B, Karoliussen S,

Dempson JB, Fleming I, Solberg MF, Glover KA, Betzen P. 2022. Genomic evidence of recent European

introgression into North American farmed and wild Atlantic salmon. *Evolutionary Applications*, 15: 1436-1448.

Castellani M, Heino M, Gilbey J, Araki H, Svåsand T, Glover KA. 2015. IBSEM: An individual-based Atlantic salmon population model. *PLOS One* 10(9): e0138444.

Castellani M, Heino M, Gilbey J, Araki H, Svåsand T, Glover K. 2018. Modeling fitness changes in wild Atlantic salmon populations faced by spawning intrusion of domesticated escapees. *Evolutionary Applications*, 1–16.

Chittenden CM, Rikardsen AH, Skilbrei OT, Davidsen JG, Halttunen E, Skardhamar J, McKinley RS. 2011. An effective method for the recapture of escaped farmed salmon. *Aquaculture Environ Interact* 2011, 1(3):215-224.

Clifford SL, McGinnity P, Ferguson A. 1998a. Genetic changes in Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations of northwest Irish rivers resulting from escapes of adult farm salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 358–363.

Clifford SL, McGinnity P, Ferguson A. 1998b. Genetic changes in an Atlantic salmon population resulting from escaped juvenile farm salmon. *Journal of Fish Biology* 52: 118–127.

Cross TF, Challanain DN. 1991. Genetic characterisation of Atlantic salmon (*Salmo salar*) lines farmed in Ireland. *Aquaculture* 98: 209–216.

Crowley SE, Bradbury I, Messmer A, Duffy SJ, Islam SS, Fleming IA. 2020. Common-garden comparison of relative survival and fitness-related traits of wild, farm, and hybrid Atlantic salmon *Salmo salar* parr in nature. *Aquaculture Environment Interactions* 14: 35-52.

Crozier WW. 1993. Evidence of genetic interaction between escaped farmed salmon and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L) in a Northern Irish river. *Aquaculture* 113(1-2):19-29.

Crozier WW. 2000. Escaped farmed salmon, *Salmo salar* L., in the Glenarm River, Northern Ireland: genetic status of the wild population 7 years on. *Fisheries Management and Ecology*, 7: 437–446.

Cucherousset J, Sundt-Hansen LE, Buoro M, Závorka L, Lassus R, Bækkelie KAE, Fleming IA, Björnsson BT, Johnsson JI, Hindar K. 2021. Growth-enhanced salmon modify stream ecosystem functioning. *Journal of Fish Biology*, 99: 1978-1989.

Darwish TL, Hutchings JA. 2009. Genetic variability in reaction norms between farmed and wild backcrosses of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 83–90.

Debes PV, Hutchings JA. 2014. Effects of domestication on parr maturity, growth, and vulnerability to predation in Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71, 1371–84.

Debes PV, Solberg MF, Matre IH, M Dyrhovden L, Glover KA. 2021. Genetic variation for upper thermal tolerance diminishes within and between populations with increasing acclimation temperature in Atlantic salmon. *Heredity* 127(5): 455-466.

Diserud OH, Fiske P, Hindar K. 2013. Forslag til kategorisering av laksebestander som er påvirket av rømt oppdrettslaks – Oppdatering for perioden 1989–2012. – NINA Rapport 976. 22 s.

- Diserud OH, Hindar K, Karlsson S, Glover K, Skaala Ø. 2016. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander. Vedlegg Notat NINA/HI, s. 53–85 i Anon. 2016. Klassifisering av 104 laksebestander etter kvalitetsnorm for villaks. Temarapport nr. 4. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning.
- Diserud, OH, Hindar, K, Karlsson, S, Glover, KA, Skaala, Ø. 2017. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – status 2017. NINA Rapport 1337. 55 s.
- Diserud OH, Fiske P, Sægrov H, Urdal K, Aronsen T, Lo H, Barlaup BT, Niemela E, Orell P, Erkinaro J, Lund RA, Økland F, Østborg GM, Hansen LP, Hindar K. 2019a Frequency of escapees in Norwegian rivers 1989–2013. *Ices Journal of Marine Science* 76, 1140–50.
- Diserud OH, Hindar K, Karlsson S, Glover KA, Skaala Ø. 2019b. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2019. NINA Rapport 1659. 72 s.
- Diserud OH, Hindar K, Karlsson S, Glover KA, Skaala Ø. 2020. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2020. NINA Rapport 1926. Norsk institutt for naturforskning.
- Diserud OH, Hindar K, Karlsson S, Glover KA, Skaala Ø. 2023. Genetisk påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander – oppdatert status 2023. NINA Rapport 2393. Norsk institutt for naturforskning.
- Diserud OH, Fiske P, Karlsson S, Glover KA, Næsje T, Aronsen T, Bakke G, Barlaup BT, Erikanö J, Florø-Larsen B, Foldvik A, Heino M, Kanstad-Hanssen Ø, Lo H, Lund RA, Muladal R, Niemelä E, Økland F, Østborg GM, Otterå H, Skaala Ø, Skoglund H, Solberg MF, Sollien VP, Sægrov H, Urdal K, Wennevik V, Hindar K. 2022. Natural and anthropogenic drivers of escaped farmed salmon occurrence and introgression into wild Norwegian Atlantic salmon populations. *ICES Journal of Marine Science*, akseptert for publisering.
- Einum S, Fleming IA. 1997. Genetic divergence and interactions in the wild among native, farmed and hybrid Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 50: 634–651.
- Ferguson A, McGinnity P, Baker N, Cotter D, Hynes R, O'Hara B, O'Maoileidigh N, Prodöhl P, Rogan G. 2002. A two-generation experiment comparing the fitness and life-history traits of native, ranched, non-native, farmed, and hybrid Atlantic salmon under natural conditions. *ICES CM 2002/T:04*.
- Fiske P, Lund, R A, Hansen, LP. 2006. Relationships between the frequency of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in wild salmon populations and fish farming activity in Norway 1989–2004. *ICES J Mar Sci* 63: 1182–1189.
- Fiske P, Diserud, OH, Robertsen G, Foldvik A, Skilbrei OT, Heino M, Helland IP, Hindar K. 2013. Midtveisvurdering av nasjonale laksevassdrag og nasjonale laksefjorder. Rømt oppdrettslaks og bestandsstatus. NINA Minirapport, 470: 1–24.
- Fiske P. 2013. Overvåking av rømt oppdrettslaks i elv om høsten 2010–2012. NINA Rapport 989.
- Fiske P, Aronsen T, Hindar K. 2014. Overvåking av rømt oppdrettslaks i elver om høsten 2013. NINA rapport 1063. 44 s.
- Fjelldal PG, Glover KA, Skaala Ø, Imsland A, Hansen TJ. 2009. Vertebral body mineralization and deformities in cultured Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Effects of genetics and off-season smolt production. *Aquaculture* 296: 36–44.
- Fleming IA, Jonsson B, Gross MR, Lamberg A. 1996. An experimental study of the reproductive behaviour and success of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J Appl Ecol* 33:893–905.

