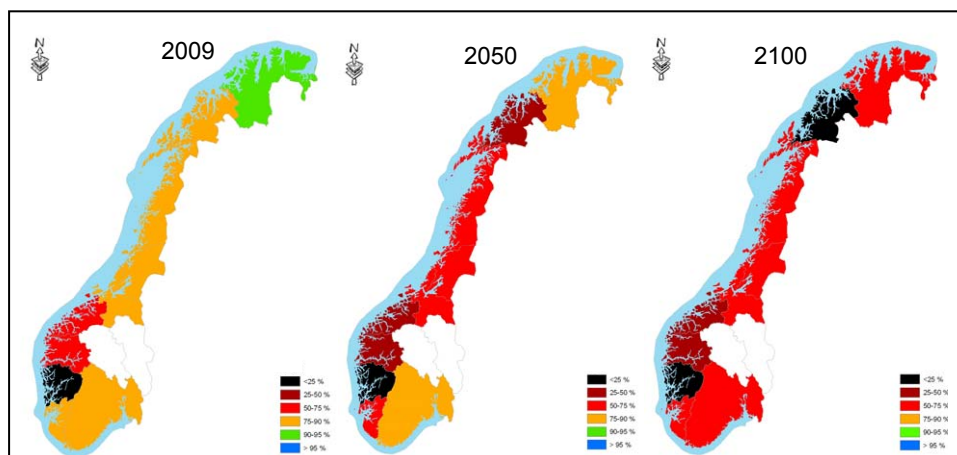


## Regionvis påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander i Norge

Ola H. Diserud  
Peder Fiske  
Kjetil Hindar



## **NINAs publikasjoner**

### **NINA Rapport**

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

### **NINA Temahefte**

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

### **NINA Fakta**

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

### **Annen publisering**

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

**Norsk institutt for naturforskning**

# Regionvis påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander i Norge

Ola H. Diserud  
Peder Fiske  
Kjetil Hindar

Diserud, O.H., Fiske, P. & Hindar, K. 2010 Regionvis påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander i Norge. - NINA Rapport 622. 40 s.

Trondheim, oktober 2010

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2200-6

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV

Torbjørn Forseth

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Kjetil Hindar (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)

Direktoratet for naturforvaltning (DN)

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Heidi Hansen og Raoul Bierach

FORSIDEBILDE

Kartframstilling laget av Frank Hanssen, NINA

NØKKEWORD

laks, akvakultur, fiskeforvaltning, Norge, genstrøm, endring over tid, levedyktighetsanalyse, *Salmo salar*

KEY WORDS

Atlantic salmon, aquaculture, fisheries management, Norway, gene flow, temporal change, population viability analysis, *Salmo salar*.

KONTAKTOPPLYSNINGER

**NINA hovedkontor**

7485 Trondheim  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 73 80 14 01

**NINA Oslo**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 22 60 04 24

**NINA Tromsø**

Polarmiljøsentret  
9296 Tromsø  
Telefon: 77 75 04 00  
Telefaks: 77 75 04 01

**NINA Lillehammer**

Fakkalgården  
2624 Lillehammer  
Telefon: 73 80 14 00  
Telefaks: 61 22 22 15

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

---

## Sammendrag

Diserud, O.H., Fiske, P. & Hindar, K. 2010 Regionvis påvirkning av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander i Norge. – NINA Rapport 622. 40 s.

Vi har laget en kartbasert, regional framstilling av hvordan villaksbestander (*Salmo salar*) er blitt påvirket av rømt oppdrettslaks i løpet av årene 1989-2009. Påvirkningen er beregnet ut fra målte andeler rømt oppdrettslaks i regionen 1989-2009, kunnskap om overlevelse og gytesuksess til oppdrettslaks i naturen, og modellering av utviklingen basert på gjennomsnittsverdier for andelen rømt oppdrettslaks og deres relative suksess i konkurranse med villaks. Modellen beregner hvor stor andel av rekruttene etter hver gyting som har villaksbakgrunn, oppdrettslaksbakgrunn, eller en blanding av de to. Vi har også beregnet trender for påvirkning av villaksbestandene fram til år 2100 for ti ulike regioner i Norge, der modellsimuleringene framskrives i ulike scenarier for prosentvis innslag av rømt oppdrettslaks: enten som observert de siste ti årene, eller som et fast innslag på 0 %, 5 % eller 10 % rømt oppdrettslaks i gytebestanden. Resultatene fra modelleringene viser at det pr 2009 har skjedd store negative endringer i andelen gytefisk med villaksbakgrunn i mange regioner av Norge, spesielt i Hordaland, og at det på lang sikt vil skje store endringer i alle regioner under forutsetning av at rømtlaksandelene i framtiden holder seg på nivå med andelene som er observert de siste ti årene. På lang sikt er det kun ett scenario som éntydig bringer utviklingen i de regionale villaksbestandene i riktig retning, og det er 0 % rømte oppdrettslaks i gytebestanden. For flere regioner haster det med å iverksette dette 0-scenariet.

Ola Diserud, Peder Fiske og Kjetil Hindar, Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim. Email: [ola.diserud@nina.no](mailto:ola.diserud@nina.no); [peder.fiske@nina.no](mailto:peder.fiske@nina.no); [kjetil.hindar@nina.no](mailto:kjetil.hindar@nina.no)

## Abstract

Diserud, O.H., Fiske, P. & Hindar, K. 2010 Regional impact of escaped farm salmon on wild salmon populations in Norway. – NINA Report 622. 40 pp.

This report describes a regional, map-based presentation of changes in wild populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*) caused by escaped, farm salmon during 1989-2009. The maps illustrate the results of model simulations which use as input mean values of estimates of the proportions of escaped farm salmon in the spawning populations and the reproductive success of farm salmon in controlled natural and semi-natural settings. The model predicts the proportions of the recruits after each spawning that have a wild salmon background, a farm salmon background, or a mix of the two. We have also estimated changes in the wild salmon populations in future salmon generations until year 2100, basing the model simulations on different scenarios for the proportions of farm salmon in future spawning populations: either as observed during the last ten years, or as a fixed percentage at 0 %, 5 % or 10 %. The results of our modeling show that by 2009, strong negative changes have occurred in many regions in Norway, and particularly so in the county of Hordaland, and that in the long run, large changes will take place in all regions if proportions of escaped farm salmon stay at the same levels as during the last ten years. Only one scenario, 0 % escaped farm salmon in the spawning populations, results in positive changes in all regions. For several regions it is urgent that this 0-scenario is realised.

Ola H. Diserud, Peder Fiske and Kjetil Hindar, Norwegian Institute for Nature Research (NINA), P.O. Box 5685 Sluppen, N-7485 Trondheim, Norway. Email: [ola.diserud@nina.no](mailto:ola.diserud@nina.no); [peder.fiske@nina.no](mailto:peder.fiske@nina.no); [kjetil.hindar@nina.no](mailto:kjetil.hindar@nina.no)

# Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>4</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>5</b>
<b>Forord</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Metoder</b> .....	<b>8</b>
2.1 <i>Årsprosent</i> pr elv og region .....	8
2.2 <i>Høstprosent</i> pr elv og region .....	9
2.3 Modell .....	9
2.4 Kartframstilling .....	10
<b>3 Resultater</b> .....	<b>12</b>
3.1 Regionvise tidsserier.....	12
3.1.1 Øst-Norge (fra Østfold til og med Vest-Agder).....	12
3.1.2 Andre regioner.....	14
3.1.2.1 Rogaland .....	15
3.1.2.2 Hordaland .....	17
3.1.2.3 Sogn og Fjordane .....	19
3.1.2.4 Møre og Romsdal .....	21
3.1.2.5 Sør-Trøndelag .....	23
3.1.2.6 Nord-Trøndelag .....	25
3.1.2.7 Nordland .....	27
3.1.2.8 Troms.....	29
3.1.2.9 Finnmark.....	31
3.2 Norgeskart over påvirkning av rømt oppdrettslaks .....	33
<b>4 Diskusjon</b> .....	<b>35</b>
<b>5 Referanser</b> .....	<b>38</b>
<b>6 Vedlegg</b> .....	<b>39</b>
Vedlegg 1. Data og parametre.....	39
Vedlegg 2. Norgeskart basert på regionale høstprosent .....	40

## Forord

Denne rapporten er en videreføring av modellbaserte studier av hvordan rømt oppdrettslaks påvirker ville laksebestander. Modelleren bygger på publiserte studier av innslaget av rømt oppdrettslaks i elvene og av den relative suksessen til rømt oppdrettslaks i naturen. I denne rapporten bruker vi modellberegninger til å lage en kartbasert framstilling av påvirkningen av rømt oppdrettslaks på ville laksebestander i Norge.

Rapporten er utarbeidet med støtte fra Direktoratet for naturforvaltning (DN). Vi takker DN for finansiering av arbeidet, og Frank Hanssen og Kari Sivertsen, NINA, for kartframstilling av resultatene og hjelp med layout.

Trondheim, oktober 2010

Kjetil Hindar  
Prosjektleder



# 1 Innledning

Kontrollerte eksperimenter med rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturlige villaksbestander viser en betydelig grad av påvirkning på den ville laksebestanden innenfor de 1-2 laksegenerasjonene som forsøkene varte (McGinnity m.fl. 2003; Fleming m.fl. 2000). Framskrivning av resultater fra disse eksperimentene til mange laksegenerasjoner med modeller viser store endringer i villaksbestandens bakgrunn som følge av rømt oppdrettslaks (Hindar m.fl. 2006). Andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden er den viktigste faktoren i forhold til å forutsi hvor raskt endringene skjer (Hindar & Diserud 2007).

På denne bakgrunn kan man spørre seg hvor stor påvirkning en laksebestand eller en gruppe laksebestander har vært utsatt for – eller også vil bli utsatt for – gitt kunnskap om andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden over tid. Beregninger av andelen rømt oppdrettslaks i ville laksebestander er gjennomført av NINA siden 1989 (Fiske m.fl. 2006; Anon. 2010), og gir en mulighet til å besvare disse spørsmålene.

Målsettingen med denne rapporten er å utvikle en kartbasert illustrasjon av endringene i ville laksebestander som en funksjon av beregnede nivå for innslag av rømt oppdrettslaks i bestandene. Endringene illustreres ved at det for hver årsklasse beregnes hvor stor andel av rekrutteringen som har villaksbakgrunn, hvor stor andel som har oppdrettslaksbakgrunn, og hvor stor andel som har hybrid-bakgrunn (dvs en blanding av villaks og oppdrettslaks). Disse andelene kan beregnes på et hvilket som helst livsstadium – vi har valgt å beregne den for den gytefisken som kommer tilbake til elva etter et helt liv i naturen (Hindar & Diserud 2007), og som ser ville ut selv om de kan ha en eller to oppdrettslaksforeldre. I tillegg kommer gytefisk som har rømt fra oppdrettsanlegg og som skilles fra villfisk på bl.a. skjellkarakterer (Fiske m.fl. 2001).

Den kartbaserte framstillingen av oppdrettspåvirkningen på villaksbestander er gitt i nåtid, basert på andelen rømt oppdrettslaks i ti regioner i årene 1989-2009, og i framtid basert på fire ulike scenarier for hvordan innslaget av rømt oppdrettslaks utvikler seg i laksebestandene i resten av århundret. De fire scenariene er:

- ✓ at innslaget rømt oppdrettslaks i framtiden (2010-2100) er nær den observerte andelen i siste 10-årsperiode,
- ✓ at innslaget rømt oppdrettslaks i framtiden er 0,
- ✓ at innslaget rømt oppdrettslaks i framtiden er på en grenseverdi satt lik 5 %,
- ✓ at innslaget rømt oppdrettslaks i framtiden er på en grenseverdi satt lik 10 %.

Modellsimuleringene av utviklingen i villaksbestander med innslag av rømt oppdrettslaks i gytebestanden er basert på framgangsmåten som er beskrevet av Hindar m.fl. (2006) og i mer detalj av Hindar & Diserud (2007).

I den kartbaserte framstillingen i denne rapporten har vi gjort en grov klassifisering av påvirkning ved å gi ulike farger for ulike, modellberegnete rest-andeler av laks med villaksbakgrunn i hver region. Vi er i gang med å gjøre samme øvelse for enkeltbestander (elver) med mange nok observasjoner til å beskrive en utvikling over perioden 1989-2009.

Parallelt med dette arbeidet er det nødvendig å utvikle kriterier for hvordan villaksbestander som er utsatt for invasjon av rømt oppdrettslaks, kan vurderes i forhold til trusler mot genetisk mangfold, tilpasninger og levedyktighet i villaksbestandene. Forbedringer i modellverktøyet og datagrunnlaget vil bli inkorporert etter hvert som ny kunnskap blir tilgjengelig. En viktig oppgave blir å teste modellsimuleringenes prediksjoner om endret sammensetning av villaksbestandene mot molekylærgenetiske data som kan måle innslag av oppdrettslaks i villaksbestandene. Et slikt molekylærgenetisk metodeverktøy er under utvikling.

## 2 Metoder

Arbeidet bygger på en modell som beregner den genetiske sammensetningen av en vill laksebestand over tid, basert på kunnskap om innslaget av rømt laks i gytebestanden (Hindar m.fl. 2006). Modellen gjør bruk av data fra forsøk som beregner 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres etterkommere i naturen (Fleming m.fl. 2000; McGinnity m.fl. 2003) og er siden utvidet til å vurdere sårbarhet hos ville laksebestander som mottar ulike innslag av rømt oppdrettslaks (Hindar & Diserud 2007).

Innslaget av rømt oppdrettslaks i laksebestandene er beregnet for årene 1989-2009 i et overvåkingsprogram i regi av NINA, der også andre institusjoner deltar (Rådgivende Biologer, Veterinærinstituttet og LFI–UniMiljø). Data fra dette overvåkingsprogrammet er presentert i rapporter og publikasjoner for årene 1989-2004 (Fiske m.fl. 2001; 2006), og i årlige notater deretter (se Anon. 2010). I 2009 sendte vi ut et spørreskjema til fylkesmennenes miljøvernavdelinger for å undersøke om det kunne finnes lokale observasjoner som ikke var registrert i NINAs oversikt. Dette ga noen flere observasjoner. Alt i alt har vi oversikt over 1556 stikkprøver fra norske elver der innslaget av rømt oppdrettslaks er beregnet. Datagrunnlaget vil bli presentert i en egen publikasjon (Fiske m.fl., under utarbeiding).

Vi har beregnet regionvise gjennomsnitt av andelen rømt oppdrettslaks i laksebestandene etter to metoder. Motivasjonen for dette er at det er til dels betydelig variasjon mellom den andelen rømt oppdrettslaks som registreres i elvefisket om sommeren og den andelen som registreres i prøvefisket om høsten. Videre er det variasjon over tid i hvilke elver/årstider som er med i datasettet fra én region. Stikkprøvene fra sommeren dekker flere elver og er basert på undersøkelse av flere fisk enn stikkprøvene fra høsten, men underrepresenterer innslaget av rømt oppdrettslaks i gytebestanden siden rømt oppdrettslaks søker opp i elvene senere enn villaksen (Hansen m.fl. 1987; Hansen 2006; Thorstad m.fl. 2008). Stikkprøvene fra høsten representerer ideelt sett den andelen vi er interessert i (dvs. andelen oppdrettslaks i gytebestanden) men kan også gi usikre beregninger om stikkprøven er liten og dersom vill og rømt laks har ulik sannsynlighet for å bli registrert.

En metode som utnytter informasjon fra både sommerfisket og høstfisket i ett mål, er utarbeidet av Fiske m.fl. (2006). De kalte dette målet for 'incidence' og vi kaller det "årsprosent". En annen metode som kun bruker informasjon fra høstfisket, har vi kalt "høstprosent". De to metodene er presentert i detalj under.

Når vi regner gjennomsnittsverdier pr region, kan man spørre seg hvorvidt det er riktig å veie observasjonene fra hver elv med laksebestandens størrelse, eller også om det er riktig å regne uveide gjennomsnitt. Det kan føres argumenter for begge tilnærminger. Veide gjennomsnitt lar tilstanden i de største laksebestandene telle mest og vi har benyttet dette i beregningene av regional årsprosent. Uveide gjennomsnitt lar hver bestand telle like mye og vi har benyttet en variant av dette når vi regner ut regional høstprosent.

