

1955

NINA Rapport

Genetisk kartlegging av kjønn hos laks fra skjellprøver innsamlet ved sportsfiske

Grethe Robertsen, Ola Ugedal, Eva Marita Ulvan, Peder Fiske, Sten Karlsson, Torstein Rognes, Rune Krogdahl, Bjørn Florø-Larsen, Merethe Hagen Spets, Øyvind Solem



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er NINAs ordinære rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på engelsk, som NINA Report.

NINA Temahefte

Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. Heftene har vanligvis en populærvitenskapelig form med vekt på illustrasjoner. NINA Temahefte kan også utgis på engelsk, som NINA Special Report.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

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

Genetisk kartlegging av kjønn hos laks fra skjellprøver innsamlet ved sportsfiske

Grethe Robertsen
Ola Ugedal
Eva Marita Ulvan
Peder Fiske
Sten Karlsson
Torstein Rognes
Rune Krogdahl
Merethe Hagen Spets
Bjørn Florø-Larsen
Øyvind Solem

Robertson, G., Ugedal, O., Ulvan E.M., Fiske, P., Karlsson, S., Rognes, T., Krogdahl, R., Spets, M.H., Florø-Larsen, B. & Solem, Ø. 2021. Genetisk kartlegging av kjønn hos laks fra skjellprøver innsamlet ved sportsfiske. NINA Rapport 1955. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, mai 2021

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4734-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Sebastian Wacker

ANSVARLIG SIGNATUR

Assisterende forskningssjef Tonje Aronsen (sign.)

OPPDRAUGSGIVER

Miljødirektoratet

OPPDRAUGSGIVERS REFERANSE

M-1942|2021

KONTAKTPERSON HOS OPPDRAGSGIVER

Heidi Hansen

FORSIDEBILDE

Laks fanget i Vigda © Øyvind Solem

NØKKEWORD

- Fang og slipp
- Gaula
- Gytebestandsmål
- Hunnlaksfredning
- Laks
- Midt-Norge
- Namsen
- Orkla
- *Salmo salar*
- Surna

KONTAKTOPPLYSNINGER

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

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

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

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

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

www.nina.no

Sammendrag

Robertson, G., Ugedal, O., Ulvan E.M., Fiske, P., Karlsson, S., Rognes, T., Krogdahl, R., Spets, M.R., Florø-Larsen, B. & Solem, Ø. 2021. Genetisk kartlegging av kjønn hos laks fra skjellprøver innsamlet ved sportsfiske. NINA Rapport 1955. Norsk institutt for naturforskning.

For å sikre at rekrutteringen av ungfisk ligger på et nivå som opprettholder laksebestandene over tid er det formulert et gytebestandsmål (GBM), som inkluderer beregninger av hvor mange kilo hunnfisk som må gyte i hvert vassdrag. Fredning av hunnlaks i hele eller deler av sportsfisesesongen er et målrettet tiltak for å øke sannsynligheten for at GBM nås. For at hunnlaksfredning skal virke etter intensjonen må fiskere som får hunnlaks på kroken sette dem ut igjen når reglene tilsier at det skal gjøres, noe som forutsetter at de kan skille mellom kjønnene ut fra ytre morfologiske trekk og respekterer tiltaket.

I denne rapporten sammenligner vi kjønn på laks som er rapportert på skjellkonvolutter fra sportsfisket i 2018 med kjønn bestemt ved genetisk testing av skjellene i de samme skjellkonvoluttene. Vi bruker et utvalg skjellprøver fra laks fra sportsfisket i Surna, Orkla og Gaula (som alle hadde ulike grader av hunnlaksfredning i 2018) og Namsen (som ikke hadde hunnfiskfredning) til å undersøke om graden av feilbestemming av kjønn varierer 1) mellom vassdrag med og uten hunnlaksfredning, 2) mellom laks med ulik størrelse og 3) over fiskesesongen.

Et viktig resultat er at 21–31 % av laksen i vårt skjellprøveutvalg på ca. 200 individer fra hver elv var innrapportert med feil kjønn. Andelen skjellprøver med riktig rapportert kjønn var 79 % i Namsen, 78 % i Gaula, 76 % i Orkla og 69 % i Surna. I samtlige av de fire elvene var en større andel hunner feilrapportert som hanner enn motsatt. Andelen av individene som var innrapportert som hunner, men var hanner genetisk, lå på ca. 17 % i Namsen, 11 % i Surna, 13 % i Orkla og 10 % i Gaula. Tilsvarende tall for individer som var innrapportert som hanner men som var genetiske hunner var 25 % i Namsen, 45 % i Surna, 32 % i Orkla og 27 % i Gaula.

Det var noe høyere grad av riktig innrapportering av kjønn i Namsen enn i de andre elvene, og spesielt for hunner. Videre var grad av riktig innrapportering i vårt skjellprøveutvalg avhengig av størrelsen på laksen: Sannsynligheten for at individer som var innrapportert som hunner var genetiske hunner økte med økende kroppsstørrelse i alle elvene, mens den for individer som var innrapportert som hanner gikk ned med økende størrelse. Fangsttidspunktet påvirket også sannsynligheten for riktig innrapportering. Grad av riktig innrapportering var lavest tidlig i sesongen og økte over sesongen i alle elvene, bortsett fra Gaula hvor den holdt seg på samme nivå.

Tidlig hunnlaksfredning (1. juli) synes å kunne føre til at en mindre andel av hunnlaksen blir avlivet sent i sesongen i og med at kumulative andeler av genetiske hunner som ble avlivet etter at hunnlaksfredningen trådte i kraft lå på i hhv. 24 % og 36 % i Orkla og Gaula, mens tilsvarende andeler fra og med 1. juli var 48 % for Surna som hadde hunnlaksfredning fra 15. juli i 2018, og 46 % for Namsen som ikke hadde hunnlaksfredning. I Surna ble 36 % av hunnene i vårt materiale avlivet etter hunnlaksfredningen trådte i kraft der 15. juli. For hanner var fangstene mer jevnt fordelt utover i sesongen med om lag 30 % avlivet i juni i både Namsen og Surna. I Gaula og Orkla ble en noe større andel av hannene fanget i juni (hhv. 40 og 36 %), noe som kan ha sammenheng med at det var strengere sesongkvoter i disse elvene og at en person ikke kunne avlive mer enn 1 laks over 80 cm i løpet av sesongen.

Vi minner om at resultatene i denne rapporten er basert på totalt 797 utvalgte skjellprøver av laks fra sportsfisket som var 2 kg og større, og stammer fra kun ett år. Kun avlivet og innrapportert laks er representert i skjellprøveutvalget, og det er dermed ikke mulig å teste genetisk kjønn på gjenutsatte individer. Det er derfor svært sannsynlig at individene som fiskerne var mest sikre på at var hunner ble satt ut igjen etter hunnlaksfredning, og at skjellprøvematerialet vårt dermed har høyere representasjon av laks som fiskerne var usikre på enn det som er tilfelle for hele fangsten. I så fall gir vårt skjellprøvemateriale et skjevt inntrykk av hvor gode fiskerne i elvene som er med i studiet er til å kjønnsbestemme laks. For å kunne trekke mer sikre konklusjoner vil

det være verdifullt å inkludere skjellprøver fra år før hunnlaksfredning ble innført, siden en sammenligning av grad av feilbestemmelse i elvene før og etter innføring av hunnlaksfredning vil gi større forklaringskraft.

Grethe Robertsen, Ola Ugedal, Eva M. Ulvan, Peder Fiske, Sten Karlsson, Merethe Hagen Spets, Øyvind Solem, Norsk institutt for naturforskning, (NINA), Postboks 5658 Torgarden, 7485 Trondheim. Epost: grethe.robertsen@nina.no; øyvind.solem@nina.no

Torstein Rognes, Gaula Fiskeforvaltning/Elevene rundt Trondheimsfjorden (ERT)

Rune Krogdahl, Orkla Fellesforvaltning/Elvene rundt Trondheimsfjorden (ERT)

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

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Materiale og metode	9
2.1 Fiskeregler	9
2.2 Skjellprøvemateriale	9
2.3 Genetisk bestemmelse av kjønn	11
2.4 Databehandling og statistiske metoder	12
3 Resultater og diskusjon	14
3.1 Forskjeller i feilbestemmelse av kjønn mellom vassdrag	14
3.2 Feilbestemmelse av kjønn hos laks med ulik størrelse.....	17
3.3 Feilbestemmelse av kjønn over fiskesesongen	20
3.4 Oppsummering	22
4 Referanser	24
5 Vedlegg	25

Forord

Hovedmålet med undersøkelsen er å undersøke mulig feilrapportering av kjønn hos laks fanget i sportsfisket. Vi gjør dette ved å sammenligne innrapportert og genetisk bestemt kjønn fra 800 innleverte skjellprøver av laks fra sportsfisket i fire midt-norske elver i 2018. Dette datasettet blir brukt til å teste om det er forskjeller i kjønnsklassifisering mellom de fire elvene. Av forvaltningsmessige grunner er det spesielt interessant å undersøke om det er store forskjeller mellom den ene elven som ikke hadde hunnlaksfredning og de tre elvene som hadde det. Vi undersøker også hvordan eventuelle feilinnrapportering av kjønn henger sammen med størrelsen på laksen eller når i fiskesesongen den ble fanget.

Denne undersøkelsen er en videreføring av en forundersøkelse fra 2017 som brukte skjellprøver fra et vald i Orkla.

Undersøkelsen er gjennomført med finansiering fra Miljødirektoratet, og Norsk institutt for naturforskning (NINA) bidro med egne midler.

Vi takker Miljødirektoratet for oppdraget og håper at rapporten kommer til nytte. Tor Næsje takkes for gode innspill til rapporten. Vi takker også de mange prøvetagerne i de fire elvene, både sportsfiskere, grunneiere og elveeierlag som har stått for innsamlingen av skjellprøver.

Trondheim, 3. mai 2021,

Grethe Robertsen og Øyvind Solem, prosjektledere

1 Innledning

For å være levedyktig over tid er en laksebestand avhengig av at antallet egg som blir gytt i en elv ikke er lavere enn et minimum som sikrer framtidig rekruttering. Hvis antallet egg ligger under dette minimumsnivået vil det medføre at rekrutteringen avtar over tid, noe som kan sette laksebestanden i fare. For å sikre norske laksebestanders langsiktige levedyktighet er det derfor formulert et gytebestandsmål (GBM) for majoriteten av laksevasdragene. På generell basis går det ut på at det for enkeltvasdrag med bakgrunn i en ekspertvurdering blir gjort en beregning av hvor mange kilo hunnfisk som er nødvendig for å sikre tilstrekkelig rekruttering for laksebestanden (Hindar m.fl. 2007, 2019). Videre anbefales forvaltningstiltak ut fra kunnskap om hvor sannsynlig det er at et vassdrag har oppnådd det beregnede GBM.