- Fleming IA, Lamberg A, Jonsson B. 1997. Effects of early experience on the reproductive performance of Atlantic salmon. *Behav Ecol* 8:470–480.
- Fleming IA, Einum S. 1997. Experimental tests of genetic divergence of farmed from wild Atlantic salmon due to domestication. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1051–1063.
- Fleming I, Hindar K, Mjølnerød IB, Jonsson B, Balstad T, Lamberg A. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. *Proceedings of the Royal Society of London B*. 267: 1517–1523.
- Fleming IA, Agustsson T, Finstad B, Johnsson JI, Björnsson BT. 2002. Effects of domestication on growth physiology and endocrinology of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59:1323-1330.
- Forskrift om fellesansvar for utfisking mv. av rømt oppdrettsfisk. 2015. Lovdata: FOR-2015-02-05-89. Hentet fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-02-05-89>.
- Fraser DJ, Weir LK, Bernatchez L, Hansen MM, Taylor EB. 2011. Extent and scale of local adaptation in salmonid fishes: review and meta-analysis. *Heredity* 106: 404–420.
- Fraser DJ, Houde ALS, Debes PV, O'Reilly P, Eddington JD, Hutchings JA. 2010. Consequences of farmed-wild hybridization across divergent wild populations and multiple traits in salmon. *Ecological Applications* 20: 935–953.
- Gilbey J, Sampayo J, Cauwelier E, Malcolm I, Millidine K, Jackson F, Morris DJ. 2021. A national assessment of the influence of farmed salmon escapes on the genetic integrity of wild Scottish Atlantic salmon populations *Scottish Marine and Freshwater Science Vol 12 No 12*
- Gjedrem T, Gjøen HM, Gjerde B. 1991. Genetic origin of Norwegian farmed salmon. *Aquaculture* 98: 41–50.
- Gjedrem T. 2010. The first family-based breeding program in aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 2, 2–15.
- Gjøen HM, Bentsen HB. 1997. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1009–1014.
- Glover KA, Skaala, Ø. 2006. Temporal stability of sea louse *Lepeophtheirus salmonis* Krøyer populations on Atlantic salmon *Salmo salar* L. of wild, farm and hybrid parentage. *Journal of Fish Biology* 68: 1795–1807.
- Glover KA, Skar C, Christie KE, Glette J, Rudra H, Skaala Ø. 2006a. Size-dependent susceptibility to infectious salmon anemia virus (ISAV) in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) of farm, hybrid and wild parentage. *Aquaculture* 254: 82–91.
- Glover KA, Bergh Ø, Rudra H, Skaala, Ø. 2006b. Juvenile growth and susceptibility to *Aeromonas salmonicida* subsp. *salmonicida* in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) of farmed, hybrid, and wild parentage. *Aquaculture* 254: 72–81.
- Glover KA, Otterå H, Olsen RE, Slinde E, Taranger GL, Skaala Ø. 2009. A comparison of farmed, wild and hybrid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared under farming conditions. *Aquaculture* 286: 203–210.
- Glover KA. 2010. Forensic identification of farmed escapees: a review of the Norwegian experience. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 1–10.
- Glover KA, Quintela, M, Wennevik V, Besnier F, Sørvik AGE, Skaala Ø. 2012. Three decades of farmed escap-

ees in the wild: A spatio-temporal analysis of Atlantic salmon population genetic structure throughout Norway. *PloS One* 7: e43129.

Glover KA, Pertoldi C, Besnier F, Wennevik V, Kent M, Skaala Ø. 2013. Atlantic salmon populations invaded by farmed escapees: quantifying genetic introgression with a Bayesian approach and SNPs. *BMC Genetics*, 14.

Glover KA, Solberg MF, McGinnity P, Hindar K, Verspooor E, Coulson MW, Hansen MM, Araki H, Skaala Ø, Svåsand T. 2017. Half a century of genetic interaction between farmed and wild Atlantic salmon: Status of knowledge and unanswered questions. *Fish and Fisheries* 1–38.