Vi har benyttet samme inndeling av landet som Fiske m.fl. (2006), der fylkene fra Østfold til og med Vest-Agder er slått sammen til én region og hvert fylke fra og med Rogaland til og med Finnmark danner hver sin region.

### 2.1 Årsprosent pr elv og region

For elver og år med observasjoner av villaks og rømt oppdrettslaks både i sommerfisket og høstfisket beregnet Fiske m.fl. (2006) for årene 1989-2004 en 'incidence' som det uveide gjennomsnittet av sommerandelen og høstandelen i elva. I utregningen av 'incidence' ble det brukt en arcsin-kvadratrot-transformasjon av andelen, som er en vanlig brukt transformasjon for å normalisere slike data. Alle observasjoner med færre enn 20 fisk ble ekskludert fra analysen.

Ut fra en sammenlikning av *alle* elver og år med både sommer- og høstprosent utarbeidet Fiske m.fl. (2006) formuler for hvordan én av dem var relatert til 'incidence'. Dette gjorde det mulig å beregne 'incidence' for hver elv og hvert år der én eller begge av sommer- og høstprøvene var tilgjengelige og var basert på 20 eller flere individer. Vi har justert denne metoden litt når vi regner ut "årsprosent" for hver elv, siden vi i formlene for hvordan sommer- og høstprosent forholder seg til årsprosent, har tillatt et skjæringspunkt forskjellig fra 0. I tillegg utnytter vi data til og med 2009, og i alt 447 kombinasjoner av år og elv med både sommerobservasjon og høstobservasjon. "Årsprosent" gir et forsiktig (konservativt) anslag for innslaget av rømt oppdrettslaks i gytebestanden i en elv. I vårt datamateriale er årsprosenten gitt ved:

$$\begin{aligned}\text{Årsprosent} &= 0.116 + 0.888 \times \arcsin(\sqrt{\text{Sommerandel}}) \\ \text{Årsprosent} &= 0.044 + 0.699 \times \arcsin(\sqrt{\text{Høstandel}})\end{aligned}$$

I utregningen av regionvis 'incidence' av rømt oppdrettslaks brukte Fiske m.fl. (2006) et veid gjennomsnitt, der observasjonen fra hver elv ble veid med fangsten i elva det året (fra fangststatistikken på [www.laksedata.no](http://www.laksedata.no)). Vi har benyttet samme vektning av observasjonene i vår utregning av "regionvis årsprosent". Denne måten å beregne gjennomsnitt på for en region, betrakter laksen fra alle elvene i regionen under ett og er derfor dominert av observasjoner i de store laksebestandene i regionen.

I de vassdragene og årene det mangler data på fangst, har vi antatt at fangsten er lik gjennomsnittet av andre års fangster. Hvis en elv ikke har noen fangstregistreringer i den offisielle fangststatistikken, bruker vi summen av antall fisk i sommerprøven og høstprøven som et minimumsanslag for fangst.

## 2.2 Høstprosent pr elv og region

Høstprosenten i en elv er ganske enkelt innslaget av rømt oppdrettslaks i en stikkprøve fra høsten, dvs etter at ordinær fiskesesong er avsluttet.

Regionens høstprosent er utregnet ved å slå sammen alle stikkprøvene fra en region, og beregne en andel lik summen av alle rømte oppdrettslaks dividert med summen av all laks sjekket. I denne utregningen er også de observasjonene med færre enn 20 individer tatt med, men deres betydning er ikke større enn det prøvestørrelsen tilsier.

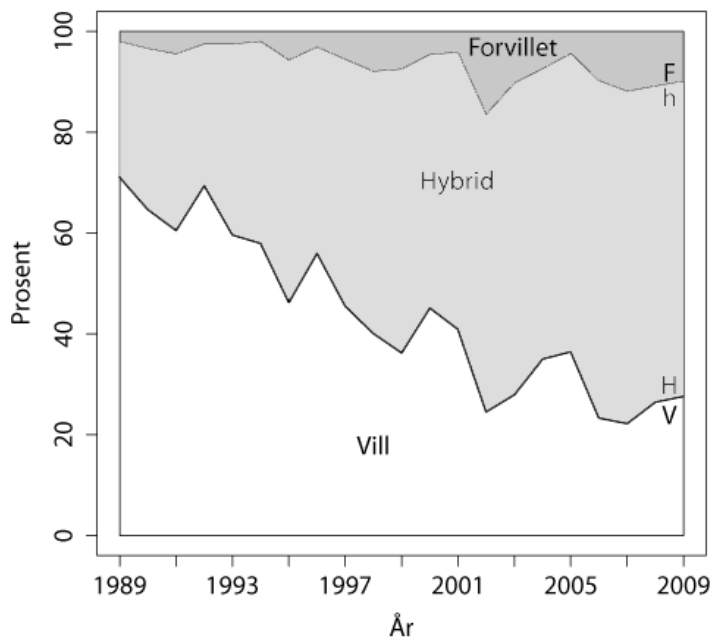
Vi har også gjort alternative utregninger av høstandeler, som for eksempel å lage uveide gjennomsnitt av alle observasjoner basert på 20 eller flere individer (som de uveide gjennomsnittene i Fiske m.fl. 2001). Vår metode og uveide gjennomsnitt skiller seg litt fra hverandre – felles for dem er at de ikke lar laksebestandens størrelse påvirke det regionale gjennomsnittet og derfor kan sies å la hver bestand i utgangspunktet telle like mye.

## 2.3 Modell

Vi har for hver region en tidsserie fra 1989-2009 som er brukt sammen med den grunnleggende ('basic') modellen i Hindar m.fl. (2006), inklusive gyteparrhanner, og med en 4-årig livssyklus. Ut av modellsimuleringene får vi da paneler (illustrert i **Fig. 1**) som viser hvordan andelene 'vill' (hvitt felt), 'hybrid' (lyst grått felt) og 'forvillet oppdrettslaks' (mørkere grått felt) endrer seg over tid i hver region, med start fra gyting høsten 1989 og i nåtid ved gyting høsten 2009. Andelen villaks ved et gitt år (for eksempel 1989) betyr i figuren den andelen av tilsynelatende vill fisk som kommer tilbake til elva etter gytingen det året. Med en 4-årig livssyklus betyr det tilbakevandring i 1993 etter gyting i 1989, mens gytingen i 2009 gir tilbakevandrende fisk i 2013. Blant den tilsynelatende ville fisken er det både individer med to villaks-foreldre ("vill"), individer med én villaks og en oppdrettslaksforelder ("hybrid"), individer med to oppdrettsforeldre ("forvillet oppdrett") og individer med en mer kompleks stamtavle (som tilføres de tre kategoriene et-

ter regler beskrevet i Hindar m.fl. 2006). I tillegg vil det hvert år komme ny, rømt oppdrettslaks til elva.

Modellene er kjørt som for enkeltelver i NINA rapport 244 (Hindar & Diserud 2007, se også **Vedlegg 1**). Modellen er først kjørt kun for perioden 1989 til 2009, og deretter til år 2100 der fire ulike framtidsscenarioer blir simulert ved å trekke tilfeldig en årlig "% rømt oppdrettslaks i gytebestanden" fra tidsserien 2000-2009, eller også ved å regne et konstant årlig innslag av rømt oppdrettslaks på henholdsvis 0, 5 og 10 prosent fra og med gyting 2010. Modellen gir informasjon om hvert år fram til år 2100, slik at vi kan hente ønskede år for å illustrere utviklingen.



**Figur 1.** Panel som viser den beregnede relative sammensetningen av laksebestanden etter gyting i årene 1989-2009. For tilbakevandrende gytefisk fra et gitt gyteår angir feltet under den tykke linja (merket V/H) prosentandelen "vill", avstanden mellom den tykke og den tynne linja (merket h/F) prosentandelen "hybrid", mens avstanden fra den tynne linja (h/F) opp til 100 % angir prosentandelen "forvillet oppdrettslaks". Linjene som skiller henholdsvis vill og hybrid (V/H), og hybrid og forvillet oppdrettslaks (h/F), går igjen i senere figurer.

Vi har også gjort en alternativ simulering for årene 1989-2009, der vi undersøker hvor stor andel av gytebestanden som har en stamtavle med kun villaks. Dette er illustrert med en tidsrekke for utviklingen etter gyting 1989-2009 men er ikke illustrert med noen kartframstilling.

## 2.4 Kartframstilling

Påvirkningsgraden er illustrert ved å velge ulike fargekoder for ulik grad av endring i gytebestandens sammensetning. Vi har brukt en 6-delt fargekode der villaksbestandene i en region har status 'blå' så lenge panelet viser at mer enn 95 % av den tilbakevandrende gytelaksen fra gytingen dette året har villaksavstamming. Videre har vi brukt 'grønn' så lenge panelet viser 90-95 % med villaksavstamming, 'orange' så lenge panelet viser 75-90 % med villaksavstamming, 'rød' så lenge panelet viser 50-75 % med villaksavstamming, 'mørkerød' så lenge panelet viser 25-50 % med villaksavstamming, og 'svart' når panelet viser mindre enn 25 % med villaksavstamming. Med denne fargekoden har vi (1) fargelagt regionene pr 2009 (for laksen

som vender tilbake etter gyting 2009), og (2) framskrevet trendene innen hver region til år 2050 og 2100 for å illustrere hvor lang tid det tar før status skifter til en ny kategori. Dette vil gi en indikasjon om hvor sårbare de regionale laksebestandene er, gitt en framtidig utvikling som tar utgangspunkt i og framskriver de publiserte resultatene som vi bygger på.

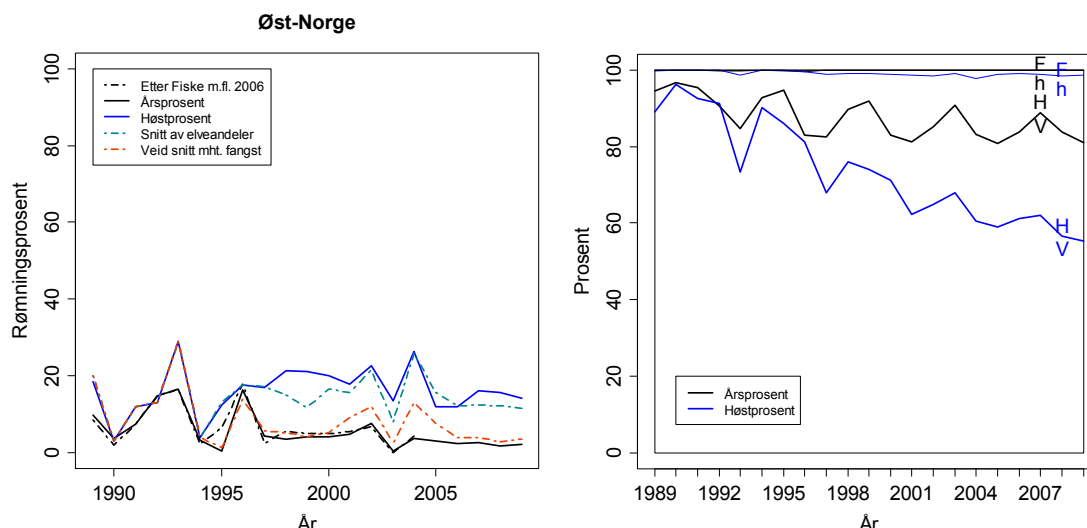
## 3 Resultater

### 3.1 Regionvise tidsserier

#### 3.1.1 Øst-Norge (fra Østfold til og med Vest-Agder)

I regionen Øst-Norge (dvs de lakseførende elvene i fylkene fra svenskegrensen til og med Agder) er det observert forholdsvis høye andeler rømt oppdrettslaks i enkeltår (15-20 %), og under 10 % innslag i resten av tidsperioden 1989-2009 (**Fig. 2**; venstre panel, svart linje). Disse andelene (regional årsprosent) er veide gjennomsnitt og er basert på observasjoner i fra 1 til 9 elver i regionen hvert år. De regionale høstprosentene ligger nær 20 % i mange av årene (**Fig. 2**; venstre panel, mørkeblå linje) og er basert på observasjoner i 1 til 10 elver hvert år. Andre måter å beregne regionale gjennomsnitt på er vist i figuren, men er ikke behandlet videre i simuleringene av trender ("Snitt av elveandeler" er uveide gjennomsnitt av høstprøvene).

Den modellerte andelen laks med vill bakgrunn i Øst-Norge synker ned mot 80 % i løpet av 21-årsperioden 1989-2009 når vi modellerer med regional årsprosent (**Fig. 2**; høyre panel, svart linje) og ned mot 60 % når vi modellerer med høstprosent (blå linje). Resten av gytelaksen har en hybrid-bakgrunn. Kun et fåtall (knappt synlig i figuren) av gytelaksen er rene oppdrettsavkom. I figuren har vi fulgt praksisen fra Hindar m.fl. (2006) med tilbakefordeling til Vill av halvparten av tilbakekrysningene mellom førstegenerasjonshybrider (dvs fisk med en villaks- og en oppdrettslaks-forelder) og villaks, og tilbakeføring av den andre halvparten til Hybrid. Dette betyr at fisk i kategorien Vill ikke utelukkende har villaks i sin stamtavle.

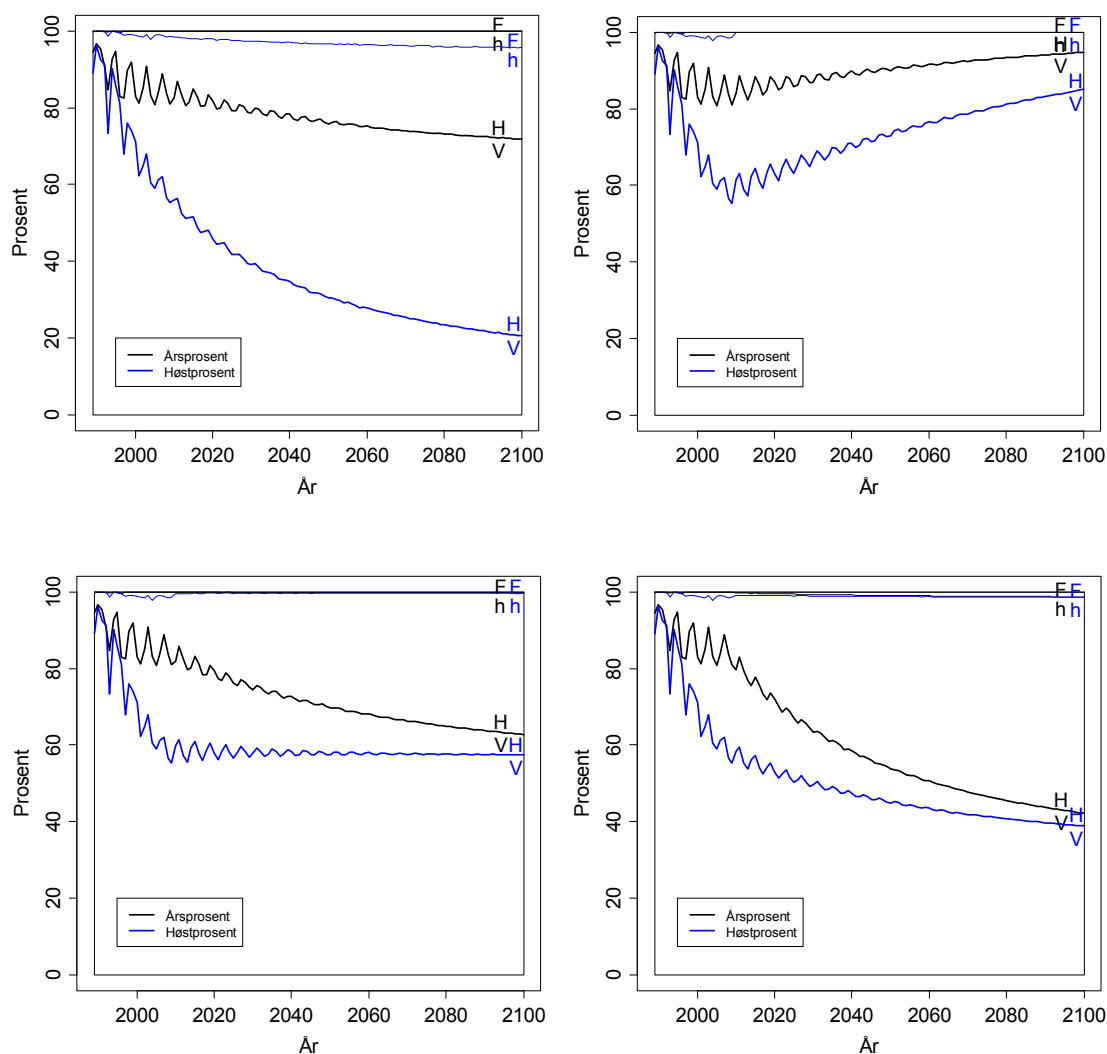


**Figur 2.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i region Øst-Norge i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukken svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for den relative suksessen ('fitness') til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser prosenten villaks i bestanden ved simuleringer med regional årsprosent, mens blå linje merket V/H viser prosenten villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

Framskrivningen av utviklingen i laksebestandene i Øst-Norge til 2100 er gjort etter fire scenarier (**Fig. 3**). I det første scenariet (panelet øverst til venstre) har vi for hvert nytt år trukket tilfeldig en rømningsprosent fra observasjonene i tiårsperioden 2000 til 2009. De blå linjene i figuren angir simuleringer basert på regionale høstprosent for Øst-Norge, mens den svarte linjen angir simuleringer basert på regional årsprosent. I begge simuleringene ser det ut til at det etter en tid oppstår en likevekt mellom immigrasjon av rømt oppdrettslaks og seleksjon mot rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen. Likevekten ser ut til å skje en gang rundt slutten av

dette århundret, men likevekten er vesentlig forskjellig om man baserer prediksjonen på høstprosjenter eller årsprosjenter. For regionale årsprosjenter skjer den ved verdier på rundt 70 % innslag av fisk med villaksbakgrunn, mens den for regionale høstprosjenter skjer ved rundt 20 % fisk med villaksbakgrunn.