I verktøykassen som forvaltningen har for å øke sannsynligheten for at GBM oppnås, inngår bl.a. fastsettelse av kvoter og stengning av sportsfisket for kortere eller lengre perioder. Antallet egg som blir lagt i elva og yngelproduksjon er avhengig av hvor mange kilo laksehunner som går opp i elva for å gyte. Fredning av hunnlaks i hele eller deler av sportsfiskesesongen kan derfor være et målrettet tiltak, som påvirker verdiskapningen knyttet til laksefiske i mindre grad enn eksempelvis stopp i fisket.

Hvorvidt tiltaket med hunnlaksfredning virker etter intensjonen avhenger av at fiskere som fanger hunnlaks setter dem ut igjen når reglene tilsier at det skal gjøres. Dette forutsetter at fiskerne kan skille mellom kjønnene ut fra ytre morfologiske trekk, og at de respekterer tiltaket. Dersom dette ikke er tilfelle kan det bety at hunnlaksfredning ikke gir de ønskede resultatene for vassdraget. I så fall kan det vurderes om andre tiltak vil være bedre egnet for å sikre oppnåelse av GBM. Eventuelt så kan det vurderes om tettere oppfølging av vassdrag med hunnlaksfredning med eksempelvis mer fokus på opplæring eller informasjon om hvordan kjønn på laks bestemmes, eller flere kontroller vil bedre effekten av hunnlaksfredning.

I en forundersøkelse som brukte skjell fra et vald i Orkla i 2017 ble 39 % av 55 skjellprøver som var innrapportert som hanner, genetisk klassifisert som hunner. Siden et lavt antall skjellprøver inngikk i forundersøkelsen og alle stammet fra det samme valdet og var fanget samme år, er det viktig å undersøke om dette resultatet gjelder generelt eller kun for et kort tidsintervall i et lokalt område.

For å fremskaffe kunnskap som er nødvendig for å vurdere hvor effektivt hunnlaksfredning er som forvaltningstiltak sammenligner vi her fiskens kjønn rapportert på skjellkonvolutter fra sportsfisket med kjønn bestemt ved genetisk testing av skjellene til den samme fisken. Vi bruker kun skjell fra avlivet og innrapportert laks.

Ved bruk av et utvalg skjellprøver fra laks fra sportsfisket i tre elver som hadde hunnlaksfredning i hele eller deler av fiskesesongen (Surna, Orkla og Gaula), og én elv som ikke hadde hunnfiskfredning (Namsen), undersøker vi om graden av feilbestemmelse av kjønn varierer 1) mellom vassdrag med og uten hunnlaksfredning, 2) mellom ulike størrelsesgrupper, og 3) over fiskesesongen.

Dersom det er større grad av feilbestemmelse i elver med hunnlaksfredning eller stor forskjell i feilrapportering i hvert enkelt vassdrag før og etter datoen for hunnlaksfredning, kan det indikere at forvaltningstiltaket ikke virker etter hensikten. I denne sammenhengen er det viktig å avdekke om graden av feil kjønnsbestemmelse varierer gjennom fiskesesongen. Dette er relevant fordi det kan være mer utfordrende å identifisere kjønn basert på ytre morfologi tidlig sammenlignet med sent i sesongen, siden de sekundære kjønns karakterene blir mer framtrædende jo nærmere gyting en fisk er. Videre er det viktig å avdekke om graden av feilbestemmelse av kjønn varierer mellom størrelsesgrupper av laks siden det kan være vanskeligere å bestemme kjønn basert på ytre karaktertrekk hos smålaks enn hos storlaks, på grunn av at sekundære kjønns karakterer ofte er mer framtrædende hos storlaks (Næsje mfl. 1988).

Av de fire laksevasdragene som inngår i studiet er Namsen er eneste representant for laksevasdrag uten hunnlaksfredning, og fungerer som en kontroll. Det vil si at eventuelle forskjeller mellom Namsen og de andre elvene potensielt kan være et resultat av ulike forvaltningsregimer, men de kan også være forårsaket av andre forhold som varierer mellom elvene.

For å unngå mellomårsforskjeller i faktorer som kan tenkes å påvirke hvor vanskelig det er å gjenkjenne kjønn på laks (eksempelvis marin vekst som påvirker alder og størrelse ved kjønnsmodning) er alle skjellprøvene som inngår i studiet hentet fra laks fanget i fiskesesongen 2018.

2 Materiale og metode

2.1 Fiskeregler

I 2018 var fiskereglene med direkte betydning for dette studiet som følger i de fire elvene som inngår i studiet:

Namsen

Personlig døgnkvote: 2 laks, ingen vektbegrensning. Laks under 1,5 kg inngår ikke i kvoten; personlig sesongkvote: Ingen.

Hunnlaks: Ingen spesielle regler, men all fisk som tydelig er kommet i gytedrakt skal settes ut.

Surna

Personlig døgnkvote: 1 laks; personlig sesongkvote: 6 laks derav maks. 3 laks over 70 cm (ca. 3 kg).

Hunnlaks: Fra og med 15. juli er all hunnlaks over 70 cm fredet og skal settes ut. Skadet hunnlaks avlives og registreres på personlig kvote. Det kan settes ut maks. 3 laks per døgn per fisker.

Orkla

Personlig døgnkvote: 1 laks; ukekvote: 2 laks; personlig sesongkvote: 4 laks derav maks. 1 laks over 80 cm (ca. 5 kg).

Hunnlaks: All hunnlaks er fredet fra og med 1. juli og skal settes ut. Er man i tvil om fiskens kjønn skal fisken settes levende ut. Er man i tvil om fisken vil overleve en eventuell gjenutsetting skal fisken avlives og innleveres.

Gaula

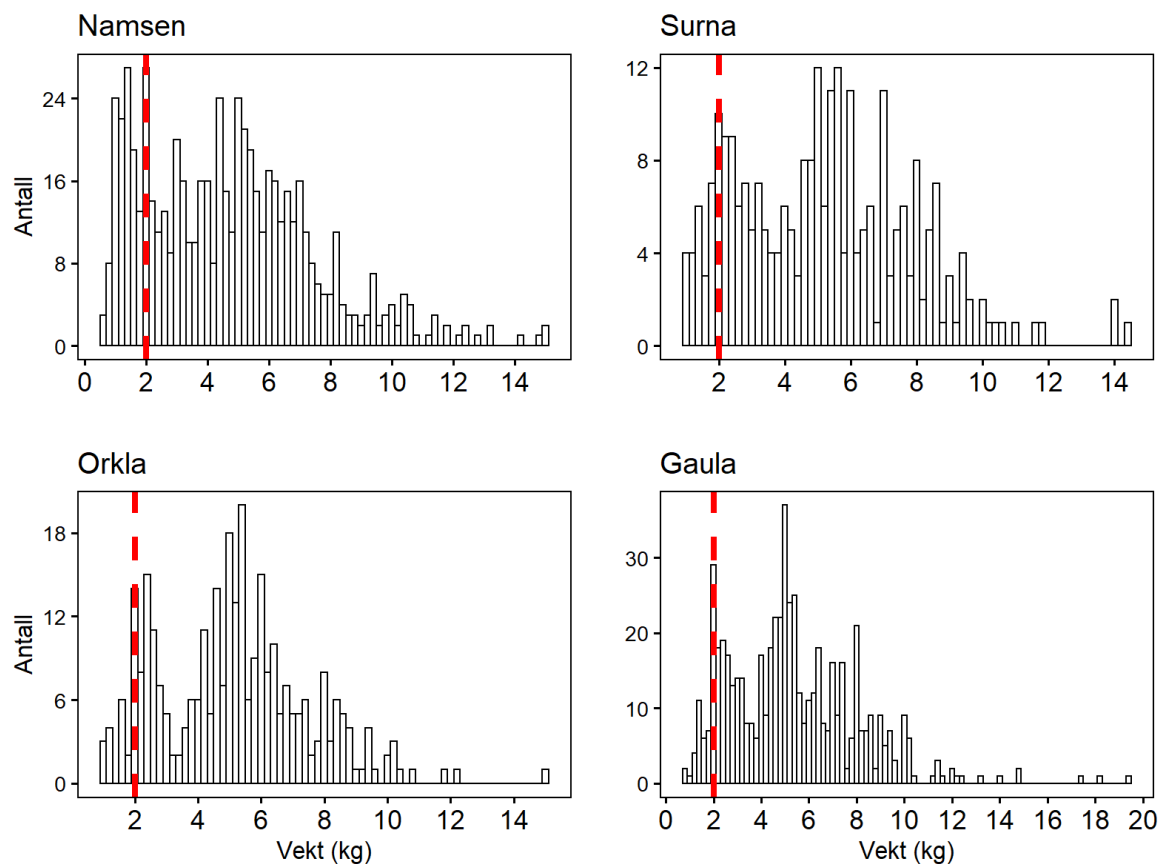
Personlig døgnkvote: 1 laks; personlig ukekvote: 2 laks; personlig sesongkvote: 4 laks derav maks. 1 laks over 80 cm (ca. 5 kg).

Hunnlaks: All hunnlaks er fredet fra og med 1. juli og skal settes ut. Er man i tvil om fiskens kjønn skal fisken settes levende ut. Er man i tvil om fisken vil overleve en gjenutsetting skal fisken avlives og innleveres før fisket gjenopptas. Innlevering skal skje innen 24 timer etter fangst. Fisken går ikke på kvoten når den er bekreftet innlevert.

2.2 Skjellprøvemateriale

I Gaula og Orkla har det vært krav om innlevering av skjellprøver fra all avlivet laks, og det er samlet inn store skjellmaterialer fra sportsfisket siden 2011. I Surna har det siden 2002 blitt samlet inn skjellprøver fra sportsfisket. NINA har samlet inn skjellprøver fra sportsfisket i Namsen siden 1989. Innsamling av skjellprøver har blitt organisert av Surna Elveeierlag, Namsenvassdraget Elveeierlag, Veterinærinstituttet, Elvene rundt Trondheimsfjorden/Salmar og NINA.