Glover KA, Urdal K, Næsje T, Skoglund H, Florø-Larsen B, Otterå H, Fiske P, Heino M, Aronsen T, Sæggrov H, Diserud O, Barlaup BT, Hindar K, Bakke G, Solberg I, Lo H, Karlsson S, Skaala Ø, Lamberg A, Kanstad-Hanssen Ø, Muladal R, Skilbrei OT, Wennevik V. 2019. Domesticated escapees on the run: the second-generation monitoring program reports the numbers and proportions of farmed Atlantic salmon in >200 rivers annually. *Ices Journal of Marine Science* 76, 1151–61.

Glover KA, Wennevik V, Hindar K, Skaala Ø, Fiske P, Solberg MF, Diserud OH, Svåsand T, Karlsson S, Andersen L.B, Grefsrud ES. 2020. The future looks like the past: Introgression of domesticated Atlantic salmon escapees in a risk assessment framework. *Fish and Fisheries*, akseptert.

Grefsrud ES, Svåsand T, Glover KA, Husa V, Kupka-Hansen P, Samuelsen OB, Sandlund N, Stien LH. 2019. Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2019. *Fisken og Havet* 2019–5.

Grefsrud ES, Svåsand T, Glover KA, Husa V, Kupka-Hansen P, Samuelsen OB, Sandlund N, Stien LH. 2021. Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2021. *Fisken og Havet* 2019–5.

Hansen LP, Jacobsen JA, Lund RA. 1993. High numbers of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., observed on oceanic waters north of the Faroe Islands. *Aquaculture and Fisheries Management* 24: 777–781.

Hansen LP. 2006a. Migration and survival of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released from two Norwegian fish farms. *ICES J Mar Sci* 63, 1211–1217.

Hansen LP. 2006b. Vandrings og spredning av rømt oppdrettslaks. *NINA Rapport* 162: 1–21.

Harvey A, Glover KA, Taylor MI, Creer S, Carvalho GR. 2016a. A common garden design reveals population-specific variability in potential impacts of hybridization between populations of farmed and wild Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Evolutionary Applications* 9, 435–49.

Harvey A, Juleff G, Carvalho G, Taylor M, Solberg MF, Dyrhovden L, Matre IH, Glover KA. 2016b. Does density influence relative growth performance of farm, wild and F1 hybrid Atlantic salmon in semi-natural and hatchery common garden conditions? *Royal Society Open Science* 3:16152.

Harvey A, Solberg MF, Troianou E, Carvalho GR, Taylor M, Creer S, Dyrhovden L, Matre IH, Glover KA. 2016c. Plasticity in growth of farmed and wild Atlantic salmon: is the increased growth rate of farmed salmon caused by evolutionary adaptations to the commercial diet? *BMC Evolutionary Biology* 16:264.

Harvey A, Solberg MF, Glover KA, Taylor MI, Creer S, Carvalho GR. 2016d. Plasticity in response to feed availability: Does feeding regime influence the relative growth performance of domesticated, wild and hybrid Atlantic salmon *Salmo salar* parr? *Journal of Fish biology* 89:3

Harvey AC, Glover KA, Wennevik V, Skaala Ø. 2020. Atlantic salmon and sea trout display synchronized smolt

migration relative to linked environmental cues. *Scientific reports* 10: 3529.

Heino M, Svåsand T, Wennevik W, Glover KA. 2015. Genetic introgression of farmed salmon in native populations: quantifying the relative influence of population size and frequency of escapees. *Aquaculture Environment Interactions* 6: 185–190.

Hindar K, Ryman N, Utter F. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 945–57.

Hindar K, Fleming IA, McGinnity P, Diserud O. 2006. Genetic and ecological effects of salmon farming on wild salmon: modelling from experimental results. *ICES J. Marine Sci.* 63: 1234–1247.

Hindar K, Diserud OH, Fiske P, Forseth T, Jensen A J, Ugedal O, Jonsson N, Storeid S.-E, Arnekleiv JV, Saltveit SJ, Sægvog H, Sættem LM. 2007. Gytebestandsmål for laksebestander i Norge. NINA Rapport 226. 78 s.

Hindar K, Diserud OH, Fiske P, Karlsson S, Bolstad GH, Foldvik A, Wennevik V, Bremset G og Rosten C. 2018. Evaluering av nasjonale laksevassdrag og nasjonale laksefjorder: Rømt oppdrettslaks, genetisk innkryssing og bestandsstatus. NINA Rapport 1461. Norsk institutt for naturforskning.

Holborn MK, Crowley SE, Duffy S J, Messmer AM, Kess T, Dempson JB, Wringe BF, Fleming I, Bentzen P og Bradbury I. 2022. Precocial male maturation contributes to the introgression of farmed Atlantic salmon into wild populations. *Aquaculture Environment Interactions*, 14: 205-218.

Houde ALS, Fraser DJ, Hutchings JA. 2010. Reduced anti-predator responses in multigenerational hybrids of farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Conservation Genetics* 11: 785–794.

Houston RD, Haley CS, Hamilton A. 2008 Major quantitative trait loci affect resistance to infectious pancreatic necrosis in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Genetics* 178: 1109–1115.

Hutchings JA. 1991. The threat of extinction to native populations experiencing spawning intrusions by cultured Atlantic salmon. *Aquaculture*, 98: 119–132.