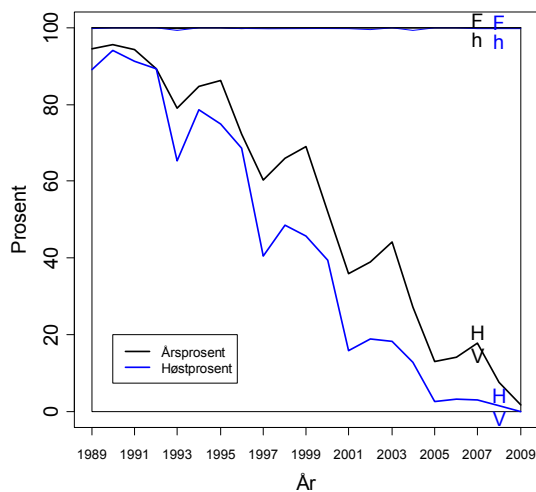
For de tre scenariene med konstante rømtlaksandeler fra og med 2010, konvergerer utviklingen for årsprosjent og høstprosjent (siden de er identiske fra 2010). For 0-scenariet (øvre høyre panel) går andelen villaks sakte oppover og er ved århundreskiftet 80-90 %. For 5%-scenariet (nedre venstre panel) konvergerer de to kurvene nær 60 % villaksandel i 2100 og for 10%-scenariet (nedre høyre panel) konvergerer de nær 40 % villaksandel i 2100.



**Figur 3.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Øst-Norge, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosjent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosjenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosjenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.

For perioden 1989-2009 har vi også beregnet hvor lett det er å finne villaks som utelukkende har vill stamtavle, dvs. at vi ved simuleringene lar all fisk som er tilbakekryssninger tilfalle "hybrid-gruppen" og kun de fiskene som har to ville foreldre, fire ville besteforeldre osv., tilfalle vil-

laksandelen. For Øst-Norge gir denne simuleringen som resultat at det etter gyteår 2009 (dvs laks som kommer tilbake til vassdragene i Øst-Norge om én laksegenerasjon) blir svært vanskelig å finne laks med utelukkende vill stamtavle – dette gjelder uavhengig av om en legger regional årsprosent eller høstprosent til grunn for simuleringene.



**Figur 4.** Utviklingen av villaksbestanden i Øst-Norge i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

### 3.1.2 Andre regioner

Samme øvelse som for Øst-Norge er gjort for hvert av fylkene fra og med Rogaland til og med Finnmark. Ulike måter å regne ut regionale gjennomsnitt på for årene 1989-2009 er vist i den første figurens venstre panel. Disse gjennomsnittene er basert på observasjoner i fra 2 til 19 elver pr fylke pr år for beregning av årsprosent.

I samme figur, høyre panel følger en figur som viser utviklingen over gyteårene 1989-2009 basert på regional årsprosent (gjennomsnitt av sommer- og høstinnslag, vektet med fangsten i elvene der det er gjort observasjoner; svart kurve) eller høstprosent (summen av rømt oppdrettslaks delt på summen av antall observerte fisk; blå kurve).

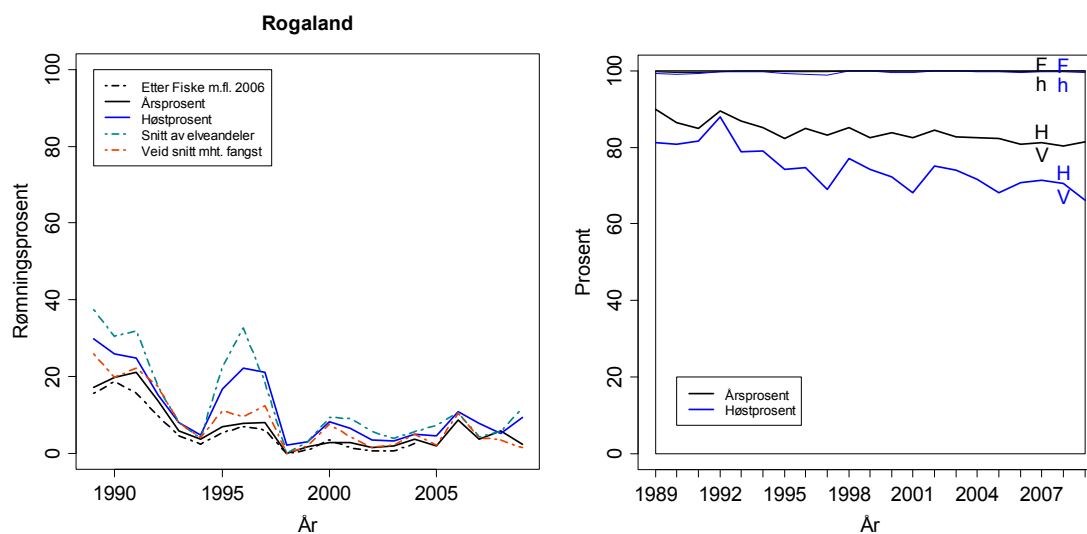
Deretter følger en figur med fire paneler som viser framskriving av utviklingen i regionen i følge de fire framtidsscenariene vi beskriver: innslag av rømt oppdrettslaks som i siste tiårsperiode, med 0-scenariet realisert, eller også med 5%- eller 10%-innslag hvert av årene fra 2010 til 2100.

Siste figur pr fylke viser utviklingen av villaksandelen for perioden 1989-2009 når det legges et strengt kriterium til grunn for hva som er en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle i løpet av denne perioden).

På de følgende sidene er den fylkesvise utviklingen i fylkene fra Rogaland til Finnmark vist uten kommentarer til figurene, med mindre det er spesielle forhold som krever kommentar.



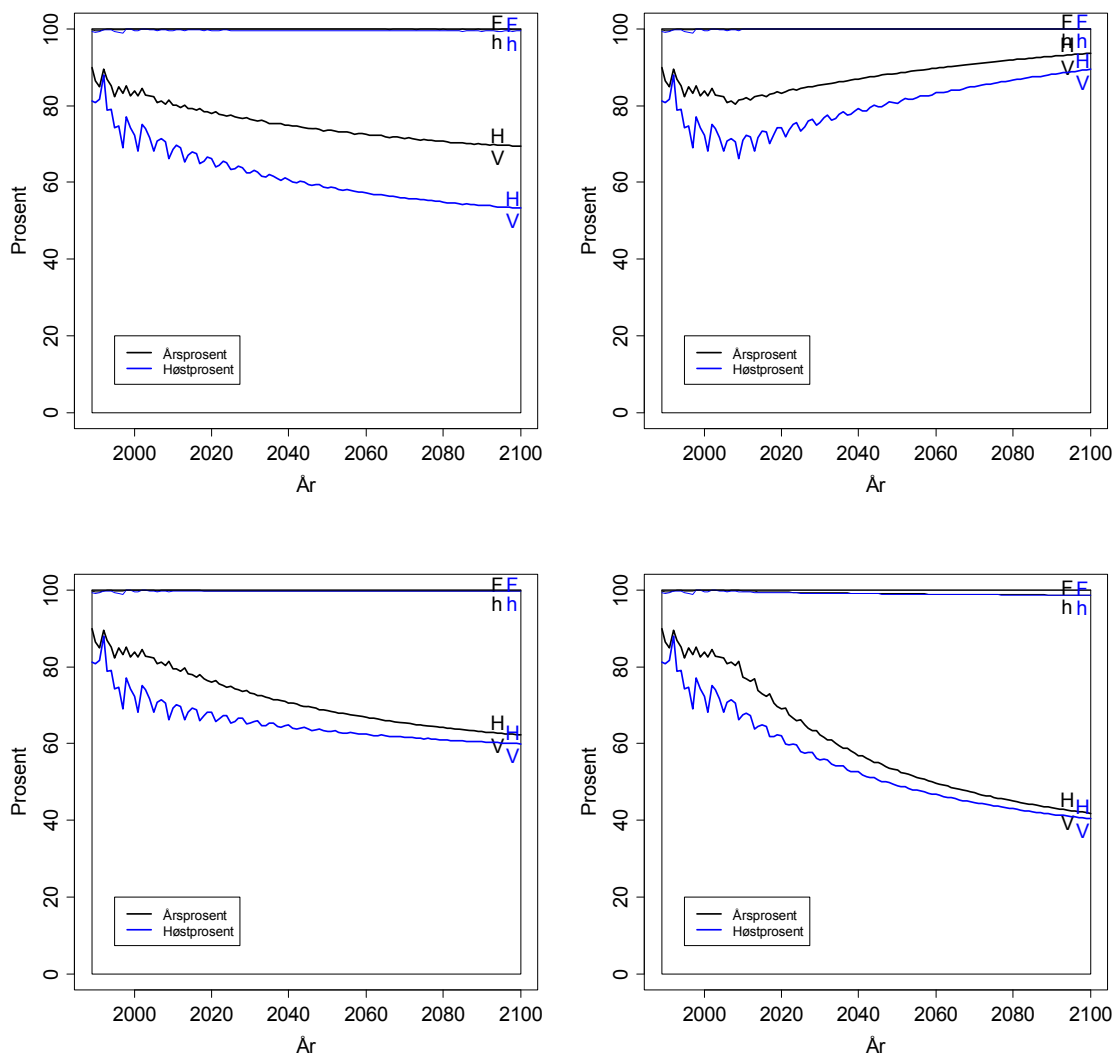
### 3.1.2.1 Rogaland



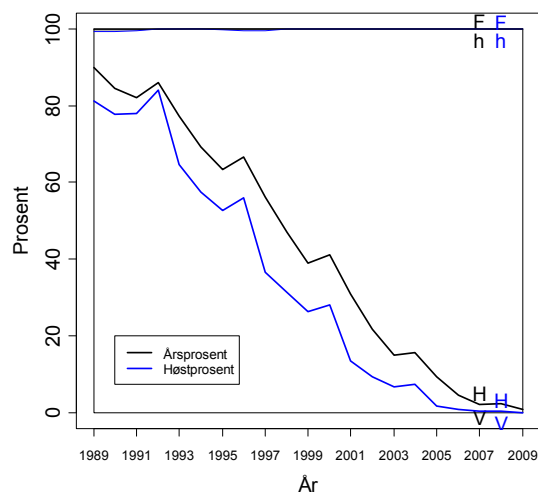
**Figur 5.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Rogaland i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukken svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

*Kommentar:* Utviklingen i Rogaland skiller seg fra den i Øst-Norge ved at det er en tydelig nedgang i prosentvis innslag av rømt oppdrettslaks gjennom første halvdel av tidsperioden 1989-2009 (**Fig. 5**, venstre panel) mens det i Øst-Norge var et jevnere innslag over perioden.

Når vi framskriver denne forskjellen i trend over lang tid (**Fig. 6**, øvre venstre panel) blir denne forskjellen spesielt tydelig for regionale høstprosent, som har vært betydelig lavere i Rogaland enn i Øst-Norge de siste 10 årene (dvs det tidsrommet vi trekker verdier fra når vi framskriver trenden).

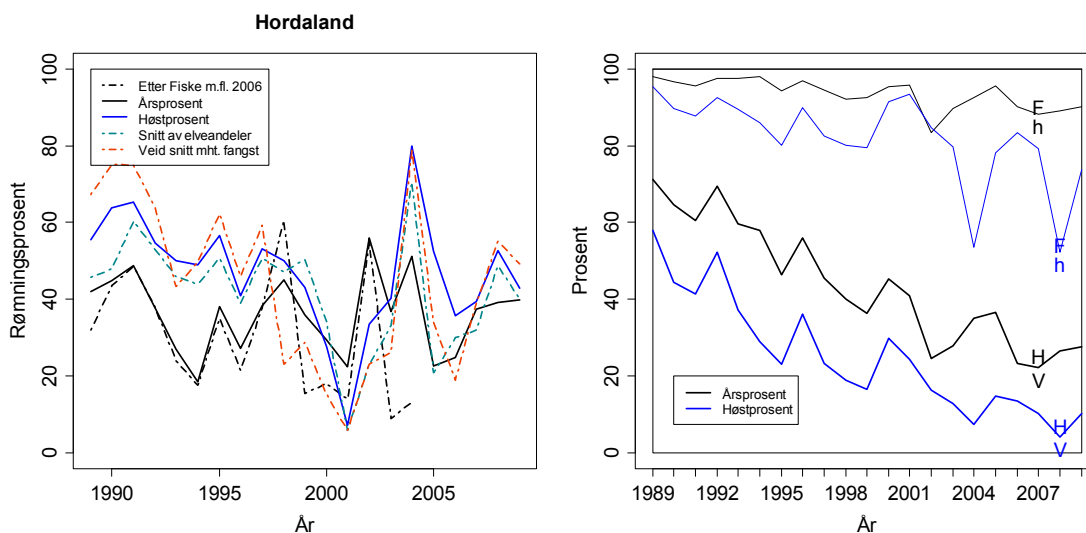


**Figur 6.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Rogaland, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0% (øvre høyre panel), 5% (nedre venstre panel) og 10% (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.