I dette prosjektet brukte vi et utvalg av skjellprøvematerialene fra sportsfisket i de fire elvene i 2018. Skjellprøvene er fra avlivet laks da det i svært liten grad blir tatt skjellprøver av laks som blir satt tilbake i elven. Siden vi i dette prosjektet undersøker genetisk kjønn med en ramme på 800 prøver, gjorde vi noen utvelgelses for å sikre at vi kunne besvare spørsmålene om forskjeller i grad av feilrapportering i de fire elvene. Først utelot vi all fisk under 2 kg, siden denne størrelsesgruppen ofte er dominert av hannfisk. Dersom fisk under 2 kg ble inkludert ville vi altså risikere å sitte igjen med et stort datamateriale med små hannfisker og dermed ende opp med å genotype kun et begrenset antall prøver fra størrelsesklasser hvor hunner forventes å være bedre representert. Videre inkluderte vi kun individer som var kategorisert som villfisk eller utsatt smolt basert på skjellanalyser og fettfinneklipping. Individer som manglet informasjon om vekt og/eller lengde ble utelukket i og med at begge deler er nødvendig for å identifisere (og utelukke) individer som var tilordnet enten feil vekt eller lengde. Individer uten kjent fangstdato ble også utelatt siden det er nødvendig informasjon for å kunne vurdere om graden av feilbestemmelse av kjønn endret seg gjennom sesongen.



Figur 2.2.1 Innrapportert vekt hos laks i skjellmaterialet fra sportsfisket i Namsen, Surna, Orkla og Gaula i 2018. Kun individer som ikke var klassifisert som oppdrett, hadde registret fangst dato og overensstemmelse mellom vekt og lengde er tatt med. Rød stiptet linje indikerer skillet mellom individer under og over 2 kilo. Individer som var 2 kg og tyngre utgjorde basis for en tilfeldig utvalgelse av 200 individer fra hver elv som ble genetisk testet for kjønn. Merk at det er forskjeller i skala på aksene i figurene.

Etter at all laks under 2 kg ble utelukket, gjensto 547 individer fra Gaula, 507 fra Namsen, 291 fra Orkla og 240 fra Surna, som alle hadde oppgitt lengde, vekt og fangst dato og som var klassifisert som villaks eller utsatt laks (**Figur 2.2.1**). Fra disse tok vi et tilfeldig utvalg på 200 individer fra hver av de fire elvene. Kjønnen til disse 800 individene ble undersøkt ved hjelp av genetiske metoder (se **Kapittel 2.3** for beskrivelse av metodikk). I Surna utgikk tre skjellprøver, slik at det totalt var 797 individer i skjellprøvematerialet som ble genetisk klassifisert (**Tabell 2.2.1**). Fordelen med å bruke tilfeldige utvalg er at det gir oss et materiale som er mest mulig representativt for avlivede og innrapporterte laks over 2 kg. Det bør altså reflektere typiske fangsttidspunkter, kjønnsfordelinger og kroppsstørrelser for skjellprøvetatt fisk i de ulike elvene. I utvelgelsen ble det ikke tatt hensyn til om laksen var kategorisert som hunn, hann eller uten kjønn (ukjent) på skjellkonvolutten.

Tabell 2.2.1 Antall og prosentandel av 797 utvalgte skjellprøver fra sportsfisket i 2018 som var rapportert som hann, hunn og ukjent i Namsen, Surna, Orkla og Gaula. Merk at tre individer utgikk for Surna slik at totalantallet her var 197 i stedet for 200.

Elv	Hann, antall (%)	Hunn, antall (%)	Ukjent, antall (%)
Namsen	88 (44 %)	93 (46,5%)	19 (9,5 %)
Surna	113 (57,4 %)	76 (38,6 %)	8 (4,1 %)
Orkla	122 (61 %)	75 (37,5 %)	3 (1,5 %)
Gaula	138 (69 %)	52 (26 %)	10 (5 %)

Det var til sammen 124 smålaks, 467 mellomlaks og 206 storlaks i skjellprøvematerialet, og dermed en overvekt av mellomlaks. At det var færrest smålaks skyldes at vi utelot all laks under 2 kg. Mellom- og storlaksene i materialet ble generelt fanget noe tidligere i sesongen enn smålaksene (**Tabell 2.2.2**).

Tabell 2.2.2 Antall laks i det utvalgte skjellmaterialet på 797 laks fra Namsen, Surna, Orkla og Gaula som var i størrelseskategoriene smålaks (<66 cm), mellomlaks (66-88 cm) og storlaks (>88 cm) og ble fanget i juni, juli og august 2018.

	Små	Mellom	Stor	Totalt
Namsen				
<i>Juni</i>	6	51	30	87
<i>Juli</i>	17	30	5	52
<i>August</i>	9	33	19	61
Totalt	32	114	54	200
Surna				
<i>Juni</i>	4	49	34	87
<i>Juli</i>	11	28	12	51
<i>August</i>	10	42	7	59
Totalt	25	119	53	197
Orkla				
<i>Juni</i>	6	76	33	115
<i>Juli</i>	8	23	6	37
<i>August</i>	20	21	7	48
Totalt	34	120	46	200
Gaula				
<i>Juni</i>	4	64	33	101
<i>Juli</i>	10	11	5	26
<i>August</i>	19	39	15	73
Totalt	33	114	53	200

2.3 Genetisk bestemmelse av kjønn

Kjønn til de 797 utvalgte skjellprøvene ble bestemt genetisk ved hjelp av oppformering av et kort fragment av sdY-genet (Quéméré mfl. 2014). Dette gen er kun oppformert hos hanner og ikke hos hunner. En vellykket oppformering blir derfor tolket som en hann, mens fravær av oppformering blir tolket som en hunn. Fordi fravær av en oppformering kan bety at det er en hunn, men også at PCR-reaksjonen var mislykket så ble sdY-genet analysert sammen med andre markører slik at dersom disse markørene ble oppformert, men ikke sdY-genet så var

bestemmelsen av hunn-kjønn sikrere. Kjønnsmarkøren ble analysert i samme PCR-multiplex som fire markører som skiller mellom laks og ørret (Karlsson mfl. 2013).

Fra et utvalg av 61 stamfisk til kultivering som har blitt analysert for art og kjønn var det samsvar mellom oppgitt kjønn utfra utseende og genetisk kjønn på 59 individer (97 %) (Karlsson upublisert). Stamfisken er i de fleste tilfeller fanget relativt seint i sesongen og har derfor forholdsvis tydelige kjønnskarakterer og vurdering av kjønn blir gjort av erfarne personer, men likevel skjer det av og til at de blir bestemt til feil kjønn, noe som viser seg ved stryking av fisken. Vi vurderer derfor den genetiske identifikasjonen av kjønn som svært sikker.

2.4 Databehandling og statistiske metoder

For å undersøke om graden av feilbestemmelser av kjønn 1) varierer mellom vassdrag med og uten hunnlaksfredning, 2) avhenger av kroppsstørrelse, eller 3) forandres gjennom sesongen, presenterer vi først tabeller og figurer med detaljerte oversikter av rådatasettet på 797 laks, hvor individer innrapportert som *hunn*, *hann* og *ukjent* er tatt med. Ved å inkludere disse tre kategoriene sørger vi for at utvalgte skjellprøver representerer innrapporterte fangster på best mulig måte. Det gjør også at vi kan fange opp eventuelle skjevfordelinger med hensyn på det genetiske kjønn til laks i kategorien ukjent, som ikke var innrapportert med kjønn. Deretter gir vi overordnede resultater fra statistiske tester på et redusert datasett på 757 laks, hvor individer innrapportert uten kjønn er utelukket siden disse ikke kan være bestemt hverken feil eller riktig.

Dette reduserte datasettet inkluderte kun individer som var innrapportert som hanner og hunner og ble brukt som utgangspunkt for å vurdere graden av feilbestemmelse. Det ble gjort i statistiske modeller som hadde responsvariabelen *riktig*. I denne responsvariabelen er individer med overensstemmelse mellom innrapportert og genetisk bestemt kjønn gitt verdien 1, og individer med uoverensstemmelse mellom innrapportert og genetisk bestemt kjønn er gitt verdien 0. Det tas i utgangspunktet ikke hensyn til om en hunn ble feilbestemt til hann eller omvendt, men kun om en laks var rapportert inn med riktig eller feil kjønn. For å avdekke om det var forskjeller i feilbestemmelse av kjønn mellom individer som var innrapportert som hunner og hanner, mellom de fire elvene, og vurdere sammenhenger med kroppsstørrelse eller fangsttidspunkt, satte vi opp tre binomiale generelle lineære modeller (glm) som alle hadde responsvariabelen *riktig*. Årsaken til at vi brukte binomiale modeller er at de håndterer binære responsvariabler godt, altså responsvariabler med to mulige utfall: suksess eller feil. Suksess i denne sammenhengen er overensstemmelse mellom innrapportert og genetisk bestemt kjønn, mens feil er misforhold mellom innrapportert og genetisk bestemt kjønn.

I **modell 1** tester vi om det er statistisk signifikante forskjeller i graden av feilrapportering mellom de fire elvene og om eventuelle forskjeller avhenger av om laksen ble innrapportert som en hann eller en hunn. Denne modellen inkluderte følgende variabler:

modell 1: $riktig \sim Elv + Innrapportert\ kjønn + Elv:Innrapportert\ kjønn$

Forklaringsvariabelen *Elv* har fire nivåer: *Namsen*, *Surna*, *Orkla* og *Gaula*, og *Innrapportert kjønn* har to: *Hunn* og *Hann*.

I spesifikasjonene av hvilke termer som er inkludert i startmodellene indikerer kolon mellom to forklaringsvariabler at vi tester for interaksjoner mellom dem. For eksempel vil en interaksjon mellom *Elv* og *Innrapportert kjønn* (spesifisert som *Elv:Innrapportert kjønn*) indikere at det er forskjeller mellom noen av elvene i graden av riktig innrapportering av henholdsvis hunner og hanner.

I **modell 2** undersøker vi om graden av feilbestemmelse av kjønn i de fire elvene avhenger av kroppsstørrelse (lengde, cm):

modell 2: $\text{riktig} \sim \text{Elv} + \text{Innrapportert kjønn} + \text{Kroppsstørrelse} + \text{Elv:Innrapportert kjønn} + \text{Elv:Kroppsstørrelse} + \text{Innrapportert kjønn:Kroppsstørrelse} + \text{Elv:Innrapportert kjønn:Kroppsstørrelse}$

Kroppsstørrelse er en kontinuerlig variabel som består av innrapportert lengde (cm) på hvert individ.

I denne modellen kan vi eksempelvis avdekke om forskjeller i grad av feilbestemmelse av et kjønn i en elv sammenlignet med de andre elvene henger sammen med størrelsesfordelingen på laksen, i og med at det kan forventes at det er vanskeligere å kjønnsbestemme smålaks enn mellom- og storlaks.