ICES. 2016. Report of the Workshop to address the NASCO request for advice on possible effects of salmonid aquaculture on wild Atlantic salmon populations in the North Atlantic (WKCULEF), 1–3 March, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2016/ACOM 42: 44 pp.

Islam SS, Wringe BF, Bøe K, Bradbury IR, Fleming IA. 2021. Early-life fitness trait variation among divergent European and North American farmed and Newfoundland wild Atlantic salmon populations. *Aquaculture Environment Interactions* 13: 323-337.

Islam SS, Xue Xm Cabarello-Solares A, Bradbury IR, Rise M, Fleming IA. 2021. Distinct early life stage gene expression effects of hybridization among European and North American farmed and wild Atlantic salmon populations. *Molecular Ecology*.

Jacobsen JA, Hansen LP. 2001. Feeding habits of wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the Northeast Atlantic. *Ices Journal of Marine Science* 58, 916–33.

Jensen AJ, Karlsson S, Fiske P, Hansen LP, Hindar K, Østborg G. 2013. Escaped farmed Atlantic salmon in the Arctic Ocean. *Aquaculture Environment Interactions* 3: 223–229.

Johnsson JI, Björnsson BT. 1994. Growth hormone increases growth rate, appetite and dominance in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Animal Behaviour* 48: 177–186.

- Johnsson JI, Petersson E, Jönsson E, Björnsson BT, Järvi T. 1996. Domestication and growth hormone alter antipredator behaviour and growth patterns in juvenile brown trout. *Salmo trutta*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 1546–1554
- Johnsson JI, Höjesjö J, Fleming IA. 2001. Behavioural and heart rate response to predation risk in wild and domesticated Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 788–794.
- Jonsson N, Jonsson B, Hansen LP. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology* 67: 751–762.
- Jonsson B, Jonsson N, Hansen LP. 2003. Atlantic salmon straying from the River Imsa. *Journal of Fish Biology* 62: 641–657.
- Jonsson B, Jonsson N. 2017. Maternal inheritance influences homing and growth of hybrid offspring between wild and farmed Atlantic salmon. *Aquaculture Environment Interactions*, 9:231-238.
- Jönsson E, Johnsson JI, Björnsson BT. 1996. Growth hormone increases predation exposure of rainbow trout. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 263: 647–651.
- Jönsson E, Johnsson JI, Björnsson BT. 1998. Growth hormone increases aggressive behavior in juvenile rainbow trout. *Hormones and Behaviour* 33: 9–15.
- Jørgensen KM, Solberg MF, Besnier F, Thorsen A, Fjellidal PG, Skaala O, Malde K, Glover KA. 2018. Judging a salmon by its spots: environmental variation is the primary determinant of spot patterns in *Salmo salar*. *Bmc Ecology* 18.
- Kanstad-Hanssen Ø, Bjørnbet S, Lamberg A. 2018. Overvåking av elver og uttak av rømt oppdrettslaks – tiltak etter rømming fra Rauma stamfisk AS i 2017. Rapport nr. 2018-01. 11 s.
- Kanstad-Hanssen Ø, Gjertsen V, Bentsen V, Jamtfall E. 2021. Uttak av rømt oppdrettslaks i 18 elver – et oppdrag for OURO i 2020. Rapport nr. 2021-03. 23 s.
- Kanstad-Hanssen Ø, Gjertsen V, Bentsen V, Lamberg A. 2020. Uttak av rømt oppdrettslaks i 17 elver – et oppdrag for OURO i 2019. Rapport nr. 2020-04. 23 s.
- Kanstad-Hanssen Ø, Gjertsen V, Lamberg A. 2018. Overvåking av elver og uttak av rømt oppdrettslaks – tiltak etter smoltrømming fra Akvafarm AS i 2016. Rapport nr. 2018-03. 15 s.
- Kanstad-Hanssen Ø, Gjertsen V, Lamberg A. 2019. Uttak av rømt oppdrettslaks i 25 elver – et oppdrag for OURO i 2018. Rapport nr. 2019-02. 29 s.
- Kanstad-Hanssen Ø, Gjertsen V. 2019. Overvåking av elver og uttak av rømt oppdrettslaks – tiltak etter smoltrømming fra Akvafarm AS i 2016 og rømming av fisk av samme årsklasse fra Wilsgård Fiskeoppdrett AS i 2017. Rapport nr. 2019-03. 13 s.
- Kanstad-Hanssen Ø, Lamberg A. 2018. Uttak av rømt oppdrettslaks i 20 elver – et oppdrag for OURO i 2017. Rapport nr. 2018-04. 31 s.
- Kanstad-Hanssen Ø, Strand R, Bentsen V, Jamtfall E. 2022. Uttak av rømt oppdrettslaks i 13 elver – et oppdrag for OURO i 2021. SNA-rapport 04/2022. 28 s.
- Karlsson S, Moen T, Hindar K. 2010. Contrasting patterns of gene diversity between microsatellites and

mitochondrial SNPs in farm and wild Atlantic salmon. *Conservation Genetics* 11: 571–582.

Karlsson S, Moen T, Lien S, Glover KA, Hindar K. 2011. Generic genetic differences between farmed and wild Atlantic salmon identified from a 7K SNP-chip. *Molecular Ecology Resources* 11: 247–253.

Karlsson S, Diserud OH, Moen T, Hindar K. 2014. A standardized method for quantifying unidirectional genetic introgression. *Ecology and Evolution* 4, 3256–63.