**Figur 7.** Utviklingen av villaksbestanden i Rogaland i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

### 3.1.2.2 Hordaland

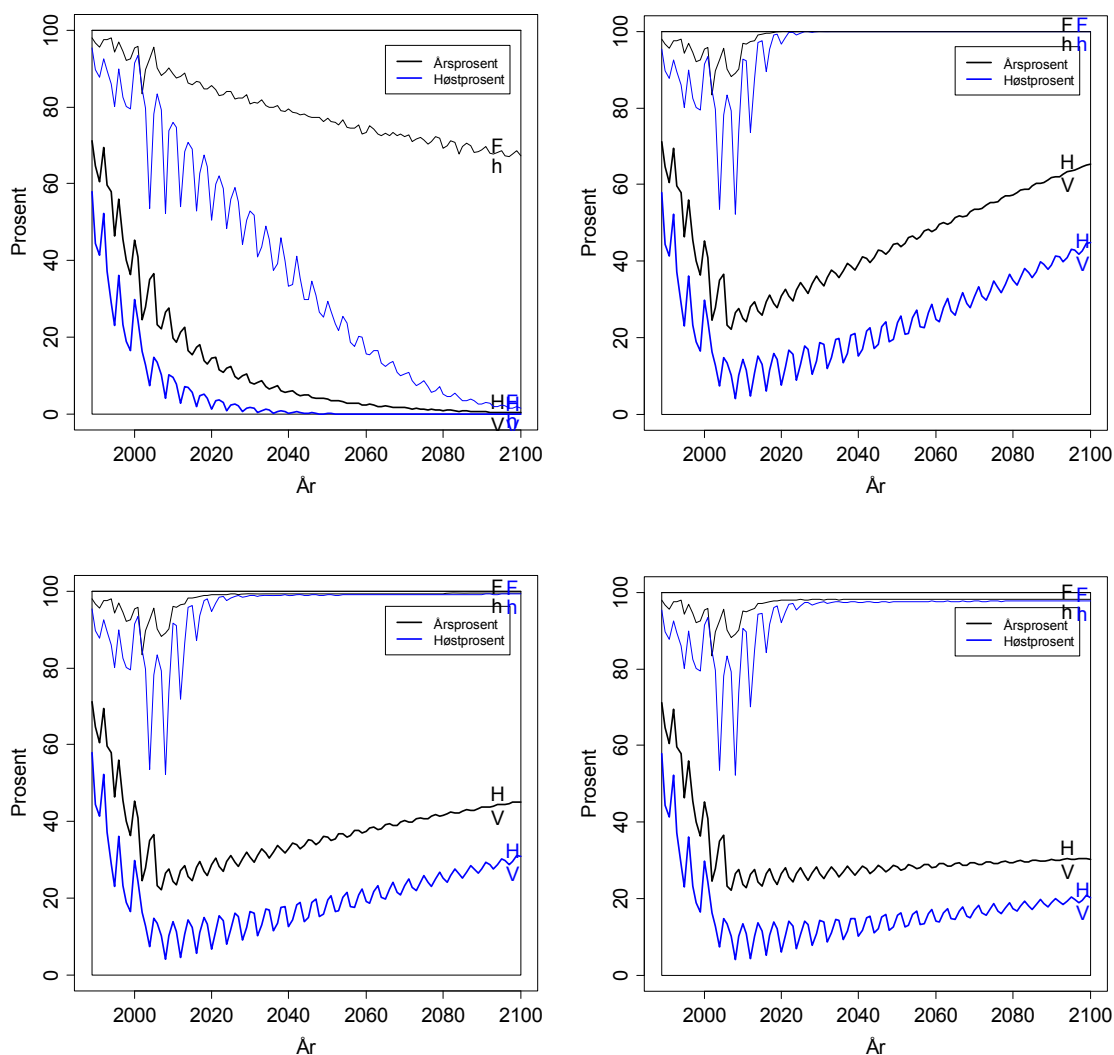


**Figur 8.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Hordaland i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukket svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

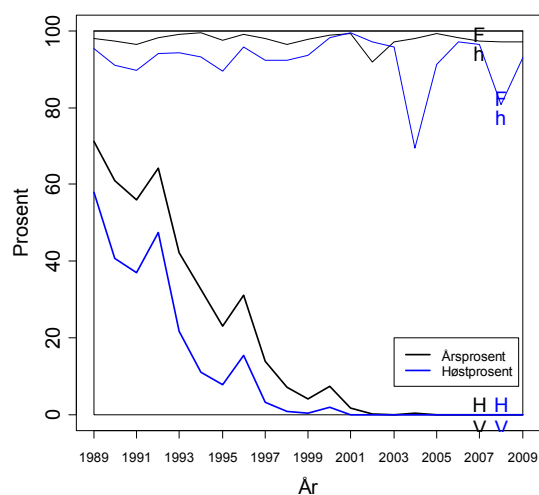
**Kommentar:** Hordaland skiller seg ut fra de andre fylkene ved at modellsimuleringene for perioden 1989-2009 viser en stor andel fisk som er avkom av to oppdrettslaks som har gytt i naturen (dvs. forvillet oppdrettslaks) eller også tilbakekryssninger mellom hybrider og oppdrettslaks (**Fig. 8**). Andelen forvillet oppdrettslaks er illustrert av feltet ovenfor tynt blå linje merket h/F (basert på regionale høstprosenter) eller ovenfor tynt svart linje merket h/F (basert på regionale årsprosenter). Når utviklingen framskrives til år 2100 ved å bruke verdier for rømmingsande-

ler fra årene 2000-2009, antyder simuleringene at forvillet oppdrettslaks er enerådende i simuleringene basert på høstprosent og utgjør nær 30 % av bestanden basert på årsprosenter (**Fig. 9**, øvre venstre panel).

*Kommentar:* For året 2004, da det ble foretatt utfisking av rømt oppdrettslaks i flere elver i Hordaland om høsten (Harald Sægrov, Rådgivende Biologer, pers. medd.), og det er stort sprik mellom sommer- og høstprøvene i noen elver, er årsprosenten justert fra 51 % (ved bruk av kriteriene gitt i metodekapitlet) til 35 % ved å gjøre en totalvurdering av hensikten med fisket og tilstanden i nærliggende elver.

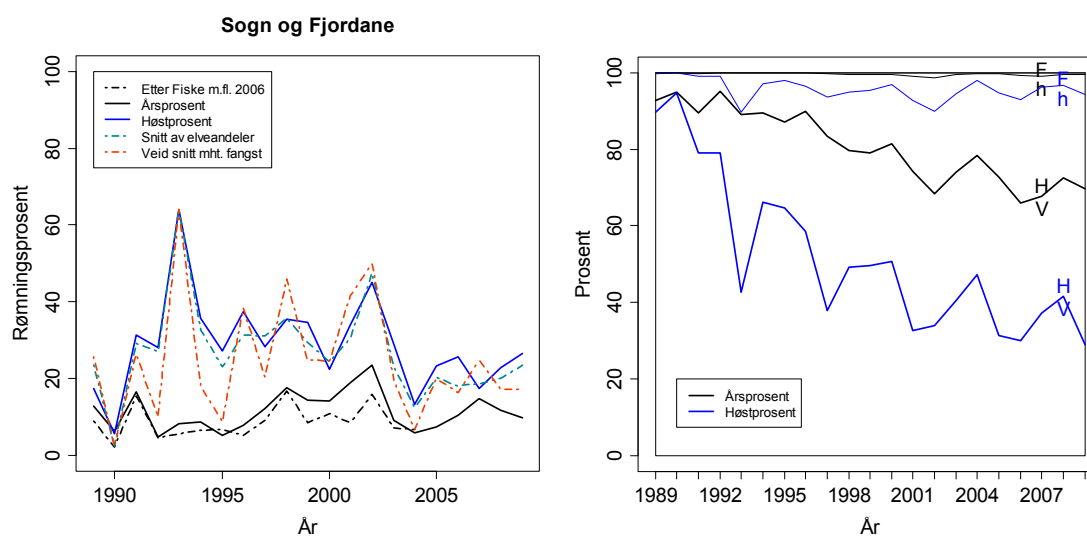


**Figur 9.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Hordaland, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.

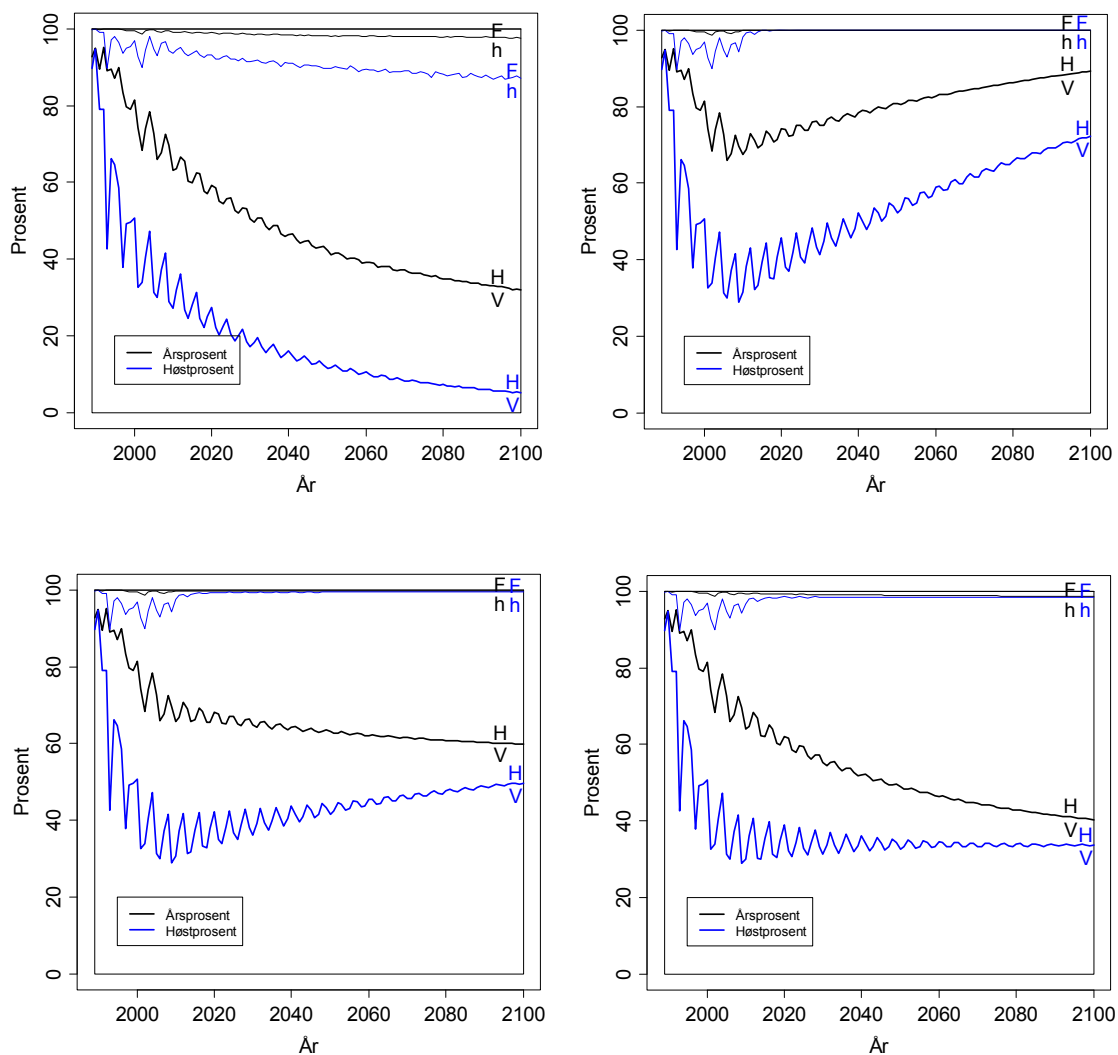


**Figur 10.** Utviklingen av villaksbestanden i Hordaland i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

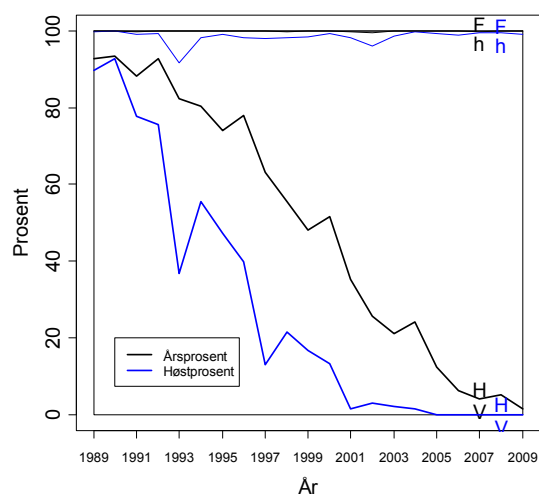
### 3.1.2.3 Sogn og Fjordane



**Figur 11.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Sogn og Fjordane i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukken svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

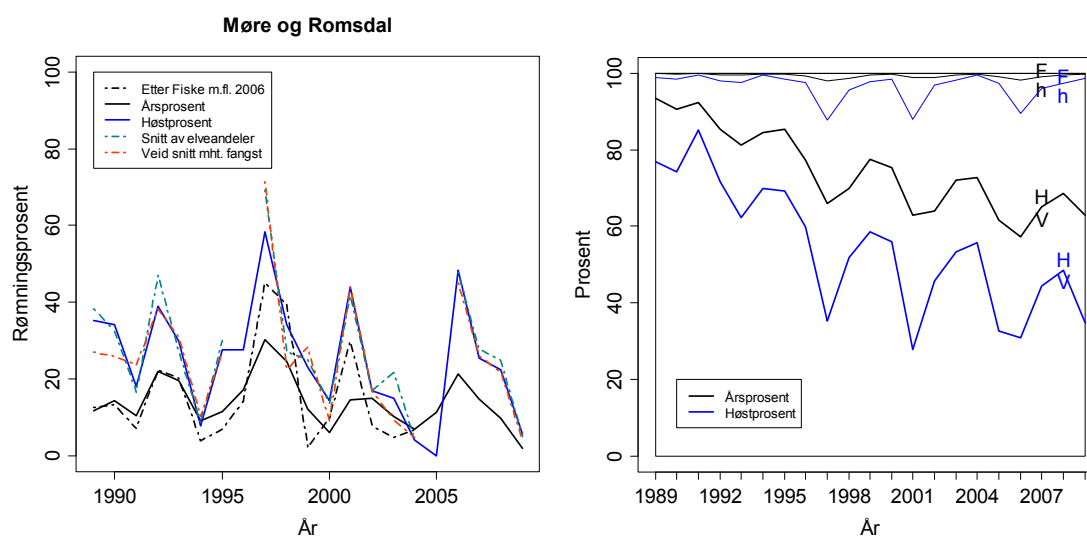


**Figur 12.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Sogn og Fjordane, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosent er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosent er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.



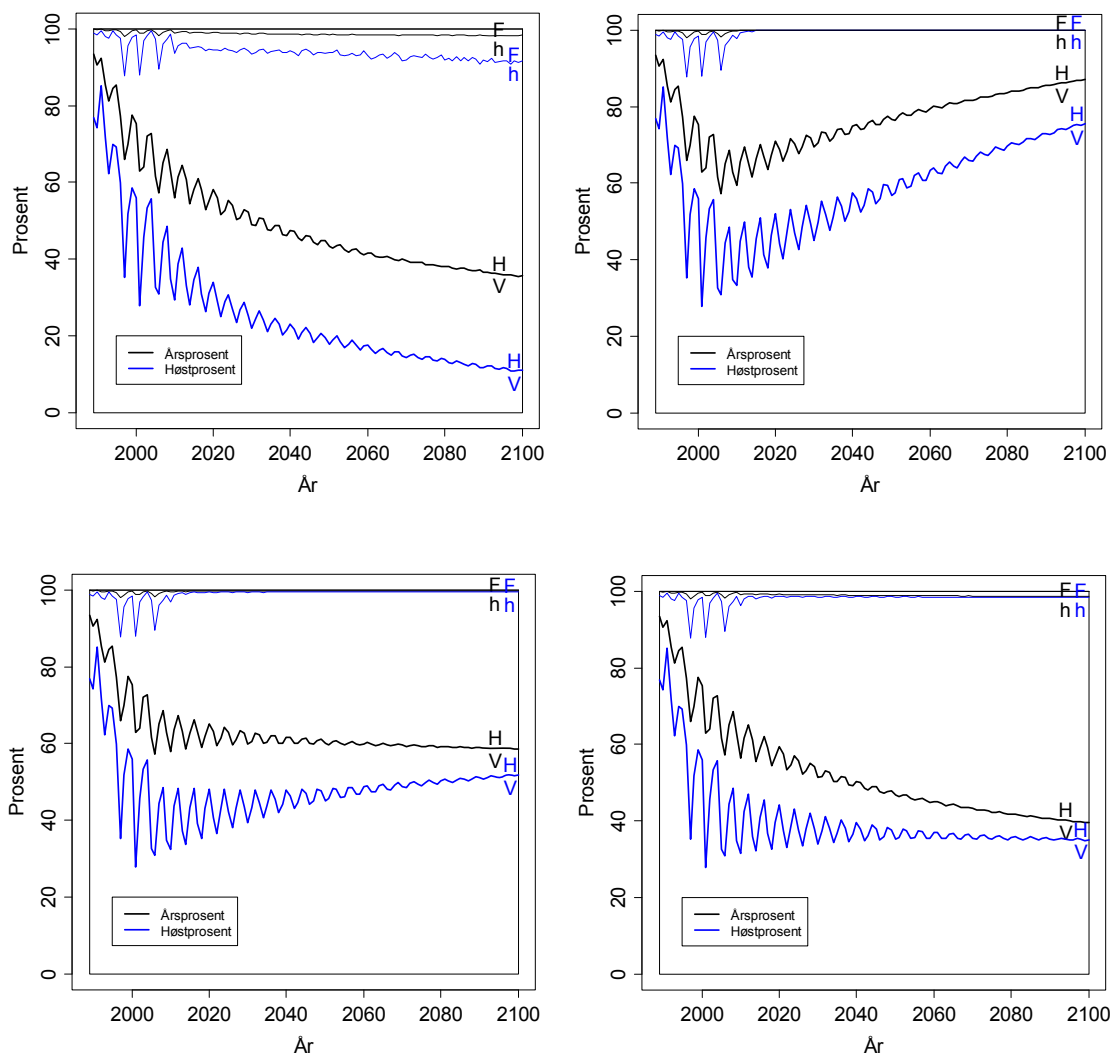
**Figur 13.** Utviklingen av villaksbestanden i Sogn og Fjordane i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

### 3.1.2.4 Møre og Romsdal



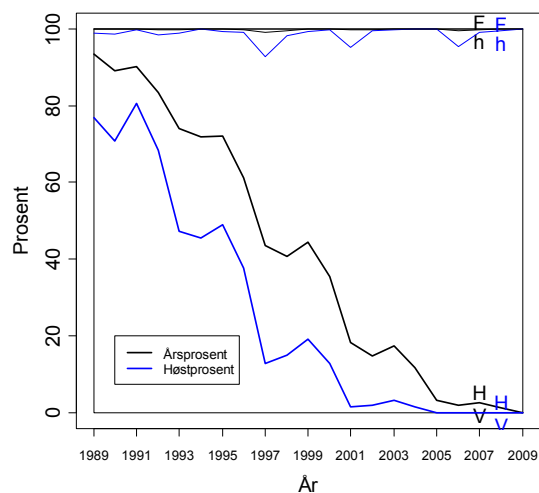
**Figur 14.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Møre og Romsdal i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukket svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

*Kommentar:* Observasjoner av andelen rømt laks i høstfisket fra Oselva, vassdragsnr 105.Z, er tatt ut av beregningene av regionalt gjennomsnitt siden stikkprøven er fra der elva faller i sjøen og neppe er representativ for elva.