Sesongmessige ulikheter kan også spille inn, for eksempel på grunn av at hunnlaksfredning som starter ved en gitt dato, eller ved at sekundære kjønnskarakterer ofte blir mer tydelige når det nærmer seg gyting. Vi undersøker dette ved å sette opp **modell 3**:

modell 3: $\text{riktig} \sim \text{Elv} + \text{Innrapportert kjønn} + \text{Fangstdato} + \text{Elv:Innrapportert kjønn} + \text{Elv:Fangstdato} + \text{Innrapportert kjønn:Fangstdato} + \text{Elv:Innrapportert kjønn:Fangstdato}$

Fangstdato er angitt som en kontinuerlig variabel med juliansk dato (dag i året), som angir fangsttidspunkt som antall dager etter 1. januar 2018.

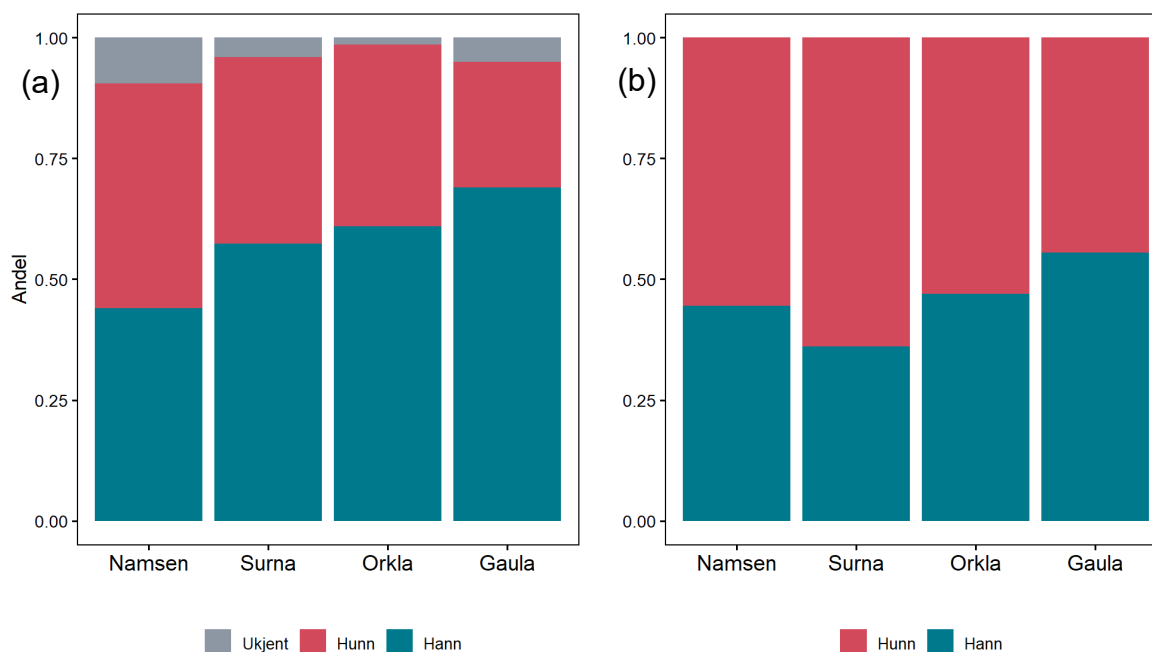
For å vurdere om/hvilke(n) av forklaringsvariablene som fanger opp variasjon i grad av riktig innrapportering (responsvariabelen *riktig*), gjennomførte vi modellseleksjon ved bruk av funksjonen *stepAIC* fra MASS-pakken (Venables & Ripley, 2002). Standardinnstillingene i pakken ble brukt, noe som blant annet innebærer at valg av «beste modell» (altså modellen med lavest AIC-verdi) baserer seg på både baklengs og forlengs modellseleksjon. Baklengs modellseleksjon er sekvensiell utelatelse av termer med utgangspunkt i den mest komplekse modellen, mens forlengs modellseleksjon legger til termer sekvensielt med utgangspunkt i enklest mulig modell.

Koeffisienter fra modellene som var best i henhold til modellseleksjonene ble visualisert som predikerte sannsynligheter ved bruk av funksjonen *ggpredict* fra r-pakken *ggeffects* (Lüdecke, 2018). Når det ikke var mulig å vurdere direkte ut fra modellkoeffisientene ble statistisk signifikans av kontraster i skjæringspunkter også vurdert med funksjonen *emmeans* fra *emmeans*-pakken (Lenth, 2020).

3 Resultater og diskusjon

3.1 Forskjeller i feilbestemmelse av kjønn mellom vassdrag

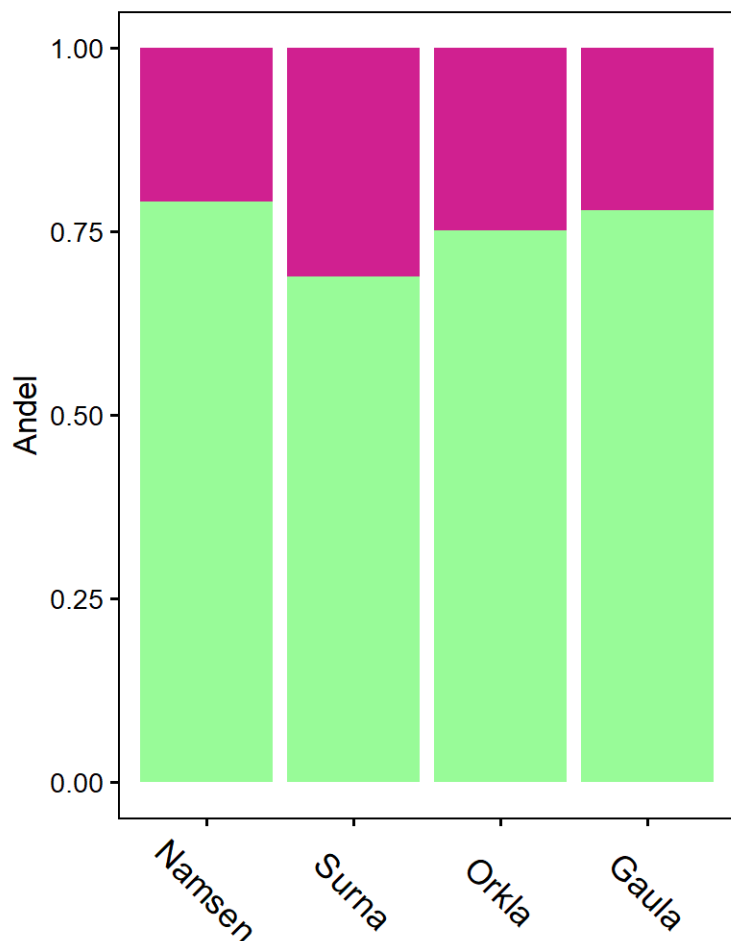
Andelen laks i skjellprøvematerialet ($n = 797$) som var innrapportert som hanner var lavest i Namsen og høyest i Gaula (**Figur 3.1.1a**). Dette bildet var motsatt for hunner, hvor Namsen hadde høyest andel innrapporterte hunner og Gaula lavest. Det var uoverensstemmelser mellom andeler innrapportert og genetisk bestemt kjønn i alle elvene (**Figur 3.1.1**). Dette er som forventet blant annet fordi kategorien ukjent utgår når det er snakk om genetisk bestemmelse av kjønn. Et interessant mønster er imidlertid at prosentandelen hanner blant skjellprøvene i Namsen, hvor det ikke var hunnlaksfredning, var så å si identisk i innrapportert (44 %) og genetisk (44,5 %) bestemt kjønn (**Figur 3.1.1**). Dette behøver ikke å bety at så å si alle innrapporterte hanner i Namsen var riktige i og med at samme mønster kan oppstå på tross av noe feil i innrapportering så lenge det gjøres tilsvarende feil for hunner og hanner. I de tre andre elvene var andelen hanner lavere når kjønn ble bestemt ved genetiske metoder sammenlignet med kjønn rapportert på skjellkonvoluttene (**Figur 3.1.1**). I Namsen var noen flere laks (9,5 %) innrapportert uten kjønn (ukjent) sammenlignet med i de andre elvene, med henholdsvis 4,1 % i Surna, 1,5 % i Orkla og 5 % i Gaula. I de 797 utvalgte skjellprøvene var det få individer i kategorien ukjent, og selv om datagrunnlaget er for begrenset til å konkludere er det ikke åpenbare mønstre med overrepresentasjon av et kjønn i denne kategorien. I kategorien ukjent var det 12 hunner og 7 hanner fra Namsen, 7 hunner og 1 hann fra Surna, 2 hunner og 1 hann fra Orkla, og 5 hunner og 5 hanner fra Gaula.



Figur 3.1.1 Fordeling av laks fra 797 utvalgte skjellprøver fra elvene Namsen, Surna, Orkla og Gaula i kategoriene ukjent, hunn og hann basert på (a) informasjon på skjellkonvolutten, og (b) genetisk bestemt kjønn.

For å undersøke om det er statistisk signifikante forskjeller i graden av feilbestemmelse av kjønn i vassdragene bruker vi statistiske modeller som samtidig tar hensyn til antall individer av begge kjønn som var innrapportert med riktig og feil kjønn. Her bruker vi det reduserte datasettet på

757 individer, hvor prøvene som var innrapportert som ukjent er utelatt (siden de hverken kan være rapportert inn riktig eller feil). Det var til dels små forskjeller mellom elvene i andeler av skjellprøvene som var innrapportert med riktig og feil kjønn (**Figur 3.1.2**). Andelen skjellprøver med riktig rapportert kjønn var 79 % i Namsen (38 feil og 143 riktig), 78 % i Gaula (42 feil og 148 riktig), 76 % i Orkla (49 feil og 148 riktig) og 69 % i Surna (59 feil og 130 riktig).