Karlsson S, Diserud O H, Fiske P, Hindar K. 2016. Widespread genetic introgression of escaped farmed Atlantic salmon in wild salmon populations. *Ices Journal of Marine Science*, 73: 2488–2498.

Keyser F, Wringe BF, Jeffery NW, Dempson JB, Duffy S, Bradbury IR. 2018. Predicting the impacts of escaped farmed Atlantic salmon on wild salmon populations. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1–7.

Koljonen M-L, Tähtinen J, Säisä M, Koskiniemi J. 2002. Maintenance of genetic diversity of Atlantic salmon (*Salmo salar*) by captive breeding programmes and the geographic distribution of microsatellite variation. *Aquaculture* 212: 69–9.

Lillehammer, M. 2023. Omfang og effekter av innkryssing av rømt oppdrettslaks i norsk villaks. Kommentar til kapittel 6 i VRL rapport 17, 2022. Nofima rapportserie 5/2023.

Liu YJ, Diserud OH, Hindar K, Skonhøft A. 2013. An ecological-economic model on the effects of interactions between escaped farmed and wild salmon (*Salmo salar*). *Fish and Fisheries* 14, 158–73.

Lura H, Sægvog H. 1991. Documentation of successful spawning of escaped farmed female Atlantic salmon, *Salmo salar*, in Norwegian rivers. *Aquaculture* 98: 151–159.

Lura H, Økland F. 1994. Content of synthetic astaxanthin in escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., ascending Norwegian rivers. *Fisheries Management and Ecology*, 1: 205–216.

Madhun AS, Karlsbakk E, Isachsen CH, Omdal LM, Sørvik AGE, Skaala Ø, Wennevik V, Glover KA. 2015. Potential disease interaction reinforced: Double-virus infected escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., recaptured in a nearby river. *Journal of Fish Diseases* 38: 209–219.

Madhun AS, Harvey A, Skaala O, Wennevik V, Knutar S, Solberg MF, Quintela M, Fjeldheim PT, Meier S,

Glover KA. 2023. Caught in the trap: over half of the farmed Atlantic salmon removed from a wild spawning population in the period 2014-2018 were mature. *Aquaculture Environment Interactions*, 15: 271- 285.

Mahlum S, Skoglund H, Wiers T, Norman ES, Barlaup BT, Wennevik V, Glover KA, Urdal K, Bakke G, Volset KW. 2019. Swimming with the fishes: validating drift diving to identify farmed Atlantic salmon escapees in the wild. *Aquaculture Environment Interactions* 11: 417-427.

Mahlum S, Vollset KW, Barlaup BT, Skoglund H, Velle G. 2020. Salmon on the lam: Drivers of escape farmed fish abundance in rivers. *Journal of Applied Ecology*.

Martin-Smith KM, Armstrong JD, Johnsson JI, Björnsson BT. 2004. Growth hormone increases growth and dominance of wild juvenile Atlantic salmon with affecting space use. *Journal of Fish Biology* 65, Suppl. A: 156–172.

- McGinnity P, Stone C, Taggart JB, Cooke DD, Cotter D, Hynes R, McCamley C, Cross T, Ferguson A. 1997. Genetic impact of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) on native populations: use of DNA profiling to assess freshwater performance of wild, farmed, and hybrid progeny in a natural river environment. *ICES Journal of Marine Science* 54: 998–1008.
- McGinnity P, Prodöhl P, Ferguson A, Hynes R, Ó Maoiléidigh N, Baker N, Cotter D, O’Hea B, Cooke D, Rogan G, Taggart J, Cross T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society, London, Series B*, 270: 2443–2450.
- Mjølnerød IB, Refseth UH, Karlsen E, Balstad T, Jakobsen KS, Hindar K. 1997. Genetic differences between two wild and one farmed population of Atlantic salmon (*Salmo salar*) revealed by three classes of genetic markers. *Hereditas* 127: 239–248.
- Moen T, Baranski M, Sonesson A K, Kjølglum S. 2009. Confirmation and fine-mapping of a major QTL for resistance to infectious pancreatic necrosis in Atlantic salmon (*Salmo salar*): population-level associations between markers and trait. *BMC Genomics* 10: 368.
- Mork J. 1991. One-generation effects of farmed fish immigration on the genetic differentiation of wild Atlantic salmon in Norway. *Aquaculture* 98: 267–276.
- Mork OI, Bjerkeng B, Rye M. 1999. Aggressive interactions in pure and mixed groups of juvenile farmed and hatchery-reared wild Atlantic salmon *Salmo salar* L. in relation to tank substrate. *Aquaculture Research* 30: 571–578.
- Muladal R. 2018. Overvåking og uttak av oppdrettslaks i Troms og Finnmark 2017. Rapport 2-2018. 26 s.
- Muladal R. 2019. Overvåking og uttak av oppdrettslaks i Troms og Finnmark 2018. Rapport 1-2019. 26 s.
- Muladal R, Wiersbinski G, Fagard P. 2020. Overvåking og uttak av oppdrettslaks i Troms og Finnmark 2019. Rapport 2-2020. 31 s.
- Muladal R, Wiersbinski G, Fagard P. 2021. Overvåking og uttak av oppdrettslaks i Troms og Finnmark 2020. Rapport 2-2020. 31 s.
- Muladal R, Wiersbinski G, Fagard P. 2022. Overvåking og uttak av oppdrettslaks i Troms og Finnmark 2021. Rapport 2-2022. 31 s.
- Normandeau E, Hutchings JA, Fraser DJ, Bernatchez L. 2009. Population-specific gene expression responses to hybridization between farm and wild Atlantic salmon. *Evolutionary Applications* 2, 489–503.
- Norris AT, Bradley DG, Cunningham EP. 1999. Microsatellite genetic variation between and within farmed and wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations. *Aquaculture* 180: 247–264.
- Olsen RE, Skilbrei OT. 2010. Feeding preference of recaptured Atlantic salmon *Salmo salar* following simulated escape from fish pens during autumn. *Aquaculture Environment Interactions* 1, 167–74.
- Ozerov M, Vähä J-P, Wennevik V, Svenning M-A, Vasemägi A, Diaz Fernandez R, Unneland L, Haapanen K, Niemelä E, Falkegård M, Prusov S, Lyzhov I, Rysakova K, 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(8): 2159–2169.

- Palm S, Karlsson S, Diserud OH. 2021. Genetic evidence of farmed straying and introgression in Swedish wild salmon populations. *Aquaculture Environment Interactions* 13: 505-513.
- Perriman B, Betntzen P, Wringe BF, Duffy S, Islam SS, Fleming IA, Solberg MF, Bradbury IR. 2022. Morphological consequences of hybridization between farm and wild Atlantic salmon *Salmo salar* under both wild and experimental conditions. *Aquaculture Environment Interactions*. Akseptert for publikasjon, sammendrag publisert.
- Perry WB, Solberg MF, Besnier F, Dyrhovden L, Matre HH, Fjellidal PG, Ayllon F, Creer S, Llewellyn M, Taylors MI, Carvalhol G, Glover KA. 2019. Evolutionary drivers of kype size in Atlantic salmon (*Salmo salar*): domestication, age and genetics. *Royal Society Open Science* 6, 14.
- Perry WB, Solberg MF, Brodie C, Medina AC, Pillay KG, A. E, Harvey AC, Creer S, Llewellyn M, Taylor AC et al: Disentangling the effects of sex, life history and genetic background in Atlantic salmon: growth, heart and liver under common garden conditions. *R Soc Open Sci* 2020, 7(200811)
- Perry WB, Kaufmann J, Solberg MF, Brodie C, Medina AMC, Pillay K, Egerton A, Harvey AC, Philips KP, Coughlan J, Egan F, Geralis R, Hutton S, Leseur F, Ryan S, Poole R, Rogan G, Ryder E, Schaal TP, Waters C, Wynne R, Taylor T, Prodohl P, Creer S, Llewellyn, McGinnity P, Carvalho G, Glover KA. 2021. Domestication-induced reduction in eye size revealed in multiple common garden experiments: The case of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Evolutionary Applications* 14(9): 2319-2332.
- Pulg U, Karlsson S, Diserud OH, Postler C, Stranzl S, Espedal EO, Lennox JR. 2021. Laks i sjørrretbekker – villaks eller oppdrettslaks? NORCE LFI rapport 376. Norwegian Research Center, Bergen
- Quintela M, Wennevik V, Sørvik AGE, Skaala Ø, Skilbrei OT, Urdal K, Barloup BT, Glover KA. 2016. Siblingship tests connect two seemingly independent farmed Atlantic salmon escape events together. *Aquaculture Environment Interactions* 8: 497–509.
- Reed TE, Prodohl P, Hynes R, Cross T, Ferguson A, McGinnity P. 2015. Quantifying heritable variation in fitness-related traits of wild, farmed and hybrid Atlantic salmon families in a wild river environment. *Heredity* 115, 173–84.
- Rengmark AH, Slettan A, Skaala O, Lie O, Lingaas F. 2006. Genetic variability in wild and farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) strains estimated by SNP and microsatellites. *Aquaculture*, 253: 229–237.
- Roberge C, Einum S, Guderley H, Bernatchez L. 2006. Rapid parallel evolutionary changes of gene transcription profiles in farmed Atlantic salmon. *Molecular Ecology* 15: 9–20.
- Roberge C, Normandeau E, Einum S, Guderley H, Bernatchez, L. 2008. Genetic consequences of interbreeding between farmed and wild Atlantic salmon: insights from the transcriptome. *Molecular Ecology* 17: 314–324.
- Robertson G, Reid D, Einum S, Aronsen T, Fleming I, Sundt-Hansen L, Karlsson S, Kvingedal E, Ugedal O, Hindar K. 2019. Can variation in standard metabolic rate explain contextdependent performance of farmed salmon offspring? *Ecology and Evolution* 9, 212–22.
- San Román IC, Bradbury IR, Crowley SE, Duffy SJ, Islam SS, Fleming IA. 2023. Experimental comparison of changes in relative survival and fitness-related traits of wild, farm, and hybrid Atlantic salmon *Salmo salar* in nature. *Aquaculture Environment Interactions*, 15: 323-337.