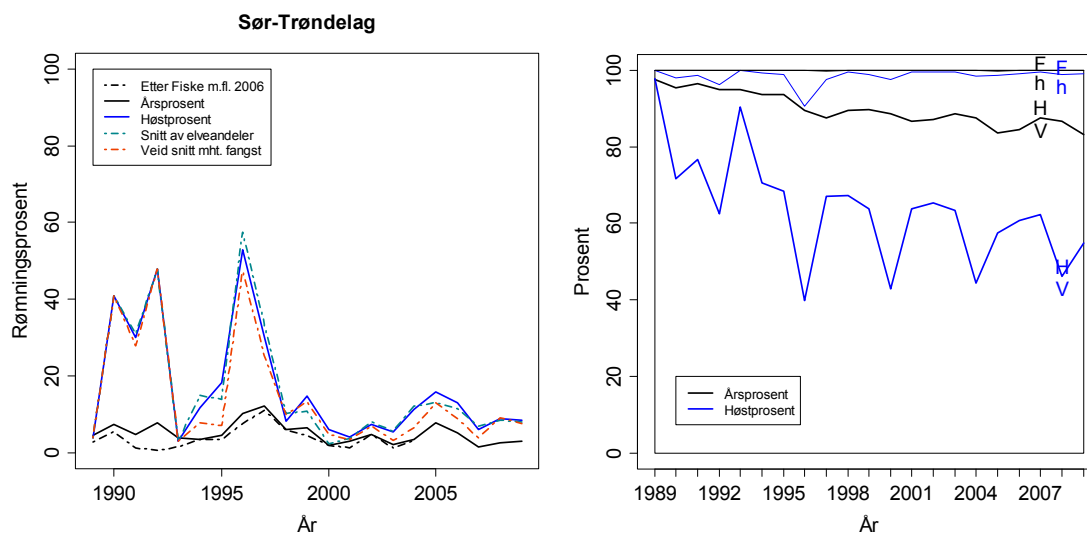
**Figur 15.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Møre og Romsdal, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.



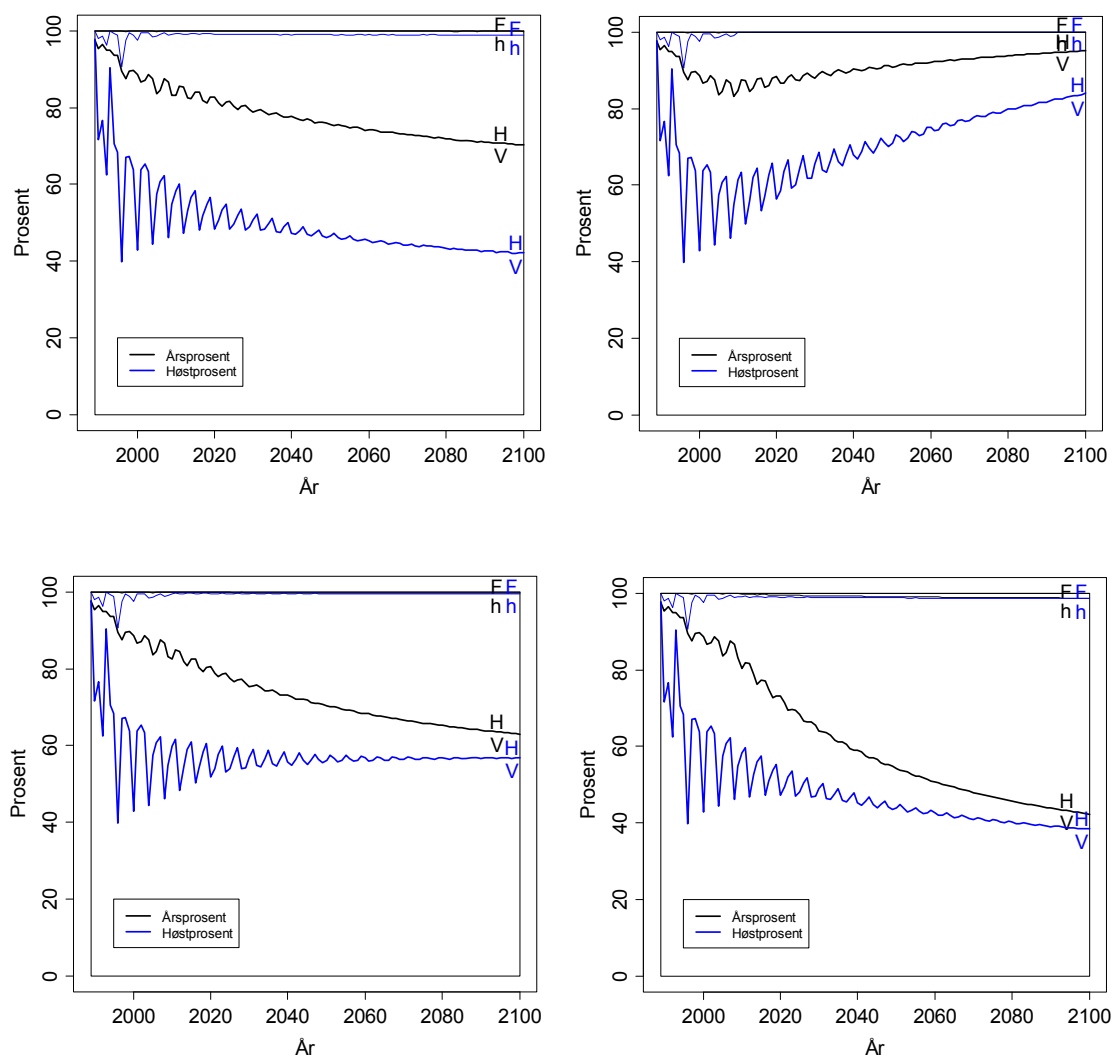


**Figur 16.** Utviklingen av villaksbestanden i Møre og Romsdal i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

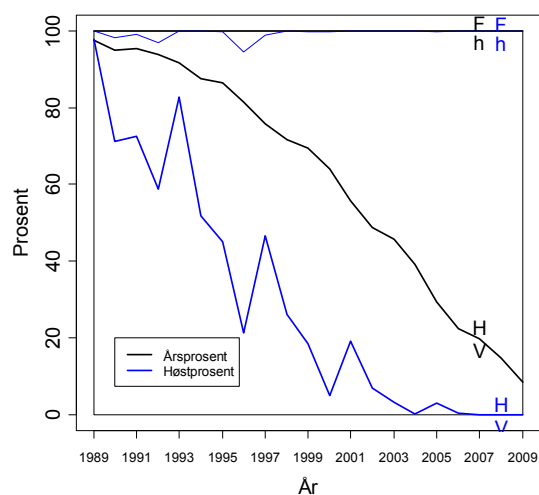
### 3.1.2.5 Sør-Trøndelag



**Figur 17.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Sør-Trøndelag i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukket svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

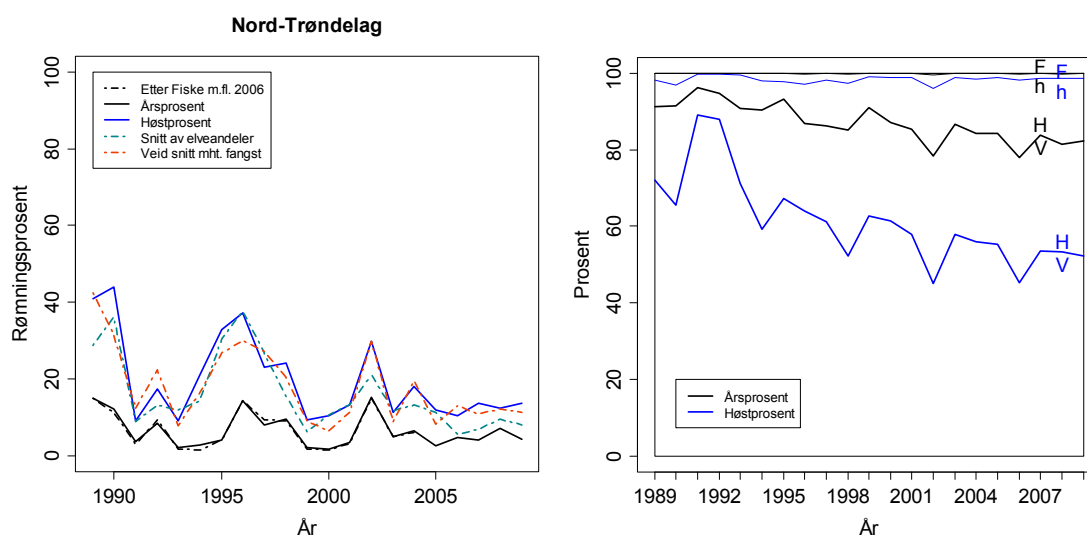


**Figur 18.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Sør-Trøndelag, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.

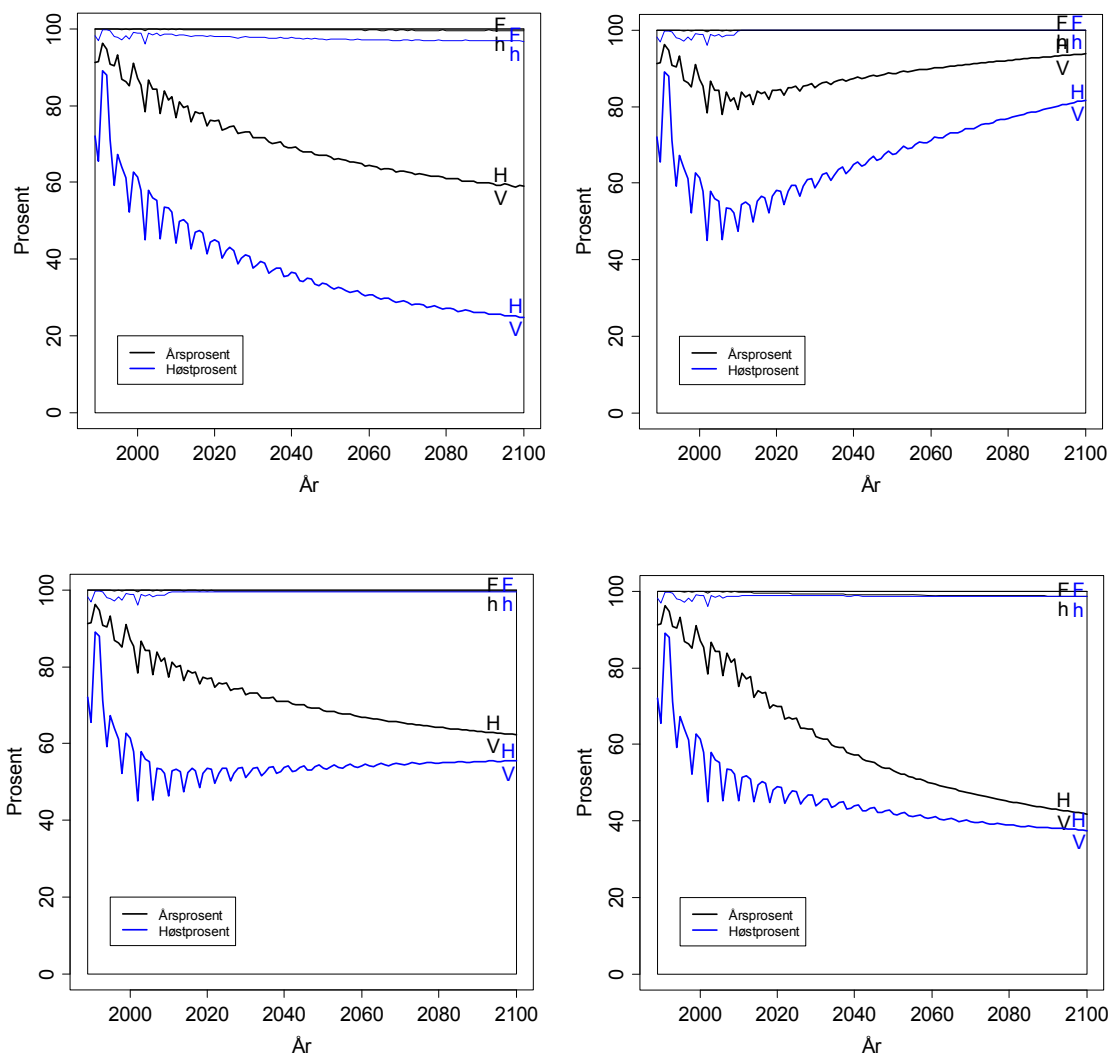


**Figur 19.** Utviklingen av villaksbestanden i Sør-Trøndelag i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

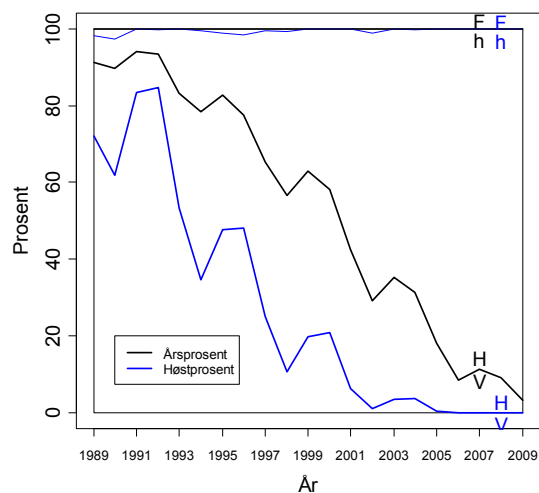
### 3.1.2.6 Nord-Trøndelag



**Figur 20.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Nord-Trøndelag i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukkensvart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

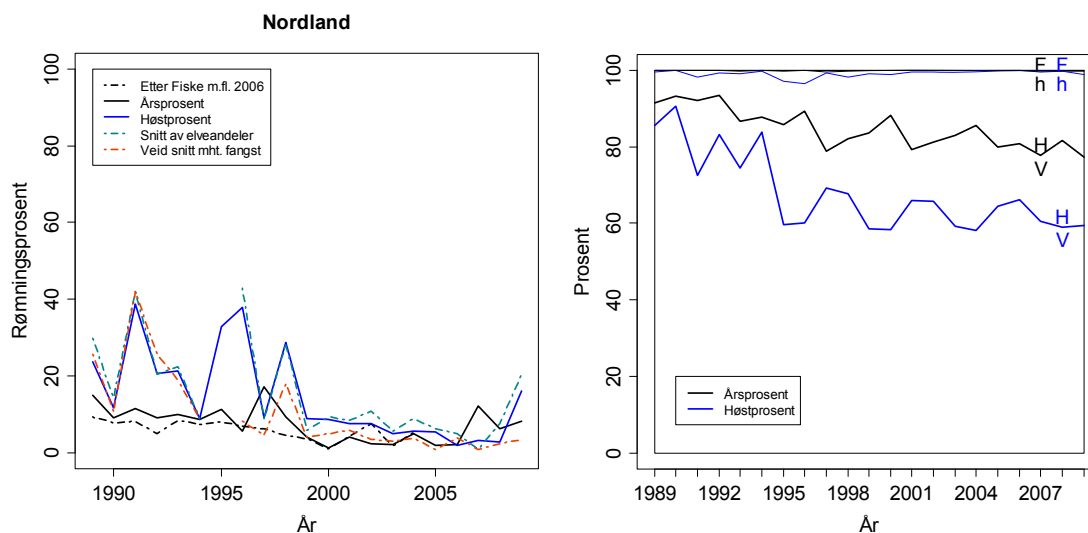


**Figur 21.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Nord-Trøndelag, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.