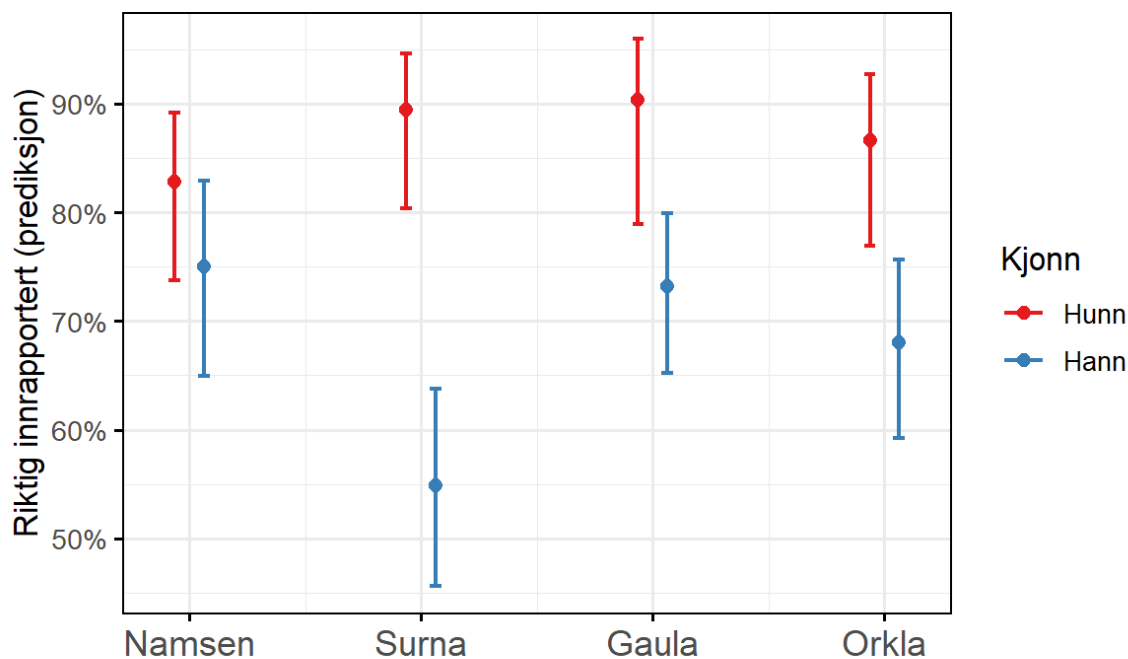


Figur 3.1.2. Andel av 757 skjellprøver innrapportert som hunn eller hann som var feil (rosa) og riktig (grønn) i Namsen, Surna, Orkla og Gaula.

I de statistiske modellene kombinerte vi informasjon om antall genetiske hunner og hanner som i hver elv var innrapportert som hunner og hanner (som beskrevet i **2.4. Databehandling og statistiske metoder**). Her ble det altså ikke skilt mellom hunner som var rapportert inn som hanner og hanner som var rapportert inn som hunner, siden begge var rapportert inn med feil kjønn. Innrapportert kjønn ble imidlertid lagt til som en forklaringsvariabel i modellene for å teste for forskjeller i feilrapportering mellom kjønnene. Ved å bruke denne framgangsmåten kunne vi blant annet avdekke feilinnrapporteringer i elver hvor en lik andel av hunnene og hannene var rapportert inn med feil kjønn.

Ut fra modellseleksjonen av **modell 1**: $\text{riktig} \sim \text{Elv} + \text{Innrapportert kjønn} + \text{Elv}:\text{Innrapportert kjønn}$, varierte graden av feilbestemmelse mellom elvene avhengig av hvilket kjønn som var innrapportert. Startmodellen av **modell 1** var altså best i henhold til modellseleksjonen.

Basert på prediksjoner utledet fra **modell 1 (Figur 3.1.3)** var det i alle elvene, med unntak av Namsen ($p = 0,2$), signifikant lavere sannsynlighet for at individer innrapportert som hanner var riktig enn at individer innrapporter som hunner var det ($p \leq 0,004$). Det betyr at en større andel individer som genetisk sett var hunner ble innrapportert som hanner enn motsatt. Videre viser resultatene at det var signifikant lavere sannsynlighet for at individer som var innrapportert som hanner var riktig i Surna sammenlignet med i Namsen ($p = 0,014$) og Gaula ($p = 0,02$) (**Figur 3.1.3**). Det var ikke signifikante forskjeller mellom noen elver ($p \geq 0,2$) med hensyn på grad av riktig innrapportering av hunner.



Figur 3.1.3. Predikerte sannsynligheter (basert på **modell 1**) for overensstemmelse mellom innrapportert kjønn og genetisk kjønn for laks innrapportert som hunn og hann i vårt skjellprøvemateriale på 757 individer fra sportsfisket i Namsen, Surna, Orkla og Gaula i 2018. Verdiene på y-aksen er presentert som prosent ($\pm 95\%$ konfidensintervall). I Namsen er det ikke signifikant forskjell i grad av korrekt bestemmelse mellom innrapporterte hunner og hanner ($p = 0,2$), men det er det i Surna ($p < 0,001$), Orkla ($p = 0,004$) og Gaula ($p = 0,015$). Det er ikke signifikante forskjeller i grad av korrekt bestemmelse mellom de innrapporterte hunnene i de ulike elvene ($p \geq 0,61$), mens det er det mellom hannene i Surna og Namsen ($p = 0,014$) og hannene i Surna og Gaula ($p = 0,02$).

Resultatene fra modellen stemmer godt overens med rådata (se **Vedleggstabell 1**), hvor prosentandelen riktig innrapportering i Namsen var 82,8 % for innrapporterte hunner og 75 % for innrapporterte hanner. Tilsvarende tall for Surna var 89,5 % for innrapporterte hunner og 54,9 % for innrapporterte hanner, og i Orkla var 86,7 % av individene innrapportert som hunner også genetisk er bestemt som hunner mens 68 % av de innrapporterte hannene var genetiske hanner. I Gaula var 90,4 % av de innrapporterte hunnene riktig og 73 % av de innrapporterte hannene.

Det er altså høyere sannsynlighet for at individer som var innrapportert som hunner var riktig innrapportert enn at individer innrapportert som hanner var det (**Figur 3.1.3**). Dette kan ha sammenheng med at det i gjenkjennelsesnøkler ofte er fokus på at hanner har en kjevekrok, noe

hunner også kan ha tendenser til. Siden ny-gått laks og smålaks kan ha mindre framtrepende sekundære kjønnskarakterer (Næsje mfl. 1988; Fleming 1996) kan det forventes at denne typen feilrapportering er mest framtrepende for ny-gått laks og/eller laks med liten kroppsstørrelse. En annen mulig delforklaring er forbundet med de genetiske metodene som blir brukt til å bestemme kjønn. Testene gjenkjenner en genetisk markør for hann, og alle individer som har denne markøren blir bestemt til å være hanner mens alle individer uten denne markøren blir bestemt til hunner. Selv om det ikke er 100 % sikkert at individer uten markøren for hann faktisk er hunner, så er feilmarginen i de genetiske testene (< 3 %) altfor små til å kunne forklare nivåene av forskjeller i feilrapportering av kjønn vi finner her.

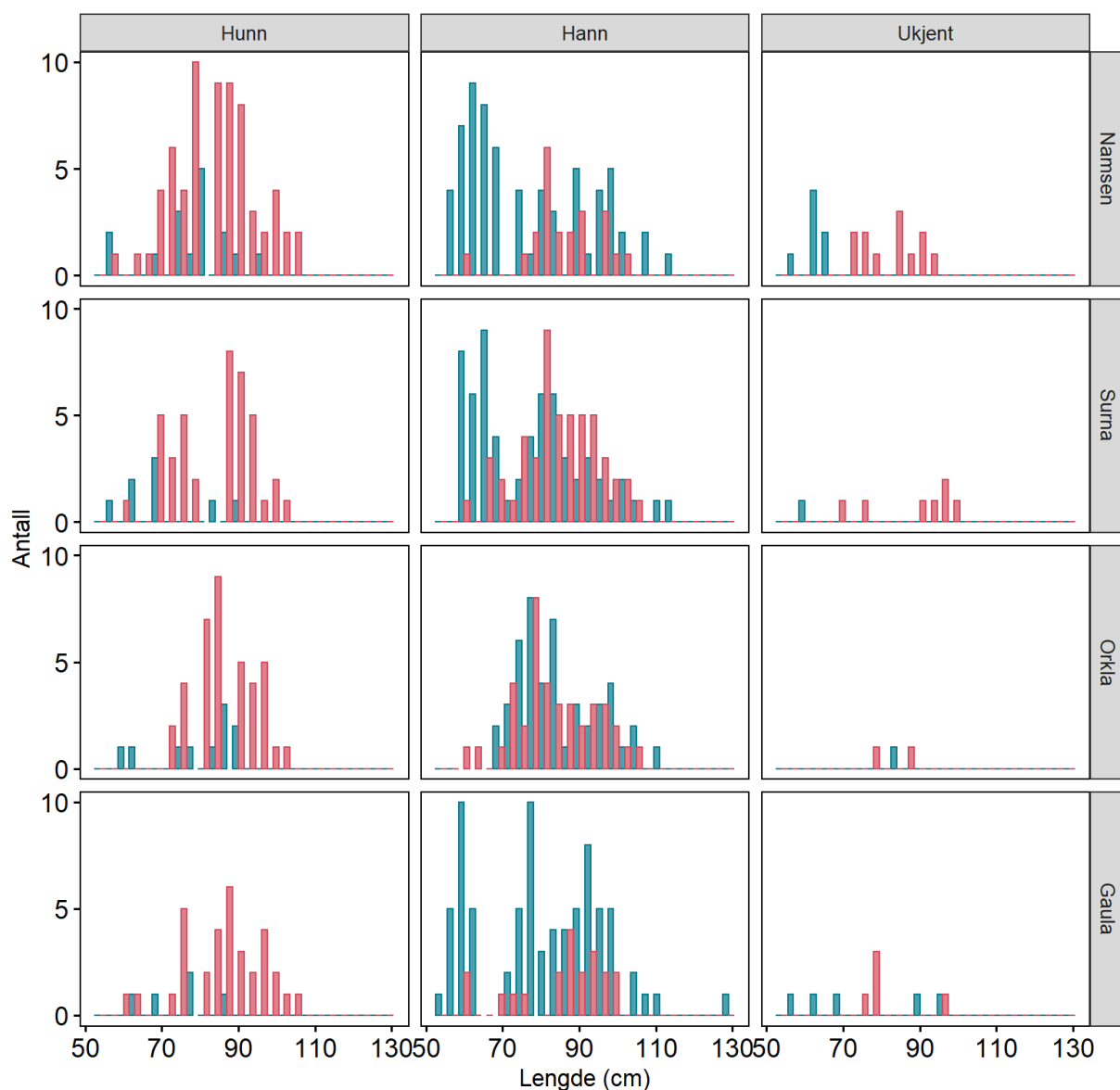
I Namsen var det ikke forskjellig sannsynlighet for at individer innrapportert som henholdsvis hunner og hanner var riktig. Til sammenligning var det i de andre tre elvene lavere sannsynlighet for at innrapporterte hanner var korrekt enn at innrapporterte hunner var det (**Figur 3.1.3**). En større andel hunnlaks ble innrapportert som hanner i elvene med hunnlaksfredning sammenlignet med den ene elven uten. At hunner og hanner i Namsen hadde tilnærmet lik sannsynlighet for å bli riktig innrapportert kan tenkes å henge sammen med at en større andel av skjellprøvene herfra var rapportert inn som ukjent enn i de andre elvene. Altså at fiskerne i Namsen i større grad enn i de andre elvene lot være å rapportere kjønn på laks når de var usikre. Hvis dette var tilfelle kan en mulig forklaring være at det ikke er like stort fokus på å kjønnsbestemme fisken i elver uten spesielle fiskereguleringer knyttet til kjønn, som Namsen. I elver med hunnlaksfredning må man derimot rapportere kjønn på fangsten, noe som kan føre til at fiskerne i større grad angir kjønn på skjellkonvoluttene også når de er usikre.