- Skaala Ø, Høyheim B, Glover KA, Dahle G. 2004. Microsatellite analysis in domesticated and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): allelic diversity and identification of individuals. *Aquaculture* 240: 131–143.
- Skaala Ø, Taggart JB, Gunnes K. 2005. Genetic differences between five major domesticated strains of Atlantic salmon and wild salmon *Journal of Fish Biology* 67: 118–128.
- Skaala Ø, Wennevik V, Glover KA. 2006. Evidence of temporal genetic change in wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L) populations affected by farmed escapees. *ICES J. Marine Science* 63: 1224–1233.
- Skaala Ø, Glover KA, Barlaup BT, Svåsand T, Besnier F, Hansen MM, Borgstrøm, R. 2012. Performance of farmed, hybrid and wild Atlantic salmon families in a natural river environment. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1994–2006.
- Skaala Ø, Glover KA, Barlaup B, Borgstrøm R. 2014. Microsatellite DNA used for parentage identification of partly digested Atlantic salmon (*Salmo salar*) juveniles in a natural river environment. *Marine Biology Research* 10: 323–328.
- Skaala Ø, Besnier F, Borgstrom R., Barlaup B., Sorvik A.G., Normann E., Østebø B.I., Hansen M.M., Glover K.A. 2019. An extensive common-garden study with domesticated and wild Atlantic salmon in the wild reveals impact on smolt production and shifts in fitness traits. *Evolutionary Applications* 12, 1001–16.
- Skilbrei OT. 2010. Reduced migratory performance of simulated escaped Atlantic salmon postsmolts during autumn. *Aquaculture Environment Interactions* 1: 117–125.
- Skilbrei OT. 2013. Migratory behaviour and ocean survival of escaped out-of-season smolts of farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture Environment Interactions* 3:213-221.
- Skilbrei OT, Skulstad OF, Hansen T. 2014. The production regime influences the migratory behavior of escaped farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 424–425, 146–150.
- Skilbrei OT, Heino M, Svåsand T. 2015a. Using simulated escape events to assess the annual numbers and destinies of escaped farmed Atlantic salmon of different life stages, from farms sites in Norway. *ICES Journal of Marine Science*, 72: 670–685.
- Skilbrei OT, Normann E, Meier S, Olsen RE. 2015b. Use of fatty acid profiles to monitor the escape history of farmed Atlantic salmon. *Aquaculture Environment Interactions* 7:1-13.
- Skoglund H, Kambestad M, Wiers T, Normann ES, Hellen BA, Lehmann GB, Landro Y, Urdal K. 2018. Utfisking av rømt oppdrettsfisk på oppdrag for OURO i utvalgte vassdrag i Sør-Norge høsten 2017. LFI-rapport nr: 303. 23 s.
- Skoglund H, Kambestad M, Wiers T, Normann ES, Hellen BA, Urdal K. 2019. Utfisking av rømt oppdrettsfisk på oppdrag for OURO i utvalgte vassdrag i Sør-Norge høsten 2018. LFI-rapport nr: 335. 23 s.
- Skoglund H, Kambestad M, Wiers T, Normann ES, Hellen BA, Urdal K. 2020. Utfisking av rømt oppdrettsfisk på oppdrag for OURO i utvalgte vassdrag i Sør-Norge høsten 2019. LFI-rapport nr: 370. 21 s.
- Skoglund H, Wiers T, Normann ES, Furset TT, Hellen BA, Urdal K. 2021. Utfisking av rømt oppdrettsfisk på oppdrag for OURO i utvalgte vassdrag i Sør-Norge høsten 2020. LFI-rapport nr: 404. 21 s.
- Skoglund H, Wiers T, Normann ES, Furset TT, Urdal K. 2022. Utfisking av rømt oppdrettsfisk på oppdrag for OURO i utvalgte vassdrag i Sør-Norge høsten 2021. LFI-rapport nr: 436. 20 s.

- Solberg MF, Kvamme O, Nilsen F, Glover KA. 2012. Effects of environmental stress on mRNA expression levels of seven genes related to oxidative stress and growth in Atlantic salmon *Salmo salar* L. of farmed, hybrid and wild origin. *BMC Research Notes* 5:672.
- Solberg MF, Skaala Ø, Nilsen F, Glover KA. 2013a. Does domestication cause changes in growth reaction norms? A study of farmed, wild and hybrid Atlantic salmon families exposed to environmental stress. *PLoS ONE* 8(1): e54469.
- Solberg MF, Zhang Z, Nilsen F, Glover KA. 2013b. Growth reaction norms of domesticated, wild and hybrid Atlantic salmon families in response to differing social and physical environments. *BMC Evolutionary Biology* 13:234.
- Solberg MF, Zhang Z, Glover KA. 2015. Are farmed salmon more prone to risk than wild salmon? Susceptibility of juvenile farm, hybrid and wild Atlantic salmon *Salmo salar* L. to an artificial predator. *Applied Animal Behaviour Science* 162: 67–80.
- Solberg MF, Dyrhovden L, Matre IH, Glover KA. 2016. Thermal plasticity in farmed, wild and hybrid Atlantic salmon: no indication of domestication-driven divergence in lower thermal tolerance during early development. *BMC Evolutionary Biology* 16:38.
- Solberg MF, Robertsen G, Sundt-Hansen LE, Hindar K, Glover KA. 2020. Domestication leads to increased predation susceptibility. *Scientific Reports* 10: 1929.
- Strand N, Glover KA, Meier KA, Ayllon F, Wennevik V, Madhun AS, Skaala Ø, Hamre K, Fjellidal PG, Hansen T, Niemela E, Knutar S, Fjeldheim PT, Solber MF. 2023. Regional and temporal variation in escape history of Norwegian farmed Atlantic salmon. *Ices Journal of Marine Science*, fsad184.
- Sundt-Hansen L, Huisman J, Skoglund H, Hindar K. 2015. Farmed Atlantic salmon *Salmo salar* L. parr may reduce early survival of wild fish. *Journal of Fish Biology* 86: 1699-1712.
- Sylvester EVA, Wringe BF, Duffy SJ, Hamilton LC, Fleming IA, Bradbury IR. 2018. Migration effort and wild population size influence the prevalence of hybridization between escaped farmed and wild Atlantic salmon. *Aquaculture Environment Interactions* 10, 401–11.
- Sylvester EVA, Wringe BF, Duffy SJ, Hamilton LC, Fleming IA, Castellani M, Bentzen P, Bradbury IR. 2019. Estimating the relative fitness of escaped farmed salmon offspring in the wild and modelling the consequences of invasion for wild populations. *Evolutionary Applications* 12, 705–17.
- Sægvog H, Hindar K, Kålås S, Lura H. 1997. Escaped farmed Atlantic salmon replace the original salmon stock in the River Vosso, western Norway. *ICES Journal of Marine Science* 54: 1166–1172.
- Taleb, NN. 2007. *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*, Penguin Books, Limited. London 366 s.
- Taranger GL, Svåsand T, Bjørn PA, Jansen PA, Heuch PA, Grøntvedt RN, Asplin L. 2012. Forslag til førstegenerasjons målemetode for miljøeffekt (effektindikatorer) med hensyn til genetisk påvirkning fra oppdrettslaks til villaks, og påvirkning av lakselus fra oppdrett på viltlevende laksefisk. *Fisken og havet*, 13-2010, Havforskningsinstituttet; Veterinærinstituttets rapportserie Nr. 7–2012.
- Taranger GL, Karlsen O, Bannister RJ, Glover KA, Husa V, Karlsbakk E, Kvamme BO, Boxaspen KK, Bjørn PA, Finstad B, Madhun AS, Morton HC, Svåsand T. 2015. Risk assessment of the environmental impact of Norwegi-