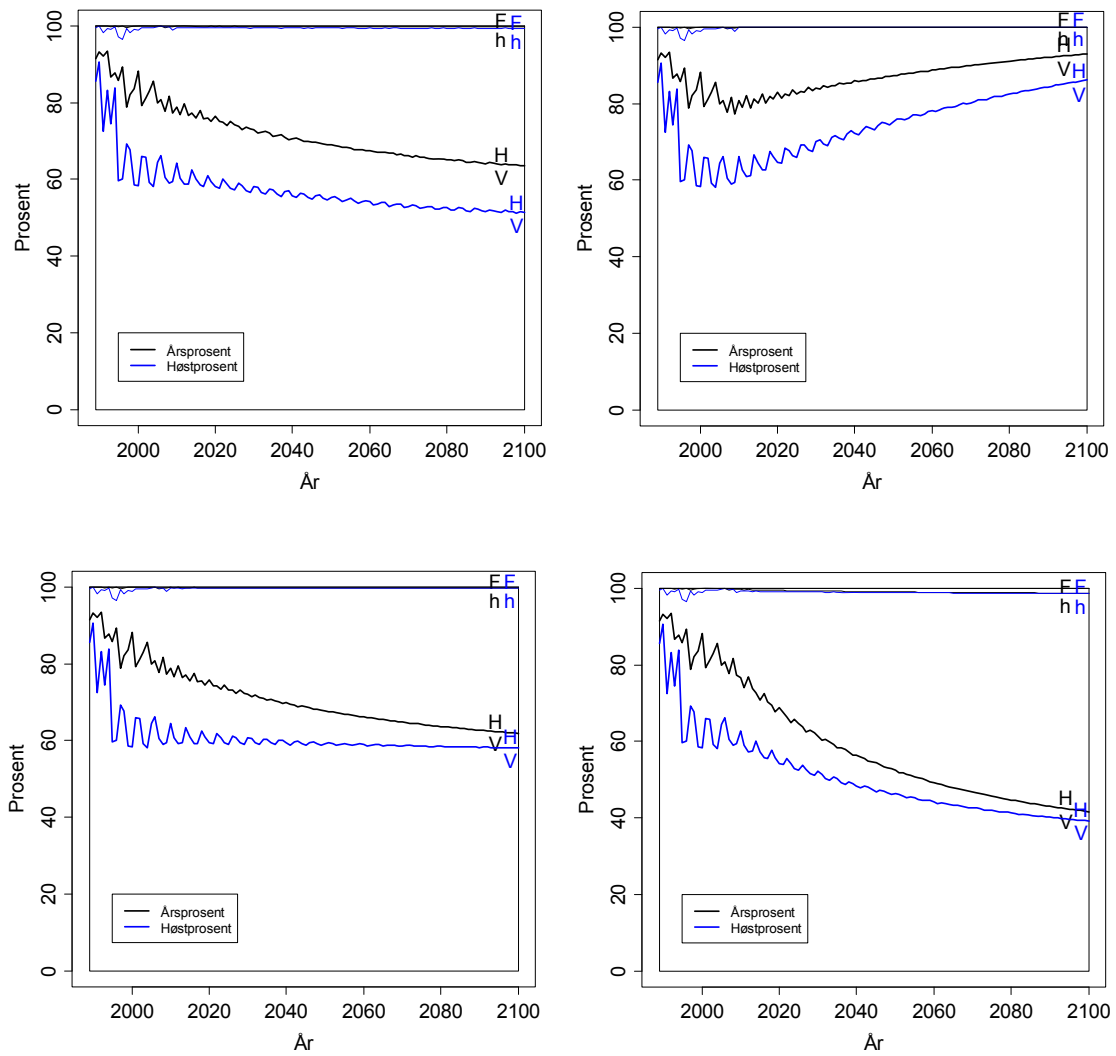


**Figur 22.** Utviklingen av villaksbestanden i Nord-Trøndelag i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

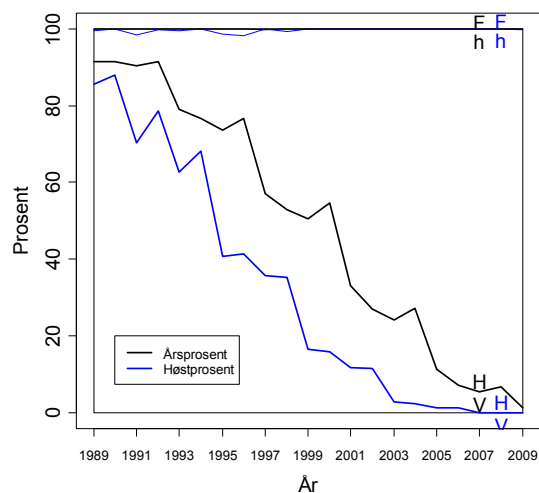
### 3.1.2.7 Nordland



**Figur 23.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Nordland i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukket svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).

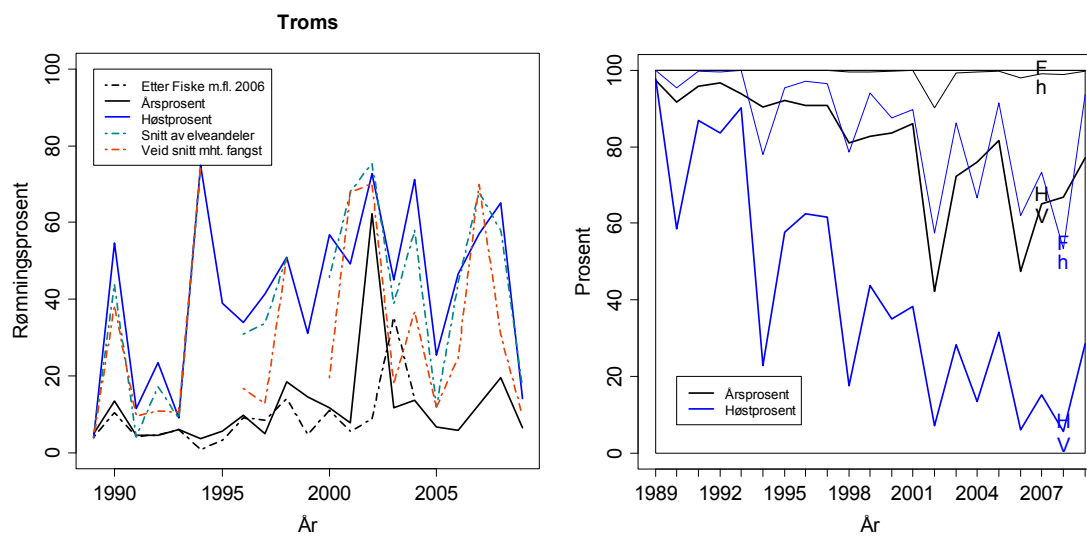


**Figur 24.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Nordland, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.

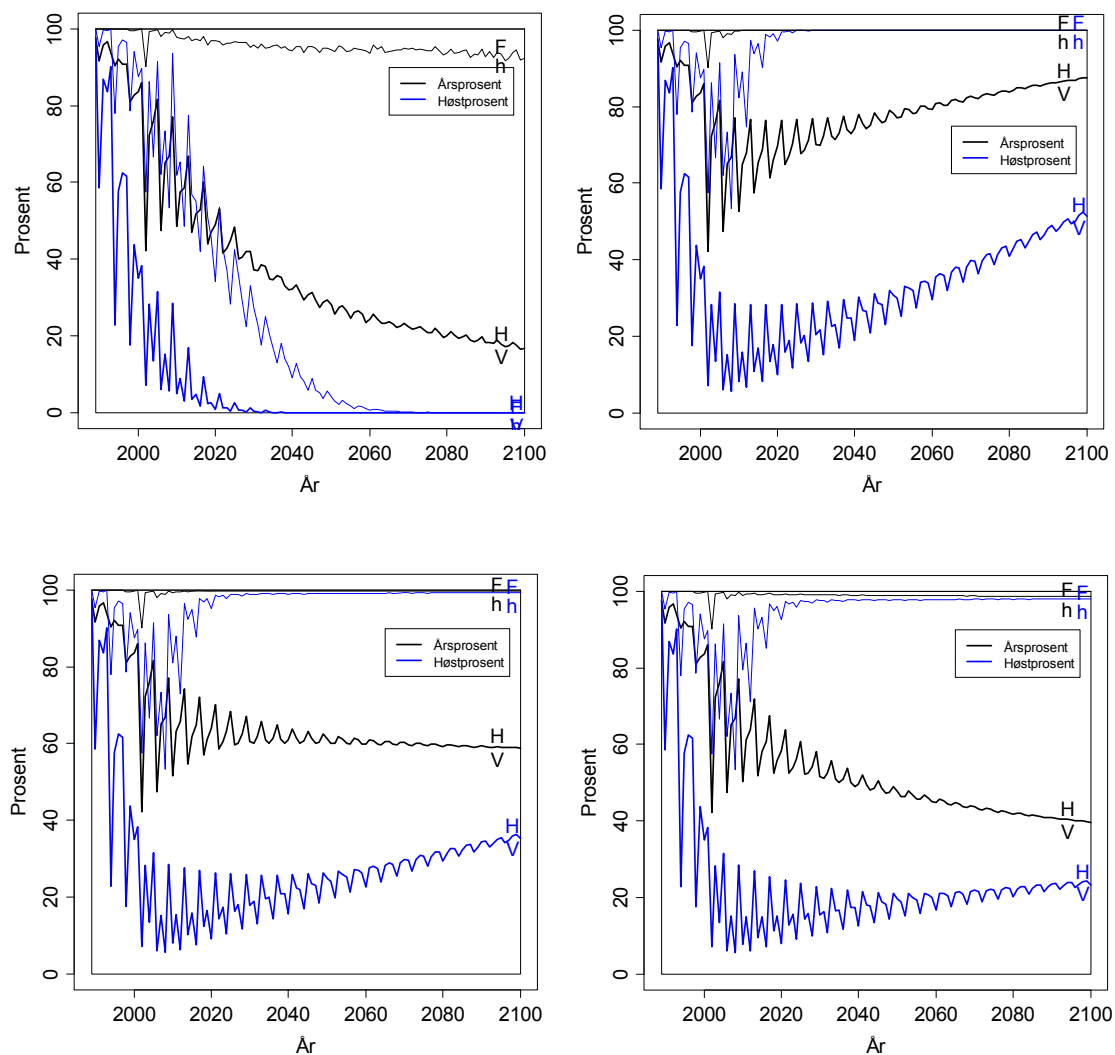


**Figur 25.** Utviklingen av villaksbestanden i Nordland i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

### 3.1.2.8 Troms

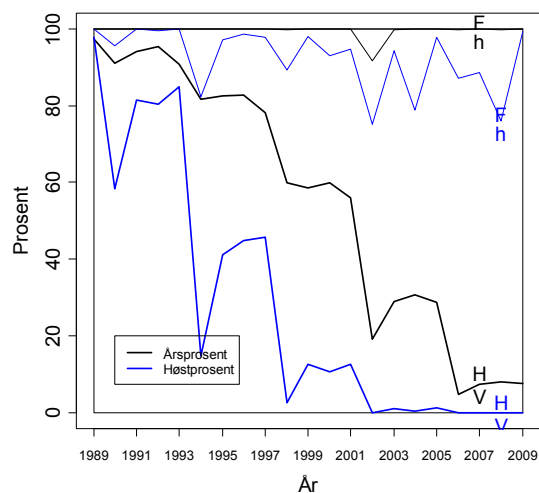


**Figur 26.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Troms i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukket svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).



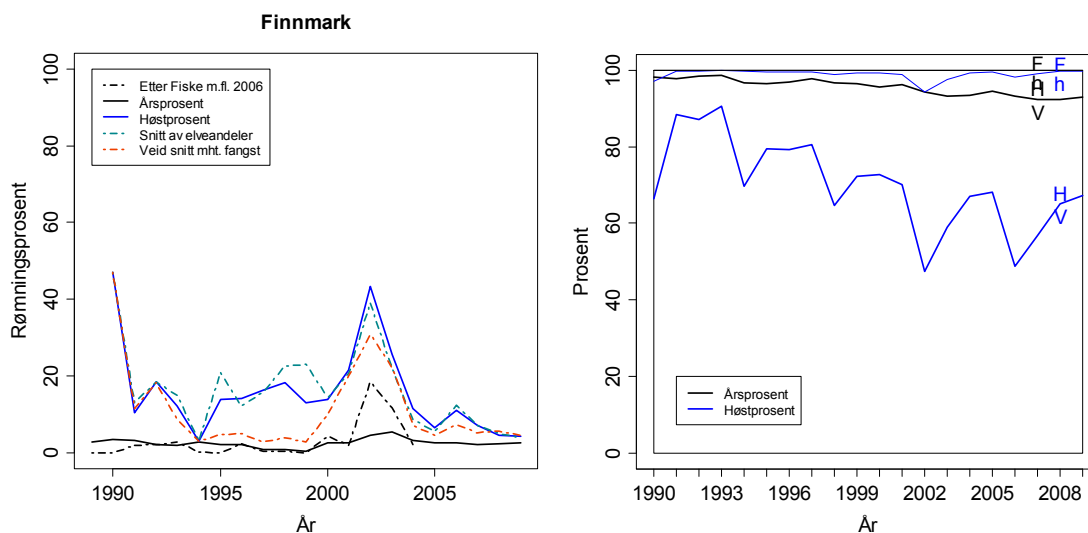
**Figur 27.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Troms, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosent er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosent er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.