Forskjellene vi finner mellom elvene med hensyn på grad av feilbestemmelse av kjønn (**Figur 3.1.3, Vedleggstabell 1**) kan ikke forklares av at ulike andeler av laksen ble kjønnsbestemt ut fra utseende vs. åpnet for vurdering av gonader i elvene. En forholdsvis liten andel av individene i datasettet vårt var kjønnsbestemt basert på utseende av gonader etter åpning av fisken: I Namsen var 9 % (n = 18) kjønnsbestemt ut fra gonader og av disse var 5 individer innrapportert med feil kjønn. Tilsvarende tall for Surna var 4,5 % (n = 10) hvorav 1 var innrapportert med feil kjønn. I Gaula var 14,5 % (n = 29) av laksen åpnet og 2 av disse var innrapportert med feil kjønn mens det i Orkla var 11 % (n = 22) åpnet laks og 2 av disse var innrapportert med feil kjønn. Begge kjønn var altså representert blant individer som var feilbestemt etter åpning i de fire elvene. Datamaterialet på laks som var kjønnsbestemt basert på gonader er for lite til å gjøre statistikk på. Funnene tilsier imidlertid ikke at forskjellene vi finner mellom elvene i feilbestemmelse av kjønn kan tilskrives ulikheter i kjønnsbestemmelsesmetodikk.

3.2 Feilbestemmelse av kjønn hos laks med ulik størrelse

Dersom feilbestemmelse av kjønn skyldes at det kan være vanskelig å bestemme kjønn til laks ut fra utseende er det rimelig å forvente at graden av feilbestemmelser avtar med økende kroppsstørrelse på laksen. Dette fordi forskjeller mellom kjønnene med hensyn til sekundære kjønnskarakterer kan være mindre åpenbare på små individer, spesielt i storlakselver hvor små hanner ofte ser mer ut som hunner (Næsje mfl. 1988).

Ut fra en visuell vurdering av rådata er det tydelig at færre genetiske hanner ble bestemt til hunner enn omvendt (**Figur 3.2.1**), noe som stemmer godt med at vi avdekket en lavere grad av feilbestemmelse blant individer som var innrapportert som hunner sammenlignet med individer innrapportert som hanner (**Kapittel 3.1**). Vi testet dette statistisk og presenterer mønstre ved å vurdere **modell 2** (se nedenfor). Det var ikke noen genetiske hunner under 70 cm i kategorien ukjent (**Figur 3.2.1**), men dette kan være tilfeldig siden datasettet på ukjente individer er lite.

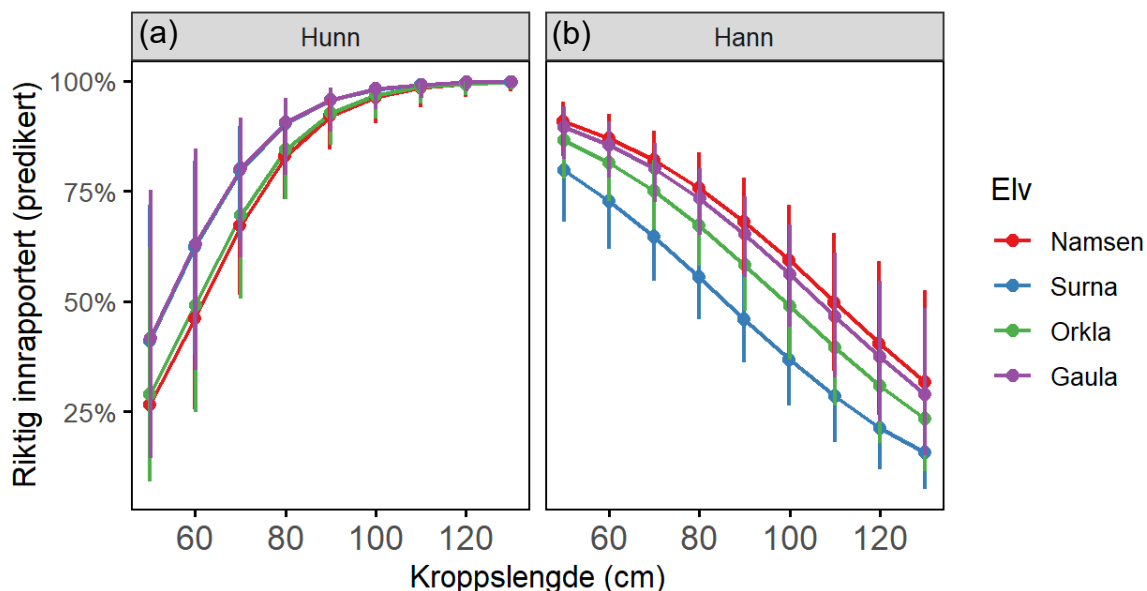


Figur 3.2.1. Lengdefordeling (cm) av laks fanget i Namsen, Surna, Orkla og Gaula som var innrapportert som hunn, hann og ukjent og ble bestemt genetisk til hunn (rød) og hann (blå).

I følge modellseleksjon av **modell 2** bidrar følgende forklaringsvariabler til å forklare variasjonen i grad av riktig innrapportering: $riktig \sim Elv + Innrapportert\ kjønn + Kroppsstørrelse + Elv:Innrapportert\ kjønn + Innrapportert\ kjønn:Kroppsstørrelse$.

Alle termer fra startmodellen bortsett fra treveisinteraksjonen mellom *Elv*, *Innrapportert kjønn* og *Kroppsstørrelse* og toveisinteraksjonen mellom *Elv* og *Kroppsstørrelse* er inkludert i modellen som best forklarer variasjon i grad av feilbestemmelse av kjønn i henhold til modellseleksjonen. Med utgangspunkt i koeffisienter fra denne «beste» versjonen av **modell 2** ble det predikert at sannsynligheten for at innrapporterte hunner også var hunner genetisk økte med økende kroppsstørrelse (**Figur 3.2.2a**). Ut fra modellkoeffisientene er det ikke statistisk signifikante forskjeller mellom elvene i forholdet mellom kroppslengde og sannsynlighet for at laks innrapportert som hunner var riktig. For laks som var innrapportert som hanner var det et motsatt forhold med avtagende sannsynlighet for riktig innrapportering ettersom kroppsstørrelsen økte (**Figur**

3.2.2b). Angående variasjon mellom elver var den eneste signifikante forskjellen at for hannlaks med en gitt kroppsstørrelse hadde Surna signifikant lavere skjæringspunkt enn Namsen. Dette er i tråd med funnet fra **Kapittel 3.1** av at andelen feilrapporterte hannlaks var større i Surna enn i de andre elvene, og at denne forskjellen var størst (og kun statistisk signifikant forskjellig) mellom Surna og Namsen.



Figur 3.2.2. Predikert sannsynlighet ($\pm 95\%$ konfidensintervall) for overensstemmelse mellom innrapportert og genetisk bestemt kjønn for laks med forskjellig kroppsstørrelse (lengde, cm) som var innrapportert som (a) hunn og (b) hann, i Gaula, Namsen, Orkla og Surna. Estimert stigningstall var signifikant lavere for hanner enn for hunner ($p < 0,001$). Det var ingen signifikante forskjeller mellom elvene med hensyn til estimert skjæringspunkt for hunner, og for hanner var eneste signifikante forskjell i skjæringspunkt at Surna var lavere enn Namsen ($p = 0,007$).

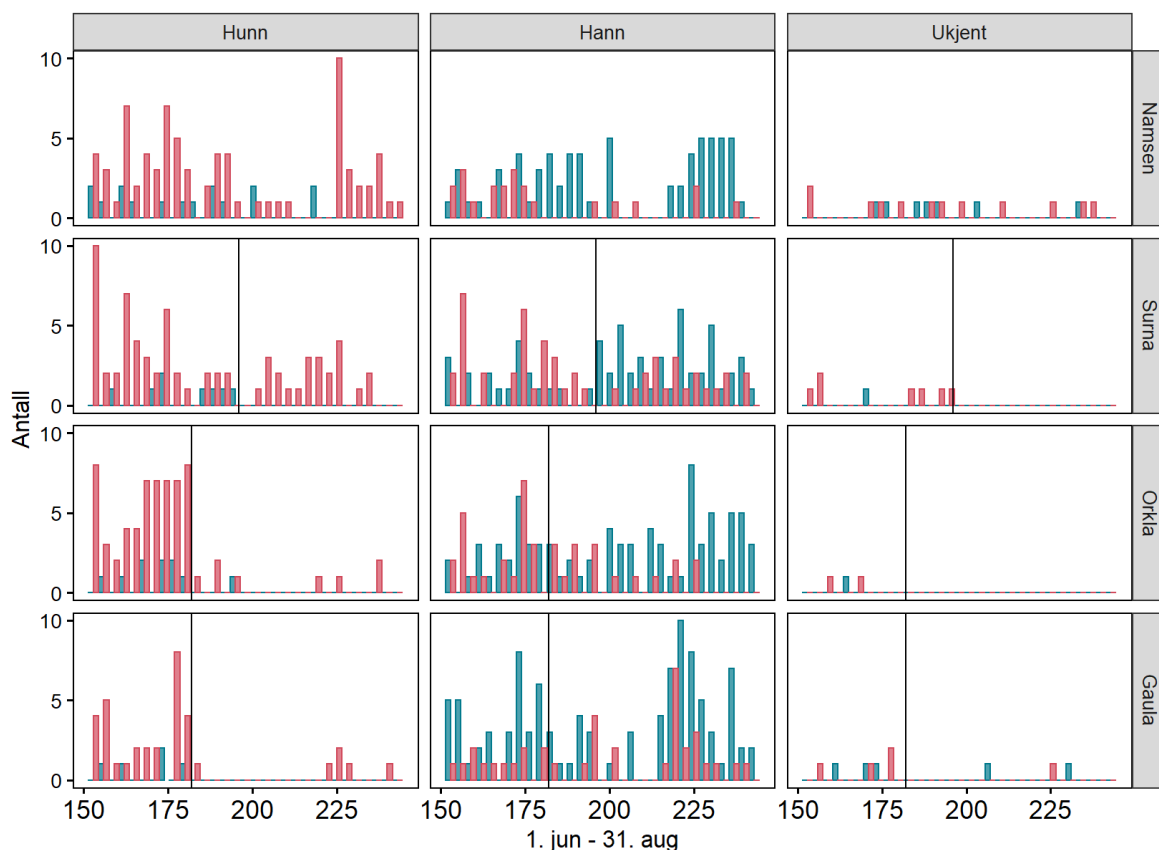
Det positive forholdet mellom kroppsstørrelse og sannsynlighet for at innrapporterte hunner var genetiske hunner, svarer til forventningen om at det er enklere å skille mellom hunner og hanner hos store individer enn hos små individer. Det at det i alle elver var et negativt forhold mellom kroppsstørrelse og sannsynligheten for at laks innrapportert som hanner også var hanner genetisk, er imidlertid vanskeligere å forklare siden det intuitivt bør være enklere å gjenkjenne store hanner basert på ytre kjennetegn sammenlignet med små hanner (Næsje mfl. 1988). Denne trenden gjelder også for innrapporterte hanner i Namsen, som hadde liberale fangstkvoter og ingen hunnlaksfredning.