an Atlantic salmon farming. *Ices Journal of Marine Science* 72, 997–1021.

Thodesen J, Grisdale-Helland B, Helland SJ, Gjerde B. 1999. Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 180:237-246.

Vollset KW, Urdal K, Utne K, Thorstad EB, Sægrov H, Raunsgard A, Skagseth Ø, Lennox RJ, Østborg GM, Ugedal O, Jensen AJ, Bolstad GH, Fiske P. 2022. Ecological regime shift in the Northeast Atlantic Ocean revealed from the unprecedented reduction in marine growth of Atlantic salmon. *Sciences advances* 8:9.

Verspoor E. 1988. Reduced genetic variability in first-generation hatchery populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*). In: Verspoor, E., Stradmeyer, L., Nielsen J.L. (Eds.) *The Atlantic salmon: genetics, conservation and management*. Blackwell Publishing, Oxford. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45: 1686–1690.

Verspoor E. 1997. Genetic diversity among Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) populations. *ICES Journal of Marine Science* 54: 965–973.

Volpe JP, Taylor EB, Rimmer DW, Glickman BW. 2000. Evidence of natural reproduction of aquaculture escaped Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a coastal British Columbia river. *Conservation Biology* 14: 899–903.

Wacker S, Aronsen T, Karlsson S, Ugedal, Diserud OH, Ulvan EM, Hindar K, Næsje T. 2021. Selection against individuals from genetic introgression of escaped farmed salmon in a natural population of Atlantic salmon. *Evolutionary Applications*, 14: 1450-1460.

Wacker S, Bolstad GH, Diserud OH, Hindar K, Karlsson S. 2023. Introgression of non-native mitochondrial haplotypes from farmed to wild Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 80: 1644-1652.

Wargelius A, Leininger S, Skaftnesmo KO, Kleppe L, Andersson E, Taranger GL, Schulz RW, Edvardsen RB. 2016. Dnd knockout ablates germ cells and demonstrates germ cell independent sex differentiation in Atlantic salmon. *Scientific Reports* 6:21284.

Webb JH, McLaren IS, Donaghy MJ, Youngson AF. 1993. Spawning of farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the second year after their escape. *Aquaculture and Fisheries Management* 24: 557–561.

Webb JH, Verspoor E, Aubin-Horth N, Romakkaniemi A, Amiro P. 2007. The Atlantic Salmon. Chapter 2. In: *The Atlantic salmon: genetics, conservation and management*. Verspoor E., Stradmeyer, L. & Nielsen J.L. (Eds). Blackwell Publishing, Oxford, pp. 17–56.

Wennevik V, Quintela M, Skaala Ø, Verspoor E, Prusov S, Glover KA. 2019. Population genetic analysis reveals a geographically limited transition zone between two genetically distinct Atlantic salmon lineages in Norway. *Ecology and Evolution* 9(12):6901-6921.

Wennevik mfl. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2020 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. Rapport fra Havforskningen 2021-27.

Wennevik mfl. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2021 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. Rapport fra Havforskningen 2022-21.

Wennevik mfl. Rømt oppdrettslaks i vassdrag i 2022 - rapport fra det nasjonale overvåkningsprogrammet. Rapport fra Havforskningen 2023-30.

Wringe BF, Jeffery NW, Stanley RRE, Hamilton LC, Anderson EC, Fleming IA, Grant C, Dempson JB, Veinott G, Duffy SJ, Bradbury IR. 2018. Extensive hybridization following a large escape of domesticated Atlantic salmon in the Northwest Atlantic. *Communications Biology* 1.

Zhang Z, Glover KA, Wennevik V, Svåsand T, Sørvik AGE, Fiske P, Karlsson S, Skaala Ø. 2013. Genetic analysis of Atlantic salmon captured in a netting station reveals multiple escapement events from commercial fish farms. *Fish Manage Ecol* 20:42-51.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no