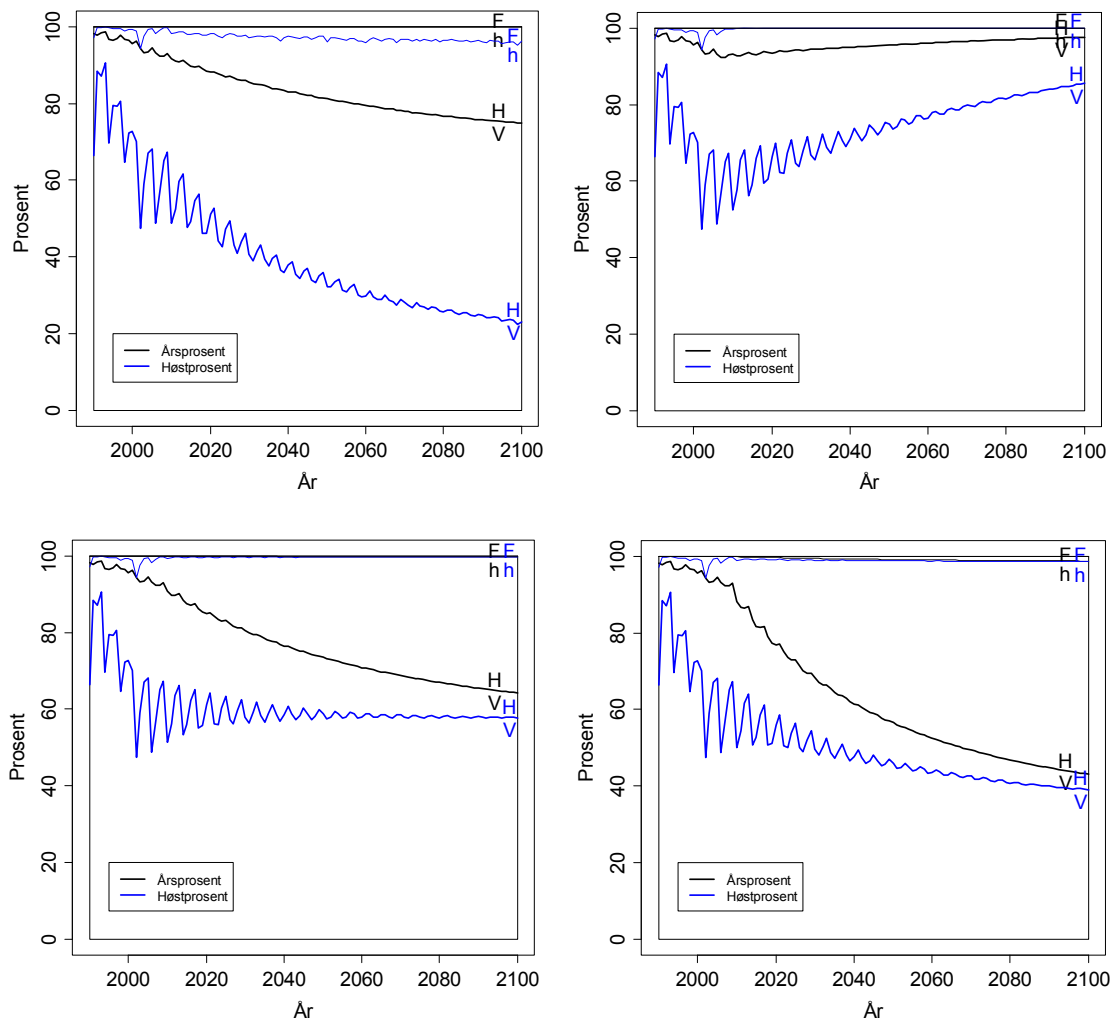


**Figur 28.** Utviklingen av villaksbestanden i Troms i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

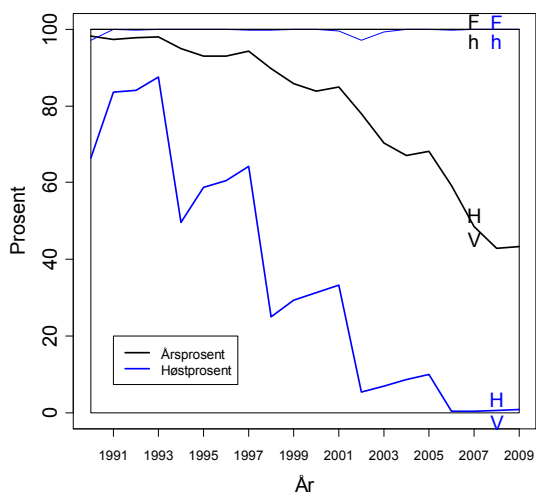
### 3.1.2.9 Finnmark



**Figur 29.** Andel rømt oppdrettslaks i gytebestanden av laks i Finnmark i perioden 1989-2009 (venstre panel; årsprosent er heltrukket svart, høstprosent er mørkeblått), og beregnet sammensetning av gytebestanden som kommer tilbake etter gyting i hvert av de 21 årene gitt gjennomsnittverdiene for 'fitness' til rømt oppdrettslaks og deres avkom i naturen (høyre panel; svart linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional årsprosent, blå linje merket V/H viser andelen villaks ved simuleringer med regional høstprosent).



**Figur 30.** Fire scenarier for trender i sammensetningen av den ville laksebestanden i Finnmark, basert på tilfeldig trekning av rømningsprosent fra observasjonene fra 2000 til 2009 (øvre venstre panel), eller basert på konstante rømtlaksandeler på henholdsvis 0 % (øvre høyre panel), 5 % (nedre venstre panel) og 10 % (nedre høyre panel) fra og med 2010. Simuleringer basert på regionale årsprosenter er vist i svart, mens simuleringer basert på regionale høstprosenter er vist i blått. Feltet under linjene merket V/H angir andelen fisk med villaksbakgrunn som kommer tilbake til vassdragene i regionen etter gyting i årene 1989-2100.

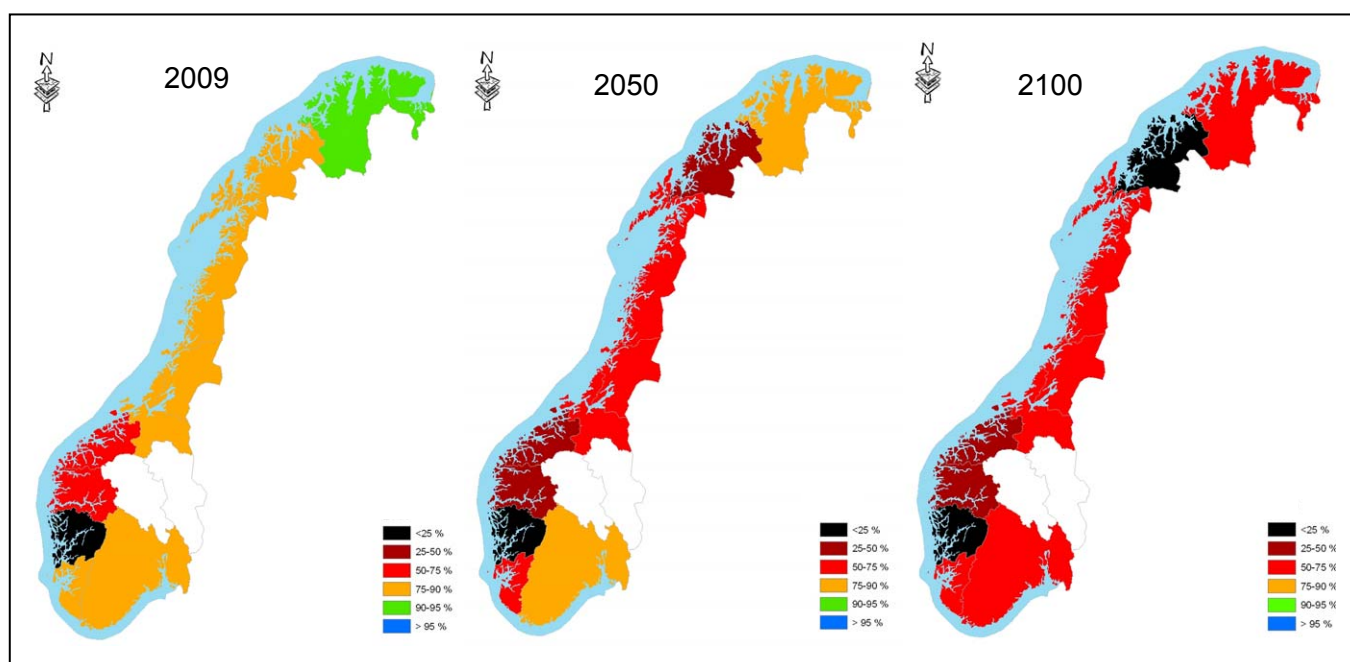


**Figur 31.** Utviklingen av villaksbestanden i Finnmark i 1989-2009 dersom en legger et strengt kriterium til grunn for hva som karakteriserer en villaks (dvs utelukkende vill stamtavle).

## 3.2 Norgeskart over påvirkning av rømt oppdrettslaks

Norgeskartet viser med fargekoder andelen tilbakevandrende gytefisk med villaksbakgrunn i ti regioner av Norge etter gyting i år 2009, 2050 og 2100 (**Fig. 32**). Modellberegningene er gjort med regional årsprosent som anslag for andelen rømt oppdrettslaks i gytebestandene. Dette er et forsiktig anslag for andelen rømt oppdrettslaks i gytebestandene (se metodekapitlet). Der- som vi legger regional høstprosent til grunn som anslag for andelen rømt oppdrettslaks i gyte- bestandene, viser beregningene våre en betydelig mer dramatisk situasjon (**Vedlegg 2**).

Kartene dekker kun det scenariet der observasjoner fra 2000-2009 danner grunnlaget for fram- skrivningen av trender. Trender for de andre scenariene, der faste årlige innslag av rømt opp- drettslaks på 0 %, 5 % eller 10 % legges til grunn, kan leses ved å sammenlikne utviklingen i figurene over.



**Figur 32.** Modellering av den regionvise gytebestanden av laks i Norge etter gyting i 2009, basert på regionale årsprosenter for årene 1989-2009, og framskrivning av trender ved å trekke tilfeldig fra observasjonene i siste tiårsperiode for årene fram til 2050 og 2100. Fargeskalaen angir beregnet %-andel gytefisk med villaksbakgrunn. Fylkene Hedmark og Oppland har ikke anadrome laksebestander (Hedmark hadde i sin tid en ferskvannslaks som vandret opp i Trysil-elva fra Väneren).

Det er stor variasjon mellom regionene i beregnet andel fisk med villaksbakgrunn. Det står etter våre beregninger best til i Finnmark der 93 % av fisken fra gytingen i 2009 har villaksbakgrunn. Hordaland skiller seg ut i negativ retning siden andelen laks med villaksbakgrunn er beregnet til å være 28 % blant fisken som kommer tilbake etter gyting 2009. Møre og Romsdal med 63 % og Sogn of Fjordane med 70 % ligger begge under de andre fylkene som har beregnede verdier på 77-83 % i 2009.

I framtiden, dvs. blant laksen som kom tilbake til elvene etter gyting i 2050 og 2100, viser beregningene store endringer i andelen laks med villaksbakgrunn (**Fig. 32**).

De relative endringene fra 2009 til 2050 er størst i Hordaland og Troms, mens Finnmark, Øst-Norge, Sør-Trøndelag og Rogaland holder seg bedre enn de andre regionene når de regionale årsprosentene legges til grunn (**Fig. 32**). Rogaland er kanskje det fylket der trenden ser best ut, mens Troms har en mer negativ trend enn andre fylker. Dette skyldes blant annet at Rogaland har lavere andeler rømt oppdrettslaks i 2000-2009 (dvs de årene vi henter data fra for framtidsscenariet) enn Troms.

Framskrivningen fra 2050 til 2100 er gjort med samme metode og fortsetter trenden fra de to første kartene. I Hordaland og Troms er den beregnede andelen fisk med villaksbakgrunn på eller nær 0 % etter gyting i år 2100, og også i Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal ligger andelen villaks lavt med beregnede rest-andeler på 35-40 %. I slutten av dette hundreåret er det Finnmark og Øst-Norge som ligger best an, beregnet med utgangspunkt i regionale årsprosentene som anslag for andelen rømt oppdrettslaks i gytebestandene (**Fig. 32**). I disse regionene er den beregnede rest-andelen villaks i underkant av 75 % etter gyting i 2100.

## 4 Diskusjon

Vi har beregnet hvor stor genetisk påvirkning en gruppe laksebestander har vært utsatt for – eller også vil bli utsatt for – gitt kunnskap om andelen rømt oppdrettslaks i gytebestanden over tid. Beregningene er basert på modelleringsstudier som beregner genetisk påvirkning som en funksjon av den rømte oppdrettslaksens gytesuksess og avkommets overlevelse og reproduksjon i naturen (Hindar m.fl. 2006). Data på relativ suksess hos oppdrettslaks i naturen fins fra eksperimenter i semi-naturlige gytebassenger på lms i Rogaland (Fleming m.fl. 1996; 1997) og fra kontrollerte eksperimenter i en irsk elv (McGinnity m.fl. 1997; 2003) og i den norske elven lmsa (Fleming m.fl. 2000).

Resultatene fra modelleringen viser at det pr 2009 har skjedd store endringer i andelen gytefisk med villaksbakgrunn i mange regioner av Norge (spesielt i Hordaland), og at det på lang sikt vil skje store endringer i alle regioner under forutsetning av at rømtlaksandelene i framtiden holder seg på nivå med andelene som er observert de siste ti årene (**Fig. 32**). I kartframstillingen la vi til grunn et forsiktig anslag for andelen rømt oppdrettslaks i gytebestandene i hver region. Vi brukte det vi kaller regional årsprosent, som er et veid gjennomsnitt av observasjonene av rømt oppdrettslaks i elvefisket om sommeren og i høstfisket før gyting. Dette gir for de aller fleste regioner og år et lavere beregnet innslag av rømt oppdrettslaks i regionen enn gjennomsnittsverdiene for rømtlaksandelene om høsten (jf. **Fig. 2**, venstre panel for Øst-Norge, og tilsvarende figurer for de andre regionene). Den største forskjellen mellom dette forsiktede anslaget og vårt anslag for andelen rømt oppdrettslaks om høsten (regional høstprosent), er først og fremst hvor raskt den negative utviklingen skjer (**Vedlegg 2**).

I modelleringene antar vi at resultatene fra de kontrollerte forsøkene i Irland og Norge gjelder generelt i de norske lakseregionene, og at våre stikkprøver av laks fra fiskesesongen og et eget høstfiske representerer den sanne andelen rømt oppdrettslaks i hver elv og region. Vi antar også at den relative suksessen til rømt oppdrettslaks i naturen er konstant over tid, og på eller nær gjennomsnittet fra de kontrollerte forsøkene. Gitt at forsøkene i Irland varte gjennom to laksegenerasjoner på 1990-tallet, og at de norske eksperimentene ble gjennomført fra siste halvdel av 1980-tallet til inn på 2000-tallet, er det ikke urimelig å anta at de er representative for interaksjonene i elv mellom villaks, rømt oppdrettslaks og deres avkom for tidsperioden 1989-2009 (Hindar & Diserud 2007).

Et viktig resultat er at det kun er ett scenario som éntydig bringer utviklingen i villaksbestanden i riktig retning, og det er 0 rømte oppdrettslaks i gytebestanden. I figurene der fire paneler viser fire ulike framtidsscenarioer med henholdsvis rømtlaksandeler som i de ti siste årene, eller også konstant 0, 5 eller 10 % rømte oppdrettslaks, er det kun 0-scenariet som endrer utviklingen i riktig retning (se for eksempel **Fig. 3** for Øst-Norge). En konstant andel på 5 % eller 10 % vil for Øst-Norge kun stabilisere sammensetningen på 60 %, respektive 40 %, villaks, og representerer ikke noen målbar forbedring av tilstanden. Det er kun 0-scenariet som øker villaksandelen i regionen. Oppdrettsnæringens 0-visjon må derfor være ledetråden i all tilnærming til dette problemet.

I det hardest belastede fylket, Hordaland (**Fig. 9**), viser våre simuleringer at også 5 % og 10 % konstant andel rømt oppdrettslaks i (den regionale) laksebestanden bringer utviklingen i positiv retning, dersom disse prosentandelene rømt oppdrettslaks oppnås fra og med gyteår 2010. Våre beregninger for Hordaland viser imidlertid at det er så lave andeler villaks igjen i denne regionen etter gytingen i 2009, at det haster å realisere målet om 0 rømte oppdrettslaks. Om det første scenariet (rømmingsandeler som ti siste år; øvre høyre panel i **Fig. 9**) får fortsette i 20-30 år til, skal vi ifølge den ene beregningsmetoden vår (høstandeler) ikke ha villaks igjen i denne regionen.

Dette generelle resultatet er i overensstemmelse med studier (Ryman m.fl. 1995; Grant 1997), som viser at selv begrensede %-innslag av oppdrettslaks (eller annen kulturlaks) vil føre til en endring av den genetiske sammensetningen av bestanden. Et vitenskapelig panel som var satt

sammen for å diskutere grenser for innslaget av kulturlaks ('hatchery salmon') i en vill gytebestand, konkluderte med at et nivå på 5 % ikke ga noen trygg grense i det lange løp (Grant 1997).