Selv etter at vi utelukket individer under 2 kg gjensto mange smålaks, som er en størrelsesgruppe som ofte er dominert av hanner. Det er sannsynlig at slike smålaks ofte blir innrapportert som hanner siden det er kjent blant fiskere at det ofte er mange hanner i denne størrelsesgruppen i storlaksvassdrag. Uavhengig av forklaringen på hvorfor fiskerne var flinkere til å gjenkjenne små hanner, så kan det at små hanner var tallrike i datamaterialene fra Namsen, Surna og Gaula potensielt ha innvirket til mønsteret med at sannsynligheten for at innrapporterte hanner var riktig går ned med økende kroppsstørrelse. Det er også mulig at dette mønsteret kan forklares ved at det er en sammenheng mellom kroppsstørrelse og tidspunktet som laksen vandrer opp i elva og blir fanget i og med at det er mindre forskjeller i ytre kjennetegn mellom kjønnene tidlig i sesongen.

3.3 Feilbestemmelse av kjønn over fiskesesongen

Her undersøker vi om feilbestemmelse av kjønn ble endret over fiskesesongen. Siden det er mindre utseendemessige forskjeller mellom kjønnene tidlig i sesongen forventer vi at graden av feilbestemmelser avtar utover i sesongen.

Basert på en detaljert framstilling av genetisk bestemt kjønn på laks som var innrapportert som hunn, hann og ukjent, ser det ut som de fleste feilaktige innrapporteringer av hannlaks som hunnlaks skjedde tidlig i sesongen (**Figur 3.3.1**). Dette er mest tydelig i Surna, Orkla og Gaula hvor kun én genetisk hann var innrapportert som hunn etter innføring av hunnlaksfredning. Også i Namsen ble et avtagende antall genetiske hanner innrapportert som hunner utover sesongen (**Figur 3.3.1**). Blant individer innrapportert som hanner var det til dels mange genetiske hunner i alle elvene (**Figur 3.3.1**), både før og etter startdatoene for hunnlaksfredning. Utviklingen i feilbestemmelse av innrapporterte hanner over sesongen er mer kompleks enn den er for innrapporterte hunner og blir bedre belyst ved hjelp av statistiske modeller (se under). Som nevnt tidligere, så var få individer i datasettet vårt innrapportert som ukjent, og av disse var det flest i Namsen. I Namsen ble individer av begge kjønn rapportert inn som ukjent med fangstdatoer spredt ut over hele sesongen, mens individer kun ble innrapportert som ukjent i Surna og Orkla før hunnlaksfredning (**Figur 3.3.1**). Begge genetiske kjønn var representert i kategorien ukjent. Datamaterialet på individer innrapportert med ukjent kjønn er for begrenset til å gjøre statistikk på.

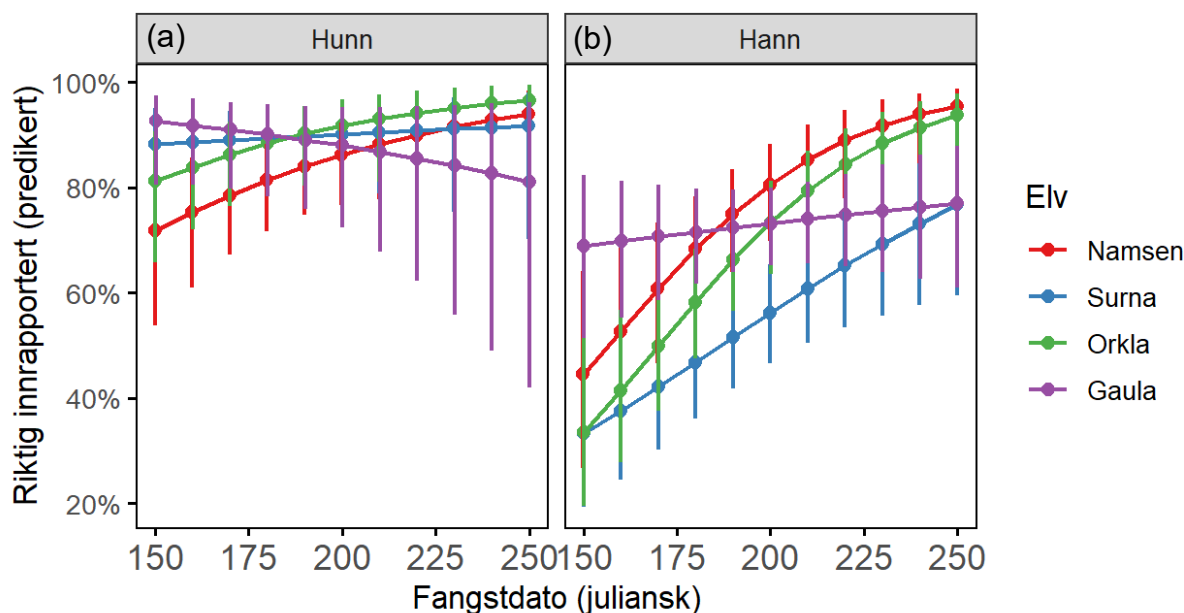


Figur 3.3.1. Fangstdato (juliansk) for laks i Namsen, Surna, Orkla og Gaula som var innrapportert som hunn, hann og ukjent og genetisk bestemt som hunn (rød) og hann (blå). Heltrukket vertikal linje for Surna indikerer 15. juli som var starten på fredning av hunnlaks over 70 cm. Heltrukket vertikal linje for Orkla og Gaula indikerer dato for hunnlaksfredning som var 1. juli. Fisket i Gaula var stengt 28. juli - 2. august grunnet lav vannføring/høye vanntemperaturer.

Versjonen av **modell 3** som var best ifølge modellseleksjonen inkluderte termene: *riktig* ~ *Elv* + *Innrapportert kjønn* + *fangst dato* + *Elv:Innrapportert kjønn* + *Elv:Fangst dato* + *Innrapportert kjønn:Fangst dato*.

At treveisinteraksjonen *Elv:Innrapportert kjønn:Fangst dato* ikke er med i den endelige versjonen av **modell 3** betyr at det ikke var signifikante forskjeller i forholdet mellom fangst dato og grad av riktig innrapportert kjønn for hanner og hunner mellom elvene. Det var heller ikke signifikant forskjell i stigningstall hos hanner og hunner ($p = 0,11$). Estimert stigningstall var imidlertid signifikant høyere for begge kjønn i Namsen ($p = 0,008$) og Orkla ($p = 0,005$) sammenlignet med i Gaula (**Figur 3.3.2**). Videre var det signifikante kontraster i skjæringspunkt mellom hunner og hanner i Gaula ($p = 0,04$), Orkla ($p = 0,001$) og Surna ($p < 0,001$), men ikke Namsen ($p = 0,17$). Dette betyr at innrapporterte hunner generelt sett hadde høyere suksessrate enn innrapporterte hanner over hele sesongen i alle elvene bortsett fra Namsen hvor suksessraten til kjønnene ikke var signifikant forskjellig. Siden det var signifikante forskjeller mellom elvene i forholdet mellom fangst dato og grad av innrapportert kjønn (stigningstall) gir det ingen mening å sammenligne nivåforskjeller (skjæringspunkter) i de ulike elvene.

Predikerte sannsynligheter fra koeffisienter i **modell 3** viser (i likhet med **modell 1, kapittel 3.2**) at det var høyere overensstemmelse mellom innrapportert og genetisk bestemt kjønn for innrapporterte hunner enn for innrapporterte hanner, og at suksessraten for begge kjønn økte over sesongen i alle elvene bortsett fra Gaula (**Figur 3.3.2**).