Regionene skiller seg kraftig fra hverandre i årlig innslag av rømt oppdrettslaks og i utviklingen basert på observasjoner for årene 1989-2009. Som nevnt skiller Hordaland seg ut med høye innslag av rømt oppdrettslaks i alle observasjonsårene og med rask reduksjon av andelen fisk med villaksbakgrunn. Hordaland er også det fylket der forvillet oppdrettslaks utgjør det største innslaget i laksebestandene og på lang sikt vil dominere bestanden i regionen.

I den andre enden av skalaen er det Finnmark, Sør-Trøndelag, Øst-Norge, Rogaland og Nordland som har minst endringer i andelen fisk med villaksbakgrunn, både i løpet av observasjonsårene 1989-2009 og i framskrivingene av trenden for de neste 40-90 årene. Selv i disse fylkene er imidlertid den langsiktige, beregnede andelen fisk med villaksbakgrunn beskjeden, illustrert med de fargelagte tidsbildene fra 2050 og 2100.

De regionvise utviklingene som er vist foran, antyder at bildet ville være omtrent det samme i år 2050 som i 2100. Dette tyder på at det finnes en bestandssammensetning der immigrasjonsraten av rømt oppdrettslaks (som simulert fra eksperimentelle data) er i balanse med seleksjonen mot oppdrettsavkom i naturen (som simulert fra eksperimentelle resultater i Imsa og Burrishoole). For de hardest belastede fylkene (Hordaland og Troms) er balansepunktet på eller nær 0 % villaks, dvs når laks med villaksbakgrunn er fortrent fra naturen.

Det er en forenkling å framstille disse modellberegningene pr region, siden det vil være stor variasjon mellom elver innen samme region. Den regionvise utviklingen er også usikker der antallet elver som er med i beregningene er svært lavt. Forutsetningene vi bygger på i modelleringen, gitt kunnskap om andelen rømt oppdrettslaks, er diskutert i den internasjonale litteraturen (Fiske m.fl. 2006; Hindar m.fl. 2006) og i en NINA-rapport (Hindar & Diserud 2007), slik at usikkerheten i dette første "Norgeskartet over oppdrettspåvirkning" er forholdsvis godt kjent for årene til og med 2009.

På lengre sikt regner vi med at Norgeskartet med påvirkning av villaksbestander som følge av rømt oppdrettslaks i gytebestanden vil måtte justeres, blant annet basert på:

- variasjon mellom elver med hensyn til (målt) molekylærgenetisk endring i løpet av et gitt antall år eller et gitt antall laksegenerasjoner
- variasjon mellom elver med villaks med lang/kort generasjonstid (nå 4 år i alle bestander)
- variasjon i gytesuksess og overlevelse rundt gjennomsnittene fra eksperimentene i Imsa og Burrishoole
- variasjon i oppdrettslaksens gytesuksess og overlevelse i naturen etter hvert som de har gått flere generasjoner i oppdrett, og blir gjenstand for nye avlsmål
- variasjon i størrelsen (eggantallet) til vill og oppdrettet hunnlaks
- variasjon i gytesuksess med tetthet av gytefisk og variasjon i overlevelse med tetthet av ungfisk.

Den modellerte påvirkningen av villaksbestander vil i løpet av det nærmeste året bli sammenliknet med beregnet oppdrettspåvirkning basert på molekylærgenetiske data. Med slik kunnskap er det vår intensjon å søke forståelse av hvilke faktorer i laksebestandene (både rømt og vill) og i miljøet som fører til variasjon i genetisk påvirkning, gitt ett og samme innslag av rømt

---

oppdrettslaks på gyteplassen. En litteraturoversikt fra 1991 viste at påvirkningen etter utsetting av kultur fisk var høyst variabel, og varierte fra ingen målbar effekt til fullstendig fortrenging av – eller samavling med – den naturlige bestanden (Hindar m.fl. 1991). Vi tror vi i Norge etter hvert vil samle nok data til å redusere den uforklarte variasjonen i dette problemkomplekset.

Modellene vi har brukt, beregner en utvikling av sammensetningen av en (regional) laksebestand, dvs endringer i andeler laks av ulik bakgrunn, uten informasjon om antall laks i bestanden. Modellering med antall laks er også en av forbedringene vi arbeider med. I eksperimenter som startet med store andeler oppdrettslaks i gytebestanden (Fleming m.fl. 2000) eller også på øyerognstadiet (McGinnity m.fl. 2003), viser resultatene at store innslag av oppdrettslaks har en negativ effekt på rekrutteringen (bærekapasiteten) i bestanden, og ikke bare endrer bestandssammensetningen.

Realisering av målet om 0 % rømt oppdrettslaks trenger ikke nødvendigvis bety at det ikke kan rømme en eneste oppdrettslaks. Teknikker med sterilisering av laks er kommet så langt at de kan benyttes i stor skala med begrenset effekt på overlevelse og vekst, og de kan iverksettes raskt (Benfey 2001; Cotter m.fl. 2002). Simuleringene vi har gjort, kan også "leses" som om rømmingen reduseres samtidig som at en andel av oppdrettslaksen er steril – for eksempel vil 10 % rømt oppdrettslaks i gytebestanden og 50 % steril laks i oppdrett kunne likne på simuleringene av 5 %-scenariet.

## 5 Referanser

- Anon. 2010. Status for norske laksebestander i 2010. – Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr **2**, 213 s, med Vedleggsrapport nr **2b**, 516 s.
- Benfey, T. J. 2001. The use of sterile triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) for aquaculture in New Brunswick, Canada. – *ICES Journal of Marine Science* **58**: 525-529.
- Cotter, D., O'Donovan, V., Drumm, A., Roche, N., Ling, E. N. & Wilkins, N. P. 2002. Comparison of freshwater and marine performances of all-female diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). – *Aquaculture Research* **33**: 43-53.
- Fiske, P., Lund, R. A., Østborg, G. M. & Fløystad, L. 2001. Rømt oppdrettslaks i sjø- og elvefisket i årene 1989-2000. – *NINA Oppdragsmelding*, **704**: 1-26.
- Fiske, P. Lund, R. A., & Hansen, L. P. 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. Marine Sci.* **63**: 1182-1189.
- Fleming, I. A., K. Hindar, I. B. Mjølnerød, B. Jonsson, T. Balstad & A. Lamberg. 2000. Lifetime success and interactions of farm salmon invading a native population. – *Proc. R. Soc. Lond.* **B 267**: 1517-1524.
- Fleming, I. A., Jonsson, B., Gross, M. R. & 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, I. A., Lamberg, A. & Jonsson, B. 1997. Effects of early experience on reproductive performance of Atlantic salmon. – *Behav. Ecol.*, **8**: 470-480.
- Grant, W. S. (red.). 1997. Genetic effects of straying of non-native hatchery fish into natural populations: proceedings of the workshop. – U.S. Dep. Commer., NOAA Tech Memo. NMFS-NWFSC-30, 130 s.
- Hansen, L. P. 2006. Migration and survival of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) released from two Norwegian fish farms. – *ICES Journal of Marine Science* **63**: 1211-1217.
- Hansen, L. P., K. B. Døving & B. Jonsson. 1987. Migration of farmed adult Atlantic salmon with and without olfactory sense, released on the Norwegian coast. – *J. Fish Biol.*, **30**: 713-721.
- Hindar, K., Fleming, I. A., 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, O. 2007. Sårbarhetsvurdering av ville laksebestander overfor rømt oppdrettslaks. – *NINA Rapport* **244**: 1-45.
- Hindar, K., Ryman, N. & Utter, F. 1991. Genetic effects of cultured fish on natural fish populations. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **48**: 945-957.
- McGinnity, P., Prodöhl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Ó Maoiléidigh, N., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J., and 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. – *Proc. R. Soc. Lond.* **B 270**: 2443-2450.
- McGinnity, P., C. Stone, J.B. Taggart, D. Cooke, D. Cotter, R. Hynes, C. McCamley, T. Cross & A. Ferguson. 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 J. Marine Sci.*, **54**: 998-1008.
- Ryman, N., Utter, F. & Hindar, K. 1995. Introgression, supportive breeding, and genetic conservation, s. 341-365. – I J. D. Ballou, M. Gilpin & T. J. Foose (red.) *Population Management for Survival and Recovery: Analytical Methods and Strategies in Small Population Conservation*. Columbia University Press, New York.
- Thorstad, E. B., Fleming, I. A., McGinnity, P., Soto, D., Wennevik, V. & Whoriskey, F. 2008. Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature. Report from the Technical Working Group on Escapes of the Salmon Aquaculture Dialogue. – *NINA Special Report* **36**: 1-110.



## 6 Vedlegg

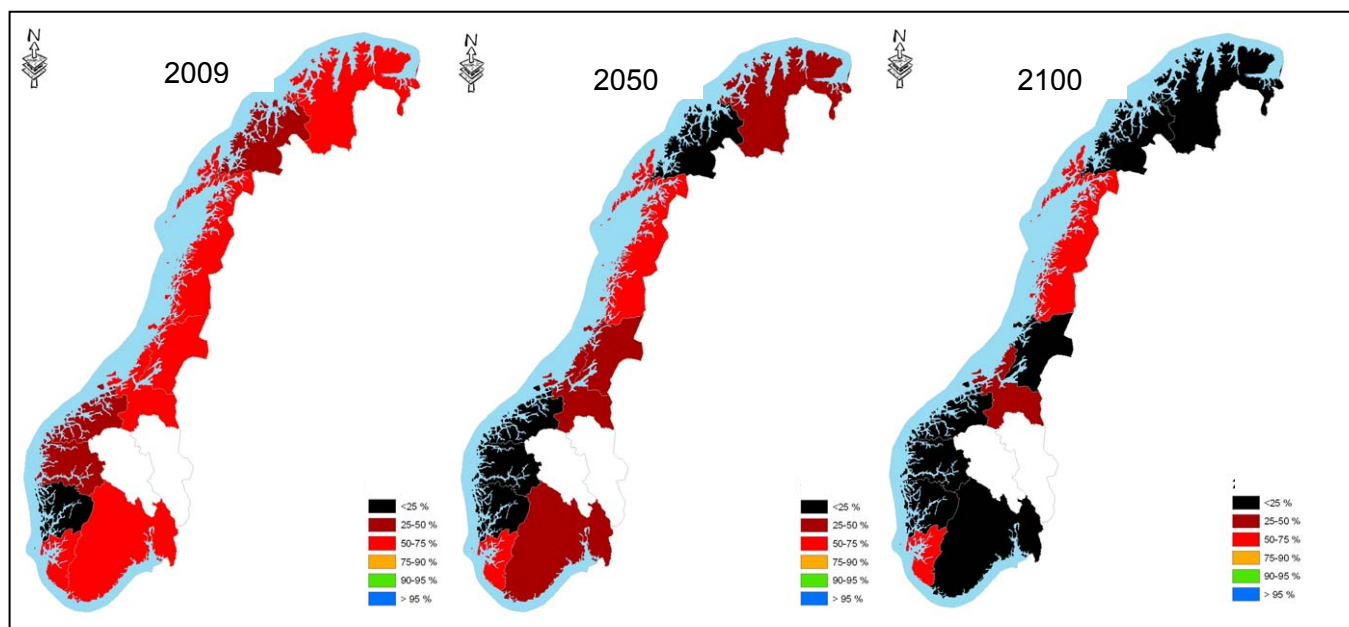
### Vedlegg 1. Data og parametre

- Starter med ren vill bestand, dvs.  $P.in = [1,0,0]$  ( $= [W, H, F]$ , der W står for Wild, H står for Hybrid og F står for FeralFarm, dvs oppdrettslaks født i naturen).
- Innslag av rømt oppdrettslaks i gytebestander: Regionvise tidsserier er basert på data fra enkeltvassdrag fra Fiske m.fl. (2001) og Anon. (2010), og metoder for å beregne vektete %-innslag av rømt oppdrettslaks per region i Norge (Fiske m.fl. 2006).
- 50-50 fordeling av FarmEarly (rømt tidlig) og FarmLate (rømt sent) blant den rømte oppdrettslaksen.
- Andelen egg befruktet av gyteparrhanner = 0.235.
- Gyteparrvektoren inn "første år" =  $[1, 0, 0]$ ; dvs kun ville parrhanner.
- Andelen hanner som kjønnsmodnes som gyteparr i aldersgruppe 0+:  $Mparr.mat = [0.18, 0.13, 0.14]$  for henholdsvis W, H og F.
- Fordeling av gytesuksessen til parrhanner i gruppene W, H og F som 0+:  $Mparr.ss = [4.5, 10.5, 8.5]$  for hhv W, H og F, tilsammen 23.5%.
- Fekunditeten til hunnlaks (antall egg i de ulike gruppene av hunnlaks) ->  $F.eggs = [1, 1, 1, 1, 1.4]$  ( $= [W, H, Feral, FarmEarly, FarmLate]$ ), dvs. FarmLate har 40 % mer egg enn ville hunnlaks, hybrider, (forvillet) oppdrettslaks født i naturen, tidlig rømte oppdrettslaks og sent rømte oppdrettslaks.
- Hunnlaksens gytesuksess =  $[1, 1, 1, 0.91, 0.44]$  -> "Female egg pool"  $FP = Eggs \times SpawnSucc$ , dvs at hunnenes relative gytesuksess vektet med deres eggantall.
- Hannlaksens gytesuksess =  $[1, 1, 1, 0.51, 0.13]$  -> Male adult spawning population  $MP = [W, H, Feral, FarmEarly, FarmLate, Parr.W, Parr.H, Parr.F]$ , dvs at de hannlaksens relative gytesuksess blant grupper av voksne/anadrome laks og gyteparr.
- Overlevelse første sommer  $[W, H, F, BCW, BCF, 2GH] = [1, 0.67, 0.88, 0.8, 0.71, 0.75]$ , der BCW og BCF står for tilbakekryssinger mellom hybrider og henholdsvis ville (W) og oppdretts(F) hunner og 2GH står for 2.generasjonshybrider.
- Overlevelse fra 0+ til smolt =  $[1, 0.92, 1.06, 1.10, 1.12, 1.30]$  for de samme gruppene.
- Overlevelse fra smolt til voksen =  $[1, 0.85, 0.33, 1.03, 0.32, 0.8]$  for de samme gruppene.

## Vedlegg 2. Norgeskart basert på regionale høstprosjenter

Om vi legger regionale høstprosjenter til grunn for å beregne utviklingen i laksebestandene, blir rest-andelen villfisk betydelig lavere enn beregningene som tar utgangspunkt i regionale årsprosjenter (**Vedleggsfig. 1**). Modellberegninger med utgangspunkt i høstprosjenter viser at det står best til i Finnmark og Rogaland etter gytingen i 2009, med henholdsvis 67 % og 66 % i Finnmark og Rogaland. Hordaland har kun 10 % villfiskandel når de regionale høstprosjentene legges til grunn for beregningene.

Når de regionale høstprosjentene legges til grunn for å modellere utviklingen etter 2009, ser det ut til at Rogaland, Nordland og Sør-Trøndelag greier seg bedre enn Finnmark, både når vi ser på beregningene for 2050 og for 2100. Årsakene til at disse fylkene kommer best ut, er at andelen rømt oppdrettslaks i høstprøvene har vært lavere på 2000-tallet i disse fylkene enn i de andre fylkene. I slutten av århundret er det Rogaland og Nordland som etter våre beregninger har den største andelen fisk med villaksbakgrunn, når vi legger regionale høstprosjenter til grunn (**Vedleggsfig. 1**). Den beregnede rest-andelen villaks ligger imidlertid under 60 % i alle regioner etter gyting i 2010, beregnet med utgangspunkt i regionale høstprosjenter.



**Vedleggsfigur 1.** Modellering av den regionvise gytebestanden av laks i Norge etter gyting i 2009, basert på regionale høstprosjenter for årene 1989-2009, og framskriving av trender ved å plukke tilfeldig fra observasjonene i siste tiårsperiode for årene fram til 2050 og 2100. Farge-skalaen angir beregnet %-andel gytefisk med villaksbakgrunn. Fylkene Hedmark og Oppland har ikke anadrome laksebestander (Hedmark hadde i sin tid en ferskvannslaks som vandret opp i Trysilelva fra Väneren).



# NINA Rapport 622

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2200-6



## Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

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