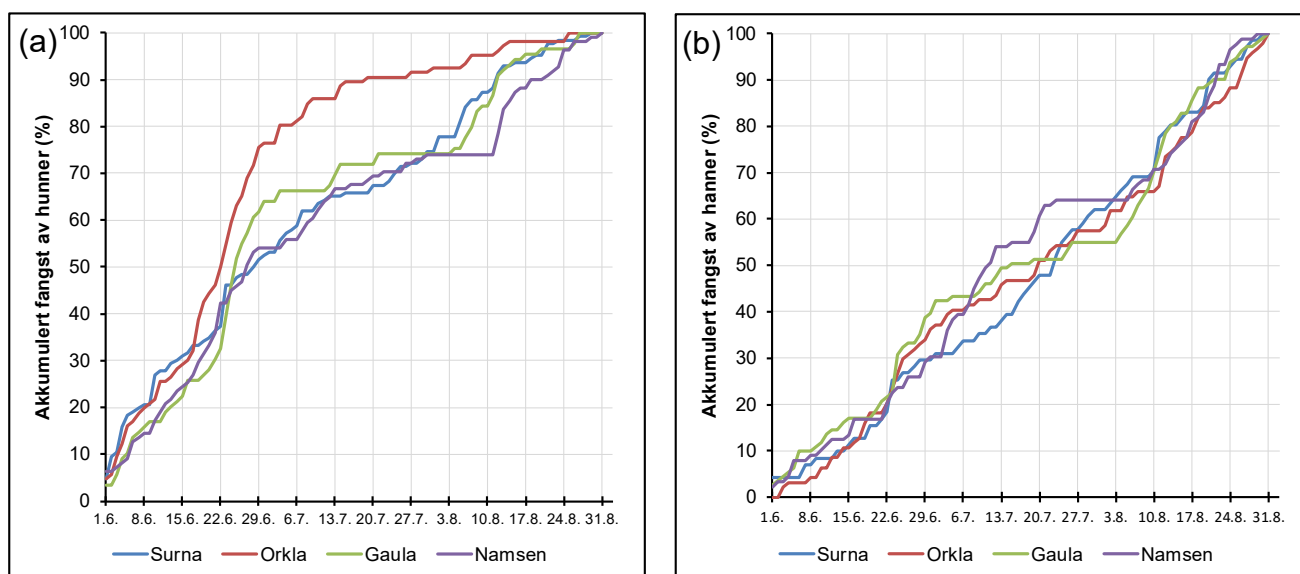


Figur 3.3.2. Predikert sannsynlighet for overensstemmelse mellom innrapportert og genetisk bestemt kjønn for innrapportert (a) hunnlaks og (b) hannlaks fanget på ulike tidspunkter i fiskesesongen (1. juli – 31. august) i Namsen, Surna, Orkla og Gaula. Estimert stigningstall var signifikant høyere for Namsen ($p = 0,008$) og Orkla ($p = 0,005$) sammenlignet med Gaula for begge kjønn. Det var signifikante kontraster (forskjeller i skjæringspunkter) mellom hunner og hanner i Gaula ($p = 0,04$), Orkla ($p = 0,001$) og Surna ($p < 0,001$), men ikke Namsen ($p = 0,17$).

I Namsen, Orkla og Surna var det altså generelt større grad av riktig bestemmelse av kjønn sent i sesongen (**Figur 3.3.2**), noe som stemmer overens med forventningen om at det er enklere å bestemme kjønn på laksen basert på utseende senere i sesongen når de i større grad har

utviklet sekundære kjønnskarakterer. I Gaula lå feilbestemmelsesgraden på omtrent samme nivå over hele sesongen (**Figur 3.3.2**).

En framstilling av **kumulative andeler** avlivet hunnlaks og hannlaks i de fire elvene over sesongen viser at en lavere andel av hunnene i Orkla (24 %) og Gaula (36 %) ble avlivet etter 1. juli, da hunnlaksfredningen trådte i kraft, sammenlignet med Surna (48 %) som opererte med senere hunnlaksfredning, og Namsen (46 %) som ikke hadde hunnlaksfredning (**Figur 3.3.3**). I Surna ble 36 % av hunnene avlivet etter at hunnlaksfredningen startet 15. juli.



Figur 3.3.3 Kumulativ andel av genetisk bestemte (a) hunner og (b) hanner fra vårt skjellmateriale som ble fanget og avlivet i Surna, Orkla, Gaula og Namsen over fiskesesongen 2018.

I Namsen og Surna ble også en relativt stor andel av hunnene tatt i løpet av den første måneden i sportsfisket sammenliknet med de to siste månedene. Dette er som forventet siden det var en større andel hunner blant mellom- og storlaks enn blant smålaks, og fangstene av mellom- og storlaks var størst i starten av fiskesesongen. For hanner var avlivet fangst mer jevnt fordelt utover i sesongen, med omtrent 30 % avlivet i juni i både Namsen og Surna. I Gaula og Orkla ble en større andel av hannene avlivet i juni (henholdsvis 40 og 36 %), noe som kan henge sammen med at det var strengere sesongkvoter i disse elvene og at en person ikke kunne avlive mer enn 1 laks over 80 cm i løpet av sesongen. Konklusjonene våre forutsetter at vårt utvalg av skjellprøver er representativt for avlivet fisk, noe vi har forsøkt å oppnå ved å velge ut individer tilfeldig.

3.4 Oppsummering

Hovedfunnene fra dette studiet er:

- En til dels stor andel (21 - 31 %) av laks som det ble innlevert skjellprøver fra var innrapportert med feil kjønn i vårt datasett på 757 individer.
- Det var en høyere andel av skjellprøver uten rapportert kjønn (9,5 %) i Namsen sammenlignet med de andre elvene (4,1 % i Surna, 1,5 % i Orkla og 5 % i Gaula).

- I alle elvene var en større andel innrapporterte hanner genetisk bestemt som hunner enn motsatt. Prosentandel av individene innrapportert som hanner som var genetiske hunner var ca. 25 % i Namsen, 45 % i Surna, 32 % i Orkla og 27 % i Gaula. Tilsvarende tall for individer innrapportert som hunner som var genetiske hanner var ca. 17 % i Namsen, 11 % i Surna, 13 % i Orkla og 10 % i Gaula. Surna skilte seg ut med den høyeste andelen innrapporterte hanner som ble genetisk bestemt til hunner.
- For individer innrapportert som hunner økte sannsynligheten for riktig innrapportering med økende kroppsstørrelse i alle elver, mens det for individer innrapportert som hanner var motsatt, med avtagende sannsynlighet for riktig innrapportering med økende kroppsstørrelse (**Figur 3.2.2**).
- Graden av feilrapportering var, som forventet, størst tidlig i sesongen og sannsynligheten for at et individ blir innrapportert med riktig kjønn økte over sesongen i alle elvene bortsett fra Gaula (**Figur 3.3.2**).
- Tidlig hunnlaksfredning (1. juli) synes å føre til en nedgang i andelen hunnlaks som blir avlivet sent i sesongen (**Figur 3.3.3**).

At det var høyere grad av riktig innrapportering av kjønn i Namsen enn i de andre elvene, og spesielt for hunner, kan tyde på at hunnlaksfredning påvirker feilrapportering av kjønn. Totalbildet er imidlertid svært sammensatt, med variasjon i feilbestemmelse over størrelsesgrupper og fiskesesongen. Alle resultatene som er presentert i denne rapporten er også basert på et relativt begrenset utvalg skjellprøver fra hver elv, og alle skjellprøvene stammer fra sportsfisket fra kun ett år. Ytterligere usikkerhet ligger i at kun laks som ble avlivet er representert i skjellprøvematerialet. Det vil si at det er mulig at laksen som fiskerne var mest sikre på at var hunner i større grad ble satt ut igjen etter hunnlaksfredning, og at disse derfor ikke er med i vårt skjellprøvemateriale. I så fall kan utvalget av fisk i skjellprøvematerialet ha en høyere representasjon av laks som fiskerne var usikre på enn det som er tilfelle for hele fangsten. Dermed er det ikke sikkert at vårt skjellprøvemateriale gir et representativt inntrykk av hvor gode fiskerne i elvene som er med i studiet er til å kjønnsbestemme laks.

For å kunne trekke sikrere konklusjoner bør flere prøver, fra flere år og gjerne flere elver bli analysert. Spesielt viktig vil det være å få analysert kjønn på skjellprøver som ble tatt i år før hunnlaksfredning ble innført. En undersøkelse av hvorvidt graden av feilbestemmelse i elvene er ulik i år med og uten hunnlaksfredning vil altså kunne gi mer forklaringskraft.

4 Referanser

- Fleming, I. A. (1996). Reproductive strategies of Atlantic salmon: ecology and evolution. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 6: 379-416.
- Hindar, K., Diserud, O., Fiske, P., Forseth, T., Jensen, A. J., Ugedal, O., Jonsson, N., Storeid, S.-E., Arnekleiv, J. V., Saltveit, S. J., Sægrov, H. & Sættem, L. M. (2007). Gytebestandsmål for norske laksebestander. NINA Rapport 226.
- Hindar, K., Diserud, O. H., Hedger, R. D., Finstad, A. G., Fiske, P., Foldvik, A., Forseth, T., Forsgren, E., Kvingedal, E., Robertsen, G., Solem, Ø., Sundt-Hansen, L. E. & Ugedal, O. (2019). Vurdering av metodikk for andregenerasjons gytebestandsmål for norske laksebestander. NINA Rapport 1303.
- Karlsson, S., Hagen, M., Eriksen, L., Hindar, K., Jensen, A. J., Garcia de Leaniz, C., Cotter, D., Gudbergsson, G., Kahilainen, K. & Gudjonsson, S. (2013). A genetic marker for the maternal identification of Atlantic salmon x brown trout hybrids. *Conservation Genetics Resources* 5: 47-49.
- Næsje, T. F., Hansen, L. P. & Järvi, T. (1988). Sexual dimorphism in the adipose fin of Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 33: 955-956.
- Lenth, R. (2020). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means. R package version 1.5.2-1. <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>
- Lüdtke, D. (2018).ggeffects: Tidy Data Frames of Marginal Effects from Regression Models. *Journal of Open Source Software* 3: 772.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. (2002). *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0
- Quéméré, E., Perrier, C., Besnard, A-L., Evanno, G., Bagliniér, J-L., Guiguen, Y. & Launey, S. (2014). An improved PCR-based methods for faster sex determination in brown trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Conservation Genetic Resources* 6: 825-827.

5 Vedlegg

Vedleggstabell 1. Antall og %-andeler av laks innrapportert som hunn og hann som var riktig, beregnet direkte fra rådata (n = 757) fra Namsen, Surna, Orkla og Gaula.

	Antall (riktig - feil)	%-andel riktig
Namsen		
<i>Hunn</i>	77 - 16	82,3
<i>Hann</i>	66 - 22	75
Surna		
<i>Hunn</i>	68 - 8	89,5
<i>Hann</i>	62 - 51	54,9
Orkla		
<i>Hunn</i>	65 - 10	86,7
<i>Hann</i>	83 - 39	68
Gaula		
<i>Hunn</i>	47 - 5	90,4
<i>Hann</i>	101 - 37	73,2

Norsk institutt for naturforskning, NINA, er en uavhengig stiftelse som forsker på natur og samspillet natur–samfunn.

NINA ble etablert i 1988. Hovedkontoret er i Trondheim, med avdelingskontorer i Tromsø, Lillehammer, Bergen og Oslo. I tillegg driver NINA Sæterfjellet avlsstasjon for fjellrev på Oppdal, og forskningsstasjonen for vill laksefisk på lms i Rogaland.

NINAs virksomhet omfatter både forskning og utredning, miljøovervåking, rådgivning og evaluering. NINA har stor bredde i kompetanse og erfaring med både naturvitere og samfunnsvitere i staben. Vi har kunnskap om artene, naturtypene, samfunnets bruk av naturen og sammenhenger med de store drivkreftene i naturen.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-4734-4

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger