

1854

NINA Rapport

Bestandsdynamikk og flaskehals for rekruttering av laks og sjøaure i Skjoma

Sluttrapport for perioden 2019-2021

Karl Øystein Gjelland
Øyvind Kanstad Hanssen
Adrian Rinaldo
Vegard Ambjørndalen
Narve S. Johansen
Vegar Seljestokken
Ola Diserud



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.

Bestandsdynamikk og flaskehalsar for rekruttering av laks og sjøaure i Skjoma

Sluttrapport for perioden 2019-2021

Karl Øystein Gjelland
Øyvind Kanstad Hanssen
Adrian Rinaldo
Vegard Ambjørndalen
Narve S. Johansen
Vegar Seljestokken
Ola Diserud

Gjelland, K.Ø., Kanstad-Hanssen, Ø., Rinaldo, A., Ambjørndalen, V., Johansen, N.S., Seljestokken, V. & Diserud, O. 2022. Bestandsdynamikk og flaskehalsar for rekruttering av laks og sjøaure i Skjoma. NINA Rapport 1854. Norsk institutt for naturforskning.

Tromsø, juni 2022

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-4621-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Kjetil Hindar

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Cathrine Henaug (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Statkraft energi AS

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Kontrakt nr 4500269430

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Sjur Gammelsrud

FORSIDEBILDE

Stranda gytegropp ved Vinbærhølla våren 2021. © K.Ø. Gjelland

NØKKEWORD

Norge

Nordland

Narvik

Laks *Salmo salar*

Aure *Salmo trutta*

Påleggsundersøkelser

Skjoma

Elvegårdselva

Rekruttering

Flaskehalsar

Ungfiskundersøkelser

Gytefiskundersøkelser

Gytegropper

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

Gjelland, K.Ø., Kanstad-Hanssen, Ø., Rinaldo, A., Ambjørndalen, V., Johansen, N.S., Seljestokken, V. & Diserud, O. 2022. Bestandsdynamikk og flaskehals for rekruttering av laks og sjøaure i Skjoma. NINA Rapport 1854. Norsk institutt for naturforskning.

I denne rapporten rapporteres funn fra gytefisktellinger og ungfiskundersøkelser i Skjoma høsten 2021, samt gytegrupundersøkelser våren 2022. Analyser av resultatene fra disse og tidligere års undersøkelser, gir grunnlag for rekrutteringsanalyser og overlevelsesanalyser i ulike levestadier for laks og sjøaure i Skjoma. I sin tur gir dette grunnlag for vurdering av flaskehals i ungfiskrekruttering og anbefalinger av tiltak.

1. Gytegrupundersøkelsene:

Undersøkelsene av eggoverlevelsen i gytegrupper fra 2017 til 2022 er et nytt tilskudd til de fiskebiologiske undersøkelsene i Skjoma. Skjoma er prega av svært lav vintervannføring, og dette representerer en flaskehals som de fleste år gir høy eggdødelighet i gytegruppene ved at gytegrupper tørrlegges og/eller fryser inn. Våre undersøkelser indikerer at eggoverlevelsen ville vært bedre enn 75 % i 9 av 10 vintre for både laks og sjøaure dersom laveste vintervannføring hadde vært $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i perioden 2001-2022. Høy dødelighet i gytegrupper reduserer vekstraten i bestandene, men er ikke den begrensende faktoren for maksimal ungfiskproduksjon med nåværende vannføringsregime.

2. Ungfiskundersøkelsene:

Rekrutteringsanalysene for ungfisk viser negativ tetthetsavhengighet for både laks og sjøaure. Det betyr at høyere tettheter gir lavere rekruttering per foreldrepar, og antas å skyldes næringskonkurransen innad i årsklassene for ungfisk. For laks fant vi også en negativ sammenheng mellom en sterk årsklasse og styrken på neste årsklasse. Vi kan ikke konkludere med om denne mellom-årsklasseeffekten skyldes konkurranse og/eller predasjon fra eldre årsklasser på yngre årsklasser. Årsyngel hadde lav overlevelse i år med svært dårlig vintervannføring. Lav sommervannføring er imidlertid den begrensende faktor for ungfiskproduksjonen.

3. Gytefiskundersøkelsene:

Laksebestanden har vokst siden gytefisktellingsene startet i 2001, men veksten har flatet ut i de senere år. Aurebestanden har variert mye gjennom perioden 2001-2021. Rekrutteringsanalysene basert på gytefisktellingsene indikerer at både laks og sjøaure har nådd et bestandsnivå der tetthetsavhengigheten dominerer.

4. Gytefisk oppstrøms fisketrappene i Fallan:

Det har i liten grad vandra laks og sjøaure opp fisketrappene i Fallan, og det er usikkerhet om disse fungerer som ønska. Flytting av laks forbi Fallan har gitt gyting oppstrøms Fallan og fungert etter intensjonen, mens flytting av sjøaure ikke gav slikt resultat.

5. Oppsummerende vurdering:

Både gytefiskanalyser og ungfiskanalyser indikerte de samme mønstrene i tetthetsavhengighet i rekrutteringen av laks og aure. Analysene indikerer at bærekapasiteten for ungfisk er nådd, og med nåværende vannføringsregime (ingen minstevannføringskrav) kan vi ikke forvente at lakse- og sjøaurebestandene kan øke ytterligere utover

dagens nivå. Høgere vintervannføring gir bedre overlevelse for egg og årsyngel, og er nødvendig for å sikre raskere bestandsvekst. Høgere sommervannføring i august og september er nødvendig for å øke bærekapasiteten for ungfisk og dermed gi høgere bestander av laks og sjøaure. Lav vannføring om vinter og sommer representerer de viktigste flaskehalsene for ungfiskrekruttering i Skjoma; høgere minste vannføring vil gi større og mer robuste bestander. Dette er særlig viktig for laks for å redusere genetisk påvirkning fra rømt oppdrettslaks. Det vil også gi et bedre høstingspotensiale for laks, som i dag er svært lavt. Det høstbare overskuddet over gytebestandsmålet vil være prosentvis vesentlig høgere enn økningen i smoltproduksjon.

6. Vurdering av tiltak:

- Vi anser vannføring som den viktigste begrensende miljøvariabelen, men har ikke anledning til å foreslå minstevannføring som tiltak.
- Uttak av rømt oppdrettslaks bør vurderes.
- Fisketrappenes funksjon bør evalueres dersom ikke oppvandring tar seg opp de neste to sesonger (forventet retur av laks rekruttert oppstrøms Fallan). Gytefiskflytting med laks kan eventuelt fortsette i en overgangsperiode. Gyting av naturlig vandra fisk er imidlertid å foretrekke, og flytting av gytefisk bør unngås dersom den naturlige vandringen opp trappene er god. Flytting av sjøaure har ikke hatt suksess, og anbefales ikke videreført.
- Gytegrusutlegging er et potensielt tiltak som ikke vil påvirke bærekapasiteten i Skjoma ved dagens vannføringsregime, men kan vurderes i enkelte områder dersom det innføres minstevannføringskrav.
- Substratharving kan potensielt bedre skjultilgangen for ungfisk. Bedre vekst for ungfisk ved lavere tettheter oppstrøms Fallan i forhold til ungfisk nedstrøms, gir imidlertid holdepunkter for å anta at tetthetsreguleringen skyldes næringskonkurranse heller enn konkurranse om skjul. Skjultilgangen vil trolig bedres ved eventuelle minstevannføringskrav, og vi tror derfor ikke at substratharving vil øke ungfiskproduksjonen i Skjoma.
- Pukkellaks er en fremmed art som vi nå har dokumentert suksessfull gyting for i Skjoma. Vi har ikke resultater som tyder på at den foreløpig har påvirket rekrutteringen av laks eller sjøaure. I tråd med føre-var-prinsippet, anbefales det søke å begrense gyting av pukkellaks i Skjoma.
- Vedlikehold og utforming av terskelbasseng bør vurderes etter endt vilkårsrevisjon.
- Gytefisktellingene og ungfiskundersøkelsene utgjør tidsserier det er viktig å videreføre, både for Skjoma og i et større perspektiv.

Karl Øystein Gjelland, Norsk institutt for naturforskning. Karl.gjelland@nina.no
Øyvind Kanstad Hanssen, Skandinavisk naturovervåking. Oyvind.hanssen@skandnat.no
Adrian Rinaldo, Norsk institutt for naturforskning
Vegard Ambjørndalen, Norsk institutt for naturforskning
Narve S. Johansen, Norsk institutt for naturforskning
Vegar Seljestokken, Norsk institutt for naturforskning
Ola Diserud, Norsk institutt for naturforskning

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Oppdraget og bakgrunnen for det	7
1.2 Vannføringsendringer som følge av reguleringen	8
1.3 Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma	9
2 Metoder	11
2.1 Gytefiskregistrering	11
2.2 Rekrutteringsanalyser basert på gytefisktellinger	12
2.3 Gytegrupundersøkelser.....	14
2.4 Ungfiskregistrering	15
2.5 Vannføring og temperaturdata	16
2.6 Statistisk behandling	18
3 Resultater	19
3.1 Gytefisktelling, eggdeponering og rekruttering	19
3.1.1 Laks.....	19
3.1.2 Rekruttering laks.....	20
3.1.3 Sjøaure.....	21
3.1.4 Rekruttering sjøaure	21
3.2 Fordeling av gytefisk i elva	23
3.3 Gytefiskvandring forbi fisketrappene i Fallan	25
3.4 Gytegrupoverlevelse	27
3.4.1 Gytegrupper våren 2022.....	27
3.4.2 Oppsummering av gytegrupundersøkelsene	29
3.5 Ungfiskundersøkelser 2021	31
3.5.1 Laks.....	31
3.5.2 Aure.....	32
3.6 Årsklasseutvikling og ungfiskoverlevelse i perioden 2013-2021	33
3.7 Vekst for laksunger og aureunger	36
3.8 Temperatursum og vekst hos ungfisk	36
4 Diskusjon	39
4.1 Gytegrupundersøkelsene.....	39
4.2 Ungfiskregistreringene	39
4.3 Gytefiskundersøkelsene.....	40
4.4 Gytefisk oppstrøms Fallan	41
4.5 Vurdering på tvers av undersøkelsene.....	41
5 Referanser	44

Forord

NINA fikk i 2019 i samarbeid med Ferskvannsbiologen og Skandinavisk naturovervåking oppdrag om å gjennomføre fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma i perioden 2019-2021. Oppdraget var en oppfølging til tidligere års undersøkelser i elva. Dette innebar videreføring av gytefisktellinger om høsten, flytting av laks og/eller sjøaure opp forbi fisketrappene for å øke gytebestanden på oversiden av disse, videreføring av gytegrupundersøkelser om våren, samt videreføring av ungfiskundersøkelser om høsten.

Vi vil takke alle medarbeidere i NINA og Skandinavisk naturovervåking som har bidratt i prosjektet, og grunneiere og andre frivillige i Skjoma for bistand ved gjennomføringa av prosjektet.

Vi takker Statkraft for oppdraget.

Tromsø, 23. juni 2022
Karl Øystein Gjelland

1 Innledning

1.1 Oppdraget og bakgrunnen for det

NINA fikk i 2019 i samarbeid med Ferskvannsbiologen/Skandinavisk naturovervåking i oppdrag å gjøre fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma i perioden 2019-2021. Oppdraget var en videreføring av tidligere undersøkelser (Lamberg mfl. 2013, Gjelland mfl. 2018), med noen endringer. Hovedhensikten med undersøkelsene er å følge opp bestandsutviklingen av laks og sjøørret i Skjoma, kartlegge regulerings effekter og eventuelle flaskehals for ungfiskproduksjon, evaluere effekten av etablering av fisketrapper og eventuelle habitatforbedrende tiltak samt eventuelt tilrå ytterligere kompenserende tiltak.

Oppdraget besto av følgende oppgaver:

1. Ungfiskundersøkelser - følge utviklingen i tetthet og aldersfordeling. Undersøkellesprogrammet skal følge gjennomføringen i forrige påleggsperiode, samt utvides til også å omfatte områdene oppstrøms laksetrappene.
2. Gytefisktellinger - gjennomføre drivtelling nedstrøms trappene i to perioder; en tilpasset sjøørret og en tilpasset laks. Gytefisktellinger skal starte i hølen under Storefallet slik at oppvandringen i trappa i Lillefallet kan evalueres. Det skal også telles gytefisk oppstrøms trappa i Storefallet. Dette kan gjennomføres ved drivtelling, men etablering av fisketeller i den øverste trappa anbefales.
3. Gytegroppregistrering gjennom vinteren - for å få et bilde av omfanget av innfrysing av gytegroper det enkelte år, og effekten dette har på ungfiskproduksjonen, ønskes denne registreringen videreført i tråd med registreringene som er gjennomført de senere år.
4. Bistand i forbindelse med eventuell fangst og flytting av gytefisk ovenfor laksetrappene dersom oppvandringen av fisk gjennom trappa i Storefallet viser seg å være liten.

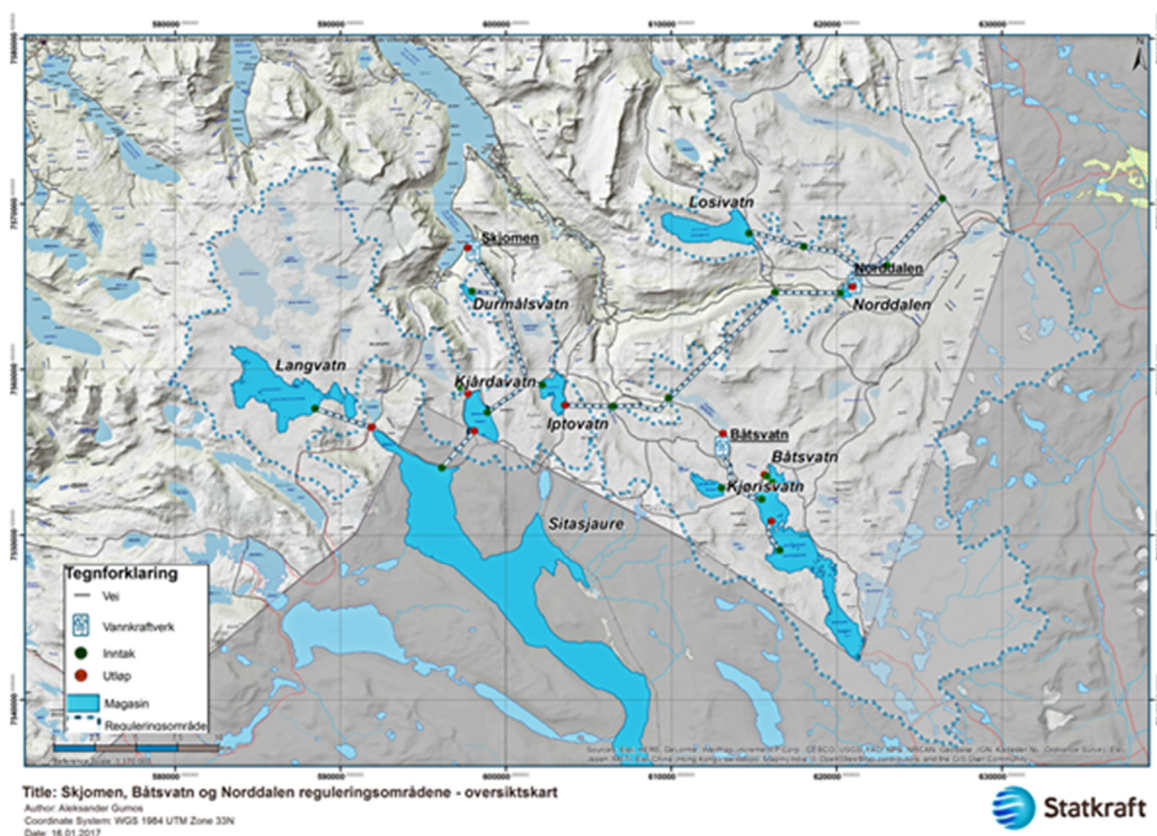
Skjoma er regulert i henhold til Kgl. res. av 1.8.1969: Statsregulering av Skjomenvassdraget m.v. Denne reguleringen er hovedårsaken for gjennomføring av undersøkelsene. En viktig medvirkende faktor til utformingen av undersøkelsene er at Skjoma har vært stengt for laksefiske siden 1997 fordi bestanden i liten grad har nådd gytebestandsmålet. Videre har også sjøaurefiske vært stengt i en periode etter 2013 på grunn av dårlig tilbakevandring i årene før stenginga.

Det er grunn til å tro at den svake produksjonen av anadrom fisk har sammenheng med reguleringspåvirkninger på ungfiskrekruttering. En viktig oppgave for ungfiskundersøkelsene i denne treårsperioden (2019-2021) er å avdekke flaskehals i ungfiskrekrutteringen, for dermed å gi et best mulig grunnlag for vurdering av tiltak for å bedre produksjonen av laks og sjøaure i vassdraget. I denne rapporten presenteres resultatene fra undersøkelsene i 2021, inkludert overlevelsesestimater for gytegroper undersøkt våren 2022. Resultatene fra undersøkelsesperioden blir også analysert sammen med resultatene fra gytegroppundersøkelser, ungfiskundersøkelser og gytefisktellinger i tidligere år, med tilhørende miljøvariabler.

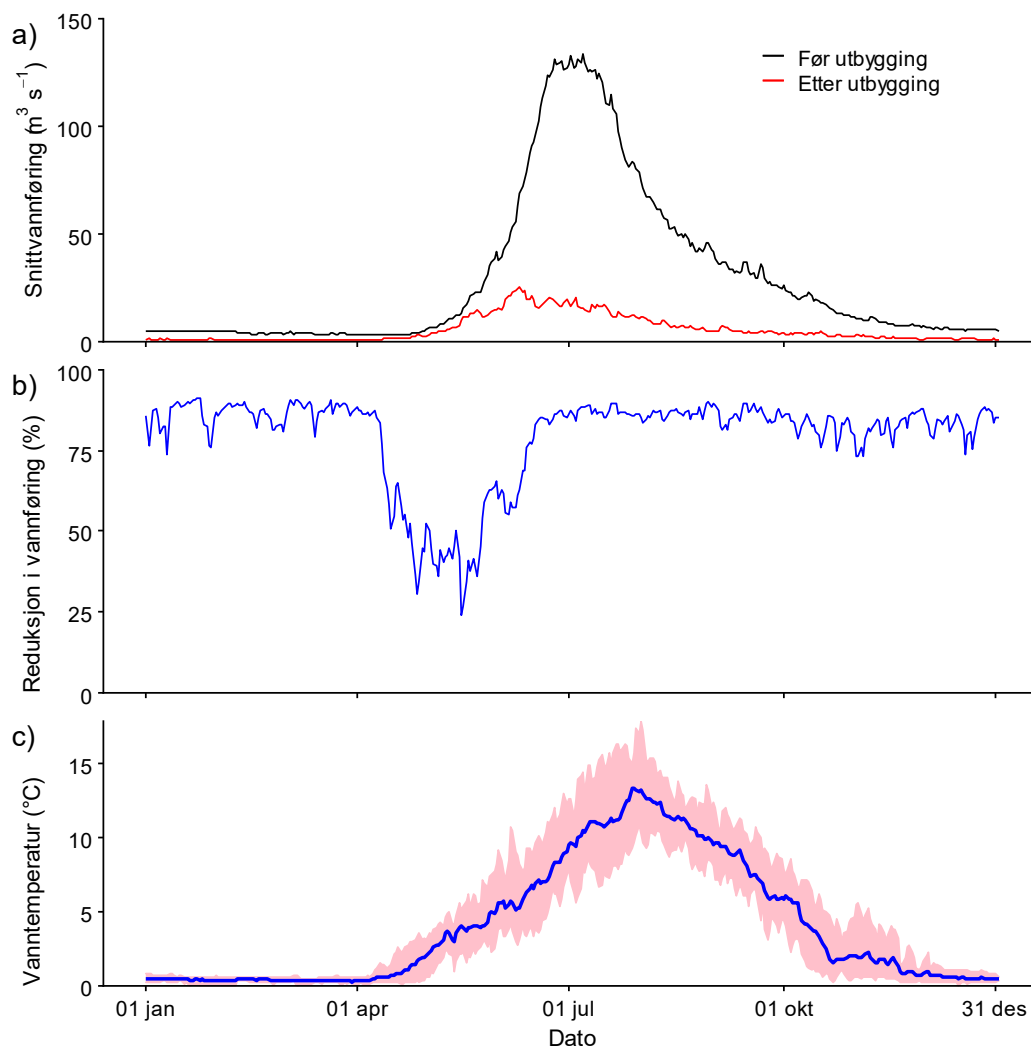
1.2 Vannføringsemdringer som følge av reguleringen

Nedbørsfeltet for Skjoma ble regulert i 1970-årene (Figur 1). Skjoma er regulert med sterkt redusert vannføring (Figur 2), og det er ikke noe krav til minstevannføring i Skjoma. I perioden 1920-1970 (før utbygging av kraftverket) lå gjennomsnittlig vannføring for den enkelte dag i året rundt $3\text{--}5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i vinterhalvåret (Figur 2). I perioden 1980-2015 lå vintervannføringa typisk under $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. I vinterhalvåret er vannføringa typisk redusert med rundt 90 % i forhold til det den var før utbygging. I sommerhalvåret er reduksjonen 80-90 % med unntak av perioden før toppen av vårflommen, der snøsmelting i lavereliggende områder resulterer i en vesentlig mindre reduksjon enn i resten av året (Figur 2). Snøsmeltingsperioden resulterer i at reduksjonen i årlig middelvannføring ved Gamnes fra $29,3$ til $5,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (82 % reduksjon) framstår som noe mindre enn den som er typisk for en vinter- eller sommerdag (Figur 2).

I 1959 var det en storflom som ødela mye infrastruktur i Skjomen, og vannføringmålingene stoppet opp i en periode. I 1961 var det også en periode uten vannføringmåling, og mot slutten av 1960-tallet kan målingene ha blitt påvirket av utbyggingen. Ser vi på vannføringssdata i perioden 1913-1958, finner vi en Q95-verdi på $1,56 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i vintersesongen (oktober-april), $4,28 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ for sommersesongen (mai-september), og en alminnelig lavvannsføring på $1,74 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



Figur 1. Oversiktskart over Skjomareguleringen, med omfattet nedbørsområde indikert med stiplet blå linje og noe mer gråtonet område. Innsjøer som er inkludert i reguleringen er indikert i klarere blåfarge enn andre vannforekomster. Restnedbørsfeltet for Skjoma er bare Sørdaalen, Norddalen og Skjomdalen. Kilde: Statkraft revisjonsdokument, 2017.



Figur 2. a) Gjennomsnittlig vannføring ved Lillefallet for den enkelte dag i året i perioden 1920-1970 (svart) og i perioden 1980-2021 (rød). b) Gjennomsnittlig reduksjon i vannføring for den enkelte dag i året etter utbygging relativt til før utbygging. c) Gjennomsnittlig vanntemperatur for den enkelte dag i året ved Lillefallet i perioden 2011-2021 (blå kurve), med spennet mellom minste og høyeste observerte temperatur indikert i rosa.

1.3 Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma

Det er nå over 40 år siden utbygginga i Skjoma. Det ble gjennomført fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma før utbygging (1976-1980), med oppfølgende undersøkelser etter utbygging (1984-1985), for å avdekke konsekvenser av redusert vannføring og bygging av terskler på ungfiskbestandene av laks, aure og røye (Heggberget 1985). Det ble konkludert med at andelen laksunger hadde økt etter utbygging, og at det ikke var tegn til sviktende rekruttering etter utbygging for laks og aure i Skjoma. Her er det imidlertid verdt å merke seg at ungfisktetthetene registrert i disse undersøkelsene var avkom om gytefisk rekruttert før utbyggingen, slik at utbyggingseffekter på hele generasjoner fortsatt ikke var synlige. Det var også metodiske utfordringer knyttet til undersøkelsene; høyere vannføring før undersøkelsen har medført større vanddekket areal, slik at oppskalert mengde ungfisk ville vært større før utbygging dersom tettheten var noenlunde lik. Sist, men ikke minst, var det pålegg om årlige utsetninger av 35 000 laksunger og 15 000 aureunger i perioden 1974-1985, disse har trolig også hatt påvirkning på tetthetsestimatene.

Neste oppfølgende undersøkelser ble gjennomført i 1997-1998 (Nøst mfl. 1998). Her ble det stadfestet at fangstene av laks har gått sterkt tilbake etter reguleringa, noe som medførte stans i laksefisket fra 1997. Det ble også konkludert med at rekrutteringen av laksunger hadde gått tilbake etter utbyggingen, og at laksebestanden var sårbar. For første gang ble det også gjort drivtelling, men denne ble kun gjennomført med en dykker på og i begrensa områder av anadrom strekning, slik at resultatene fra disse registreringene ikke kan inngå i langtidsserien for gytefisk som har blitt opparbeidet senere.

I perioden 2001-2012 ble det gjennomført årlige gytefiskregistreringer ved drivtelling (med unntak av 2012) og med videoovervåking (Lamberg mfl. 2013). Fra 2004 ble videoovervåkingen også brukt til å estimere smoltutgang. Det ble konkludert med at det var et godt samsvar mellom oppgang registrert på video, og oppgang registrert ved drivtelling. Det ble ikke gjennomført tetthetsregistreringer av ungfisk, men smoltestimaterne basert på video var lave. Det har i ettertid blitt reist spørsmål om disse smoltestimaterne var for underestimater av faktisk smoltutgang (Gjelland mfl. 2018). Det ble også rettet fokus mot innfrysing av gytegrøper som et potensielt problem for rekrutteringen av ungfisk i Skjoma.

I perioden 2013-2017 ble det iverksatt en ny overvåkingsperiode for fiskebestandene i Skjoma (Gjelland mfl. 2018). Årlige gytefiskregistreringer ved drivtelling ble videreført, og det ble gjennomført ungfiskregistreringer ved hjelp av et omfattende elfiske langs anadrom strekning. I 2017-2018 ble det også gytegrøpundersøkelser en del av oppdraget. Resultatene viste at laksebestanden hadde vært i vekst siden 2001, mens dette ikke var tilfelle for sjøaure. Det ble også vist at lav vintervannføring hadde negativ effekt på rekruttering av laks, og dokumentert omfattende eggdødelighet i gytegrøper som følge av tørrlegging og/eller innfrysing.

Vi rapporterer her fra kontraktperioden 2019-2021, med gytefisktellinger i perioden 2018-2021, ungfiskregistreringer i perioden 2019-2021 (ble ikke gjennomført i 2018), og gytegrøpundersøkelser i 2019-2022. Vi inkluderer også data fra gytefisktellinger i hele perioden fra 2001-2021, ungfiskregistreringer 2013-2021, og gytegrøpundersøkelser i 2017-2022 i analysene.

2 Metoder

2.1 Gytefiskregistrering

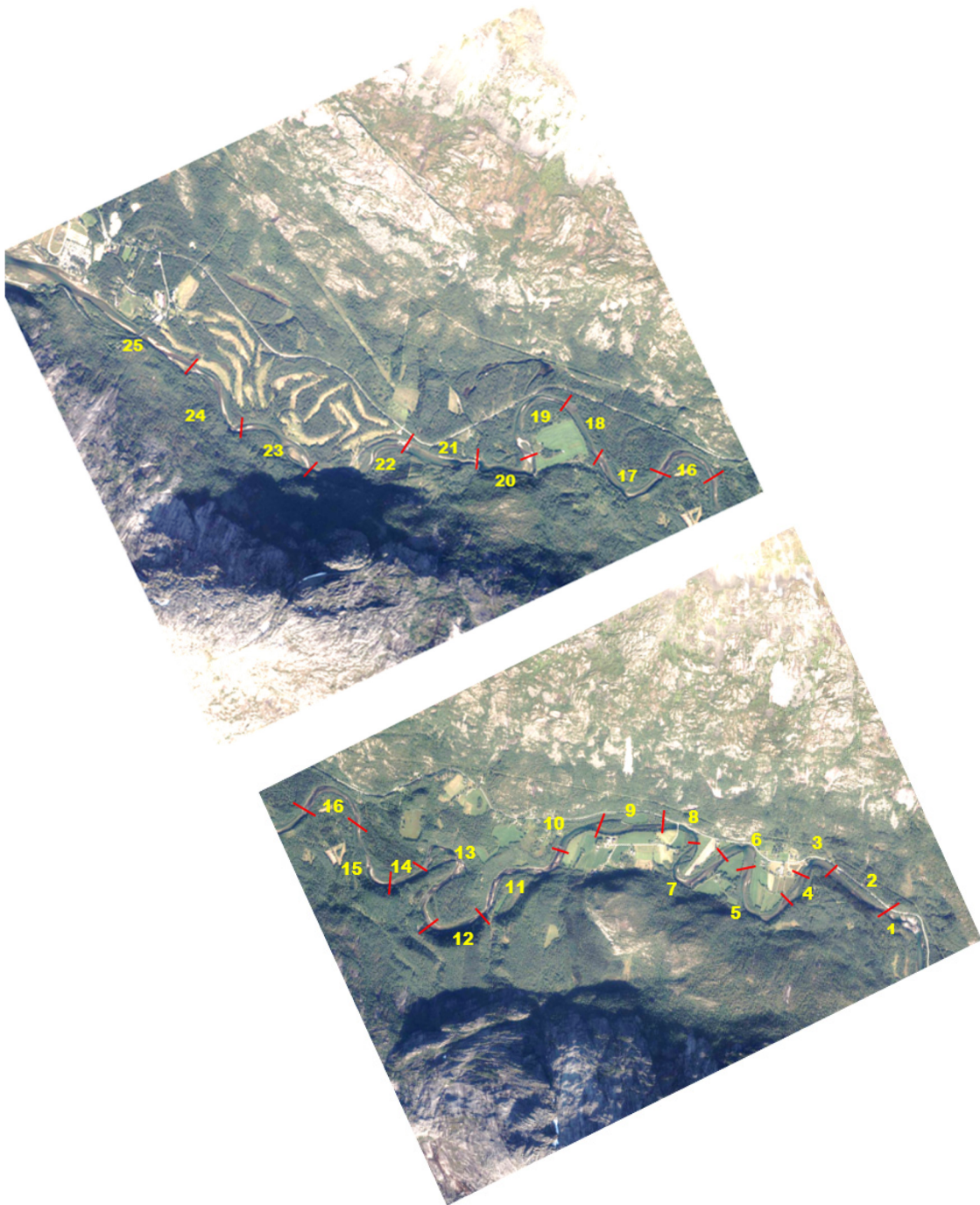
Gytefiskregistreringene har i årene 2018-2021 blitt utført innenfor tidsrommet 16. september til 13. oktober, og ved vannføringer fra 2 til 10 m³ s⁻¹ og sikt fra 4 til 12 m (Tabell 1). Alle registreringer ble utført i henhold til Norsk Standard (NS9456:2015). I utgangspunktet har det vært tilstrekkelig å benytte to drivtellerer for å sikre dekning av hele elvetverrsnittet, men i Berghølla er elva både bred og dyp og her har det blitt benyttet tre til fire drivtellerer. Undersøkelsene har hvert år blitt utført langs hele lakseførende strekning av elva. Strekinga fra Lillefallet til sjøen blir delt inn 25 soner (Figur 3).

Tabell 1. Dato for gjennomføring av drivtelling, samt rådende vannføring og siktforhold.

Dato	Vannføring (m ³ /s)	Sikt (m)
22-23. sep 2018	6-10	5-10
11-12. okt 2018	4-8	4-10
16. sep 2019	2	6-8
23.+30. sep 2020	6-10	8
12-13. okt 2020	2,5	8-10
20. sep 2021	2	12

Hver drivteller var utstyrt med en skriveplate i ekstrudert polystyren i A5 format festet til armen med en strikk. Hver drivteller noterte observasjoner etter behov og knyttet disse til et kart festet på baksiden av skriveplaten. Drivtellerne kommuniserte kontinuerlig for å unngå dobbelttelling av fisk. Laks og sjøørret ble subjektivt klassifisert i grupper etter kroppsstørrelse. For laks er kategoriene smålaks, mellomlaks og storlaks benyttet (henholdsvis 1-3 kg, 3-7 kg og > 7 kg). Laksen ble også kategorisert som hann- og hofisk, og i tillegg ble det skilt mellom laks som hadde typiske morfologiske oppdretts- og villfisk-karakterer. Auren ble fordelt til kategoriene < 1 kg, 1-3 kg, 3-7 kg og > 7 kg. I tillegg ble det skilt mellom moden og umoden sjøaure. Antall sjørøye ble også registrert og fordelt til fisk <1 kg og >1 kg.

Nøyaktigheten for bruk av denne metoden i norske vassdrag, der den lar seg dokumentere ved hjelp av videoovervåking og/eller merkeforsøk, har variert mellom 85 og 99 %. Sikten i Skjoma er normalt god (> 6 m), og vi legger derfor til grunn at nøyaktigheten i registreringene er høy.



Figur 3. Kart med soneinndelinger for gytefisktellingerne.

2.2 Rekrutteringsanalyser basert på gytefisktellinger

Laks og sjøaure har både likheter og ulikheter i livshistoriestrategi, og det dominerende mønsteret varierer gjerne mellom forskjellige vassdrag som en følge av ulikt seleksjonstrykk. Likheten er at begge benytter sjøen som oppvekstområde når de har nådd en viss alder, og de returnerer begge til elva de vokste opp i for å gyte. Men mønsteret i sjøvandringen varierer både mellom og innad i artene. I Skjoma har vi sett at smålaks stort sett er

hannlaks som har tilbragt ett år i sjøen. Det vanligste for holaks er at den returner som mellomlaks etter to år i sjøen, eller som storlaks etter tre år i sjøen. Dette mønsteret gjør at når vi kjenner smoltalder, kan vi regne oss tilbake til hvilken årsklasse laksen stammer fra. For mellom- og storlaks hann er mønsteret noe mer variert, de kan ha returnert først som smålaks, og tilbragt en vinter som støing i elva før de tar en eller flere vintre i havet igjen. Stor hannlaks er derfor mer usikkert å relatere til årsklasse, med mindre man har skjellprøve av den. Alle flergangsgytere i skjellmaterialet fra Skjoma var storlaks; blant storlakshanner var 33 % flergangsgytere og blant storlakshoer var 10 % flergangsgytere. Basert på dette, samt at typisk smoltalder i Skjoma er fire år, vil en laks gytt som egg i 2001 smoltifisere i 2006, og returnere som smålaks i 2007, eller som mellomlaks (ho) i 2008, eller storlaks (ho) i 2009.

For sjøaure er skjellprøvematerialet mindre, slik at vi vet mindre om kjønnsforskjeller i tilbakevandring ved de forskjellige sjøaldre. Generelt er det likevel slik at sjøaure returnerer til ferskvann hver høst, men før kjønnsmodning kan noen individer søke mot andre ferskvannskilder enn der den vokste opp. I Skjoma modner de første sjøaurene etter tre somre i sjøen, og er da mellom 1-3 kg. Med en typisk smoltalder på 4 år (5 somre), betyr dette at de kjønnsmodner som seksåringer (7 somre). En aure gytt som egg i 2001 klekker våren 2002, smoltifiserer våren 2006, og returnerer som kjønnsmoden i 2008 i klassen 1-3 kg, og/eller i 2009 i klassen 3-7 kg. Etter første gyting vandrer noen ut i sjøen relativt umiddelbart, mens andre overvintre i ferskvann og går ut påfølgende vår.

Siden fisk fra en årsklasse kan returnere ved ulike sjøalder, er det derfor viktig å bruke tilbakevandring fra gytefisketellinger over flere år dersom en ønsker å vurdere rekrutteringen fra den enkelte årsklasse. Til dette formålet har vi regnet ut eggdeponering for den enkelte art og størrelsesklasse. Her har vi antatt at en smålaks ho veier 2 kg, en mellomlaks ho veier 5 kg, og en storlaks ho veier 8 kg. Smålaks ho ett år, mellomlaks ho neste år, og storlaks ho året etter der igjen, bidrar alle til rekrutteringen fra en årsklasse (kohort). Summen av disse eggdeponeringene er derfor et uttrykk for rekrutteringen fra årsklassen. Denne tilnærmingen innebærer en antakelse om at laksen smoltifiserte som 4-åring, at smålaks har tilbrakt en vinter i sjøen, mellomlaks har tilbrakt to vintre i sjøen, og storlaks tre vintre i sjøen før returnering til elva. Disse antakelsene har støtte i gjennomsnittlig smoltalder (4,1 år, $n=77$) og gjennomsnittlig sjøalder (1,05, 2,0, og 3,0 for henholdsvis smålaks, mellomlaks og storlaks, $n=82$) i skjellesinger. For laks er det brukt en antakelse om en fekunditet på 1 450 egg/kg hofisk, som er en videreføring fra tidligere undersøkelser (Anon. 2011, Lamberg mfl. 2013, Gjelland mfl. 2018).

Siden sjøaure ikke er differensiert på kjønn, brukte vi totaltallet innenfor vektklasse 1-3 kg, 3-7 kg og > 7 kg for å regne ut rekruttering i form av eggdeponering, med en antakelse om at 50 % av gytefisken var hofisk. Det er antatt en gjennomsnittlig vekt på henholdsvis 2, 5 og 8 kg for sjøaure i vektklassene 1-3 kg, 3-7 kg og > 7 kg. For sjøaure har vi antatt en fekunditet på 1 750 egg/kg hofisk (Jonson & Jonsson 1999, samt undersøkelser av fekunditet hos sjøaure i Skjoma).

For rekrutteringsanalysene ble antallet avkom (egg) fra en generasjon til neste modellert med en Shepherd-modell (Shepherd, 1982). Det eksisterer flere forskjellige bestand-rekrutteringsmodeller som alle antar en tetthetsuavhengig overlevelse for lave bestandstettheter (lineær sammenheng mellom bestand og rekruttering) og så en økende tetthetsavhengig

dødelighet for økende bestandstettheter. Forskjellene mellom modellene består hovedsakelig i hvordan denne tetthetsavhengigheten beskrives matematisk. Shepherd-modellen er en tre-parameter modell $R = aS/(1 + (bS)^\beta)$, hvor S er bestanden (Stock), R er rekrutteringen og (a, b, β) de tre modellparameterne. De klassiske modellene kommer ut som spesialtilfeller:

- Ricker – kupelformet modell ($\beta > 1$)
- Beverton-Holt – asymptotisk modell ($\beta = 1$)
- Cushing – stigende modell ($\beta < 1$).

2.3 Gytegrupundersøkelser

Fra høsten 2016 ble undersøkelser av innfrysing/tørrelgging av gytegroper også inkludert i undersøkelsene i Skjoma. Eggoverlevelsen i gytegroper ble undersøkt i mange seksjoner av elva hvert år. Framgangsmåten var som følger: På hver seksjon skaffet vi oss først en oversikt over hvor det var gytegroper. Deretter undersøkte vi først gytegropene som ble vurdert som mest utsatt for tørrelgging og/eller innfrysing. Deretter undersøkte vi groper innover mot djupålen, langs en gradient mot groper med bedre vannoverdekke som var vurdert som trygge. Den enkelte undersøkte grop ble stedfestet med en GNSS og CPOS-tjenesten fra Kartverket, som gir en presisjon på 1-2 cm horisontalt og omtrent 2 cm vertikalt. Posisjonen ble tatt i vannoverflaten, eller på substratet i de tilfeller der det ikke var vannoverdekning. Dypet fra vannoverflaten ned til substratet ble målt med meterstokk, samt fra substratoverflaten ned til egglommen. Det ble gravd forsiktig med hageredskap ned til egglommen, og eventuelle egg som ble virvlet opp ble fanget med håv. I de tilfeller der vi fant bare døde egg, fortsatte vi å grave gjennom gropen til hele gropen var undersøkt for tilstedeværelsen av levende egg. Dersom vi fant levende egg, ønsket vi ikke å grave gjennom hele gropen fordi det kunne være ødeleggende for fortsatt overlevelse. Vi gjorde derfor følgende grove klassifisering av dødeligheten i den enkelte grop:

- 0 – ingen døde egg, antatt eggoverlevelse nær 100 %.
- 1 – noen døde egg, men overveiende levende egg. Antatt eggoverlevelse i gropen høyere enn 85 %.
- 2 – mange døde egg, men også noen overlevende. Antatt overlevelse under 85 %, men overlevelsen i denne gruppen er typisk under 50 %.
- 3 – bare døde egg. Eggoverlevelse 0 %

Etter å ha undersøkt et varierende antall groper innenfor hvert område, avhengig av overlevelsen i og plasseringen av de undersøkte groper, gjorde vi en vurdering av overlevelsen i ikke undersøkte groper i nærområdet til de undersøkte gropene. Groper som lå grunnere enn undersøkte groper med full dødelighet, ble antatt å ha 100 % dødelighet, mens groper som lå dypere enn groper med god overlevelse (vurderingsklasse 0 og 1) ble antatt å ha full overlevelse. Groper som lå i overgangssonen mellom lav og høy dødelighet ble alle undersøkt. Basert på disse vurderingene, vurderte vi dødeligheten innenfor hvert undersøkte område. Deretter fant vi gjennomsnittlig forventet overlevelse ved å vekte med antallet observerte gytegroper innenfor hvert område.

For hver grop ble art anslått i felt basert på eggfarge og eggstørrelse. Eggdiameter ble også målt på 2-5 egg fra hver undersøkte grop. I tillegg ble 2-5 egg fra hver undersøkte grop lagt på sprit og sendt til genetisk undersøkelse for artsidentifisering. Aureegg (genetikk-basert) varierte mellom 4,7 mm og 5,9 mm i diameter, mens laks varierte mellom 5,8 mm og 6,5 mm. Basert på disse resultatene ble det lagt større vekt på eggstørrelse ved artsidentifisering i felt, der groper med gjennomsnittlig eggdiameter <5,8 mm ble klassifisert som aure, og alle groper med gjennomsnittlig eggdiameter >5,9 mm ble klassifisert som laks. I tilfeller der gjennomsnittlig eggdiameter var 5,8 eller 5,9 mm, ble art anslått basert på farge (aureegg er som regel en anelse lysere/gulere). For døde egg var det som regel vanskelig eller umulig å anslå art på eggets utseende, fordi både farge og form var sterkt endret. De genetiske analysene virket heller ikke på døde egg, slik at det var vanskelig å mene noe sikkert om art for døde egg i gytegrøpene.

Basert på en antakelse om at gytegrøpundersøkelsene fra de mange undersøkte områdene var representative for vassdraget, ble resultatene fra de undersøkte områdene ekstrapolert til gytegrøpene i områder som ikke blir fysisk undersøkt.

2.4 Ungfiskregistrering

Ungfiskregistreringer ble gjennomført i september hvert år. Det ble benyttet elektrisk fiskeapparat (Terik Technology AS, Levanger) til innsamling av ungfisk for tetthetsregistreringer og prøvetaking. Vi benyttet en kombinasjon av stasjoner med tre gangers overfiske og transekt med kun en gangs overfiske, se Gjelland mfl. (2018) for videre metodebeskrivelse. Avstanden mellom transekta var 50 m for hver seksjon av elva som ble undersøkt. For hvert transekt ble det fisket fra land og utover i elva i en bredde på 2,5 m, til en dybde på ca. 70 cm eller helt over elva dersom den var grunnere enn dette. For undersøkelsene i perioden 2019 til 2021 ble også strekninger ovenfor laksetrappene i Fallan inkludert (Figur 4). Valg av områder for stasjoner og transekt ble basert på et utvalg av stasjoner fisket i tidligere undersøkelser i vassdraget for å ha et sammenligningsgrunnlag (Heggberget 1985, Nøst mfl. 1998, Lamberg 2006), med formål å dekke alle deler av vassdraget og alle habitatklasser slik det er definert i boniteringsrapporten for vassdraget (Lamberg mfl. 2006). I Lamberg mfl. (2006) er Skjoma klassifisert i 4 ulike habitatklasser basert på vurdering av rekrutteringspotensialet for laks (uegnet, egnet, godt egnet, og meget godt egnet). Vi gjorde stratifiserte analyser av tetthet, der hver habitattype ble antatt å ha gjennomsnittlig tetthet som kunne være forskjellig fra tettheten i de andre habitatklassene. Vi brukte de samme habitatklassene for aure som for laks, men la i analysene ingen føringer for at en habitatklasse skulle ha høyere tetthet enn andre habitatklasser.



Figur 4. Elfisketranskter fisket ved ungfiskeundersøkelsene høsten 2021, indikert med blå punkter.

Årsyngel (0+) ble utelatt fra de fleste tetthetsestimater på grunn av lavere fangbarhet, og bestandsestimatene omfatter derfor bare fisk som er ett år eller eldre. Tetthetsestimater for årsyngel ble likevel inkludert i overlevelsesanalyser fra egg til eldre stadier av ungfisk, her ble det brukt samme fangbarhet som for eldre fisk, og vi må vi anta at tettheten av årsyngel er underestimert på grunn av lavere fangbarhet. Disse estimatene er likevel nyttige for å vurdere tetthetsavhengig overlevelse. All fisk som ble fanget ble identifisert til art og lengden målt som gaffellengde (lengde fra snutespiss til bunnen av halekløften i sporden). I noen rapporter det er aktuelt å sammenligne med blir fiskens lengde presentert som totallengde, det vil si lengde fra snutespiss til enden av naturlig utfoldet spord. Forholdet mellom fiskens gaffellengde L_G og totallengde L_T kan uttrykkes med formelen $1,098L_G - 1,45$ for lakseunger og $1,058L_G - 0,52$ for aureunger (M. Svenning, NINA, upubliserte data, $n_{laks}=2\ 337$ og $n_{aure}=91$). Det vil si at totallengden er omtrent 10 % og 6 % lengre enn gaffellengden for respektive lakseunger og aureunger. Ett år og eldre fisk ble veid til nærmeste 0,1 g når gode vindforhold tillot pålitelig vektavlesing. Skjellprøver ble tatt for aldersanalyse for de fleste fisk over 70 mm, og ellers for en del fisk over 45 mm lengde for å bestemme alder ved lengde. For ikke alderslest fisk ble alder bestemt basert på sannsynlighet for alder fra miks-modellering av alder ved lengde (pakken mixtools i R; Benaglia mfl. 2009). Etter endt fiske på stasjonen/transektet og individmålinger, ble fisken satt tilbake i elva.

2.5 Vannføring og temperaturdata

Vi har fått daglige vannføringsdata ved Gamnes (ved Lillefallet, som har vært grensa for anadrom fisk inntil laksetrappen ble åpnet i 2016) for perioden 1920 til og med mai 2018 fra NVE. Disse dataene ble brukt til å sammenligne vannføring før og etter regulering, angi vannføring i undersøkelsesperiodene, samt til å undersøke eventuell sammenheng mellom vannføring og rekruttering hos laks og aure. Vannføringsdataene fram til bygginga av fiske-trappa i Lillefallet i 2015 er svært usikre ved lave vintervannføringer, fordi varierende isforhold på terskelen hadde stor innvirkning på estimert vannføring. Dette har blitt mye bedre etter at det ble laget en spalte i terskelen på Lillefallet i forbindelse med etableringen av fisketrappa. Imidlertid har NVE sluttet å publisere vannføringsdata fra stasjonen; nå publiseres kun vannstandsdata (<http://sildre.nve.no>). Vi har derfor måttet regne vannføring fra vannstandsmålingene, basert på en tilpassing av vannføringskurven til tidligere vannføringskurver, samt at vi har inkludert teoretisk vannføring gjennom spalten i trappen gjennom

terskelen i Lillefallet og de ulike åpninger den har hatt siden trappen ble åpnet (egne målinger, samt lokale opplysninger om når spalten ble endret).

Fordi gytegrupundersøkelsene indikerte at eggoverlevelsen i gytegropene var sterkt påvirket av vintervannføringa, ønsket vi å bruke en indikator som gav riktigere inntrykk av laveste vintervannføring enn de tidligere vannføringsmålingene på Lillefallet. Vi valgte da å bruke data fra NVE sin grunnvannstandsmåler ved Elvegård (<http://sildre.nve.no/Sildre/Station/173.28.2>).

Gytevannstanden blir definert som forskjellen mellom vannstand ved laveste vintervannføring og vannstanden i gytesesongen. Fordi vi ikke kjenner vannstanden i ulike deler av elva ved ulike vannføringer eller grunnvannstander, valgte vi å bruke vannføringsdata og grunnvannstand som indikatorer for henholdsvis vannstand i gyteperioden og laveste vintervannstand. Vi sorterte daglige middelerverdier for vannføring i gyteperioden (20. september – 20 oktober for sjøaure, 10. oktober – 10. november for laks) innenfor hvert enkelt år for å etablere varighetskurver, og antok at vannstanden ved gyting kunne relateres til 10-prosentilen (heretter kalt Q10gyting), det vil si den vannføringa som ble oversteget i tre dager i gyteperioden. Erfaringsvis har fisken hektisk gyteaktivitet når vannstanden går opp, og mye av gytingen blir unnagjort i løpet av få dager. Videre definerte vi laveste vannstand i vinterperioden som minste målte grunnvannsnivå i perioden 1. desember - 30. april. For å kunne sammenligne disse to enhetene (vannføring og grunnvannsnivå), ble de standardisert. Standardiseringen innebar subtrahering av gjennomsnittet av måleseriens verdier fra enkeltverdiene (sentrering), og så dividering med måleseriens dobbelte standardavvik (z-transformering; Schielzeth 2010). Deretter ble differansen mellom standardisert Q10gyting og standardisert minste grunnvannstand igjen standardisert, og definert som gytevannstandsindeks_grunnvann. Med en antakelse om at vintervannføringsmål de senere år er mer pålitelige, valgte vi også å definere enn gytevannstandsindeks basert på kun vannføringer. Til dette brukte vi Q95vinter, definert som 95-prosentilen av daglige gjennomsnittsvannføringer i perioden 1. desember - 30 april. Dette tilsvarer at vannføringa var lavere enn Q95vinter i om lag en uke i denne perioden. Gytevannstandsindeksen basert på kun vannføringer ble så definert som GVSindeks_vf = $\log(Q10gyting/Q95vinter)$. Denne gytevannstandsindeksen gir den fordelten at den kan illustrere en gytevannstandsindeks dersom minste vintervannføring hadde vært høyere, ved at Q95vinter erstattes med en høyere vintervannføring. Dette brukte vi til å vurdere hvorvidt eggoverlevelsen i gytegroper ville vært en flaskehals ved minimum vintervannføring på eksempelvis 1, 1,5 og 2 m³ s⁻¹. Begge gytevannstandsindeksene ble relatert til gytegrupdødelighet.

Høg gytevannstandsindeks innebærer relativt stor forskjell mellom oktober- og vintervannføring, og dermed at et større areal som er vanddekket under gyting blir tørrlagt i løpet av vinteren. Ved høg gytevannføring vil gyteforholdene (substrat, vannhastighet, dyp) være gunstige over større areal, slik at fisken kan gyte relativt spredt. Den biologiske konsekvensen av dette er at ved høg gytevannstandsindeks er potensialet stort for at gytegroper blir lagt i områder som senere blir eksponert for kulde og/eller tørke om vinteren. Motsatt vil en lav verdi for gytevannstandsindeks innebære at vannstands nivå mellom høst og vinter er mer likt, og en større andel av gropene vil være lagt i områder som holder seg gunstige vinteren igjennom. Eventuell sammenheng mellom gytevannstand og rekruttering av laks og sjøaure ble undersøkt gjennom rekrutteringsmodellene for laks og sjøaure basert på gytefisktellinger, samt gjennom overlevelse fra egg til ulike stadier av ungfisk.

Vanntemperaturdata ble skaffet fra NVE (<http://sildre.nve.no>), som gir vanntemperatur fra Lillefallet. Vi regnet sommertemperatursum som summen av døgnbasert middeltemperatur fra 1. mai til 1. oktober.

2.6 Statistisk behandling

For alle årene med ungfiskundersøkelser brukte vi stratifisert bootstrapping (se Gjelland mfl. 2017) for å beregne 95 % konfidensintervall for tetthetene av ungfisk i de forskjellige gruppene (fisk \geq 1 år, 1, 2, 3 og 4-åringer, samt fisk \geq 3 år for bruk til presmolt-estimat).

Tettheten av ungfisk fra den statistiske modelleringen ble behandlet som antall fisk per 100 kvadratmeter. Oppskalering til mengde av fisk med 95 % konfidensintervall for de ulike habitatklassene ble beregnet ved å multiplisere gjennomsnittsverdien og konfidensintervallet med arealet for de respektive habitatklassene, der dette oppskaleringsarealet ble beregnet basert på vannføring i henhold til vanndekka areal for vannføringa for hver habitatklasse (Diserud & Gjelland 2022). Disse arealestimatene er basert på nye analyser av flyfoto ved ulike vannføringer, og kan derfor avvike noe fra arealene gitt i Lamberg mfl. 2006. Det medfører også at ungfiskestimatene presentert her kan variere noe fra tidligere publiserte estimater (Gjelland mfl. 2018, Gjelland mfl. 2022). Totalmengde for anadrom strekning ble så gjort ved å summere mengden innenfor hver habitatklasse.

Beregning av smoltutvandringens størrelse ble gjort ved en antakelse om at 70 % av 3-årig og eldre fisk om høsten overlevde vinteren og vandret ut våren påfølgende vår.

Databehandling og statistikk ble gjort i Microsoft Excel og i statistikkprogrammet R (R Core Team 2021). Ved bruk av multippel regresjon, ble prediktorvariablene standardisert med sentrering og z-transformering før analysen, for å sikre enhetsuavhengig sammenligning av effektstyrke (Schielzeth 2010). Sammenhengen mellom overlevelse fra egg til ulike ungfiskstadier ble undersøkt med miks-modellering med alder i som tilfeldig komponent, og årsklassestyrke, forrige årsklassestyrke, og gytevannstand som forklaringsvariabler (modellering med funksjonen *lmer* i pakken *lme4* i statistikkprogramvaren R; Bates mfl. 2015, R Core Team 2021).

3 Resultater

3.1 Gytefisktelling, eggdeponering og rekruttering

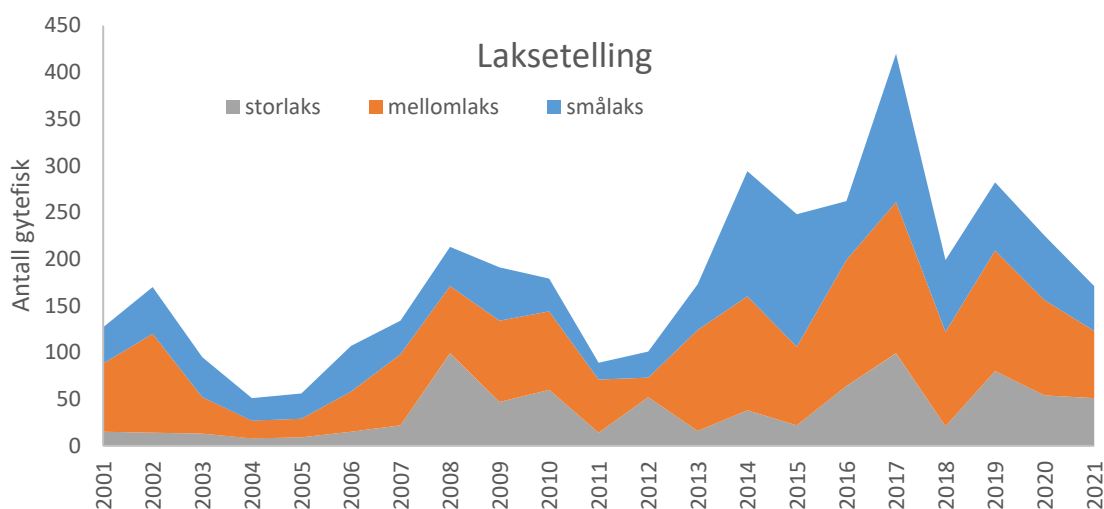
Gytefisktellinger ble gjennomført i 2018 i regi av NINA, og i 2019-2021 i samarbeid mellom NINA og Ferskvannsbiologen/ Skandinavisk naturovervåking. Det ble gjennomført to runder med tellinger i 2018 og 2020 på hele anadrom strekning fra Nordelvkorset/Sørelvkorset til sjø. I 2019 og 2021 ble det gjennomført kun en telling på hele anadrom strekning, men to tellinger på strekninga oppstrøms Lillefallet. Tidsserien med gytefisktellinger utgjør nå 21 år med observasjoner. Elva har vært stengt for laksefiske i hele perioden.

3.1.1 Laks

Oppsummering fra tellingene er vist i Tabell 2 og Figur 5. Den generelle trenden for laks er en økning fra 2001, med noen svingninger. Fra toppåret 2017 har det vært en tilbakegang. Gytebestandsmålet på 547 kg ble nådd i 2019 og 2020, men ikke i 2018 og 2021.

Tabell 2. Sammendrag for gytefisktellingen i 2018, 2019, 2020 og 2021 for laks på hele anadrom strekning fra Sørelvkorset/Nordelvkorset til sjø. Tall med uthevet skrift viser de tilfellene der gytebestandsmålet på 547 kg ble nådd. Totalvekt hoer er basert på en antakelse om gjennomsnittsvekt på 2, 5 og 8 kg for holaks i henholdsvis klassene smålaks, mellomlaks og storlaks. Eggdeponering er basert på en gjennomsnittlig eggdeponering på 1450 egg per kg holaks.

Dato	Små (1-3 kg)		Mellom (3-7 kg)		Stor (>7 kg)		Oppdrett	Totalvekt	Eggdeponering	
	Ho	Hann	Ho	Hann	Ho	Hann				Totalt
22-23 sep 2018	4	73	60	41	11	10	199	5	396	574
11-12 okt 2018	2	60	42	46	9	10	169	4	286	415
16. sep 2019	8	65	87	42	51	29	282	4	859	1246
29-30 sep 2020	6	43	57	24	59	10	199	3	769	1115
12-13 okt 2020	11	58	72	30	36	18	225	1	670	972
20. sep 2021	3	45	48	24	33	18	171	1	510	740

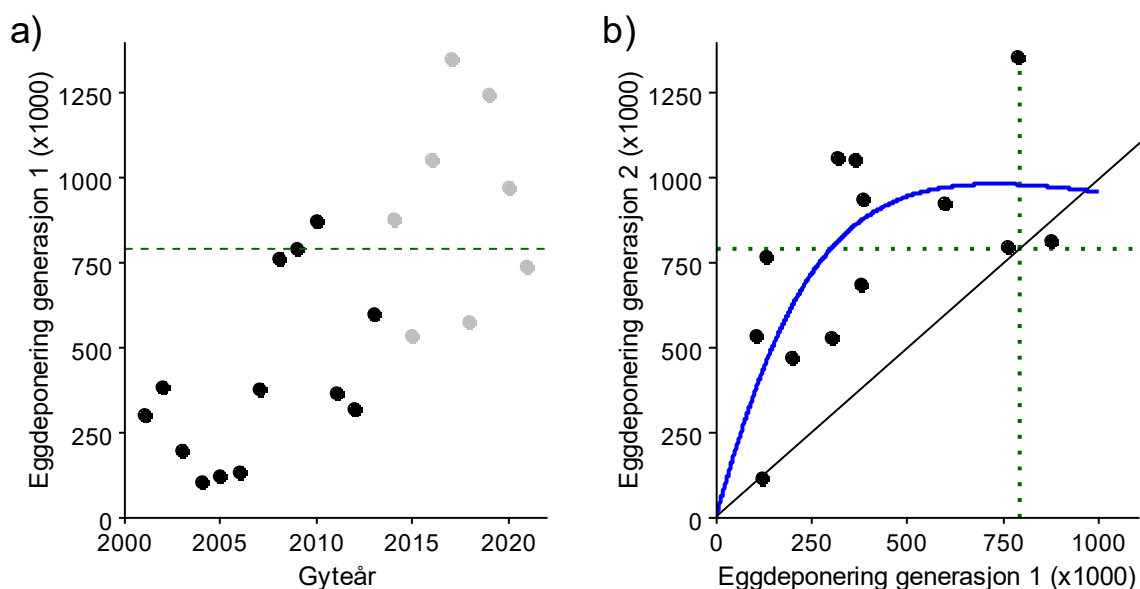


Figur 5. Tidsserien fra 2001-2021 med gytefisktellinger av laks i Skjoma. Tallene er basert på drivtelling, med unntak av 2012 da det kun ble gjennomført videotellinger. I de tilfellene der det er gjennomført to drivtelling, er tallene fra siste telling lagt til grunn for antall og størrelsesfordeling.

3.1.2 Rekruttering laks

Trenden fra 2001 til 2021 viser en økende laksebestand (Figur 5, Figur 6a), men setter vi rekruttering i sammenheng med eggdeponeringsgrunnlaget får vi en rekrutteringsanalyse som viser en sterk negativ tetthetsavhengighet i rekruttering. Det vil si at desto høyere bestanden er, desto lavere vil rekrutteringen per foreldreindivid være. Rekrutteringskurven når sitt høyeste punkt ved en bestand på 665 kg returnerende holaks (tilsvarende eggdeponering på om lag 964 000 egg i generasjon 2), kun 118 kg høyere enn gytebestandsmålet (Figur 6b). Forventet avkastning ved dagens gytebestandsmål er omtrent den samme. Dette indikerer; i) Dersom det skal fiskes kun på overskuddet av gytefisk over gytebestandsmålet, er forventet avkastning maksimalt 130 kg holaks. Dette tilsvarende 23 holaks, basert på ei gjennomsnittsvekt på 5,9 kg for holaks (tilsvarende gjennomsnittlig årlig gjennomsnittsvekt for holaks observert i tidsserien). ii) Siden rekrutteringskurven er fallende ved gytebestand (generasjon 1) over gytebestandsmålet, vil høyere gytebestand enn dette gi lavere avkastning.

Analysen av avvikene (residualene) mellom observasjonene og rekrutteringsmodellen for laks viser en sterk negativ autokorrelasjon, det vil si at etterfølgende årsklasser har en negativ avhengighet for overlevelse og rekruttering. En årsklasse hvor rekrutteringen er bedre enn forventet ut fra gytebestanden følges som regel av en årsklasse med svakere rekruttering enn modellforventningen. Vi fant derimot ingen sammenheng mellom modellresidualene og gytevanntand. Vi fant heller ikke noen sammenheng mellom modellresidualene og tettheten av sjøaure, eller med modellresidualene fra rekrutteringsmodellen for sjøaure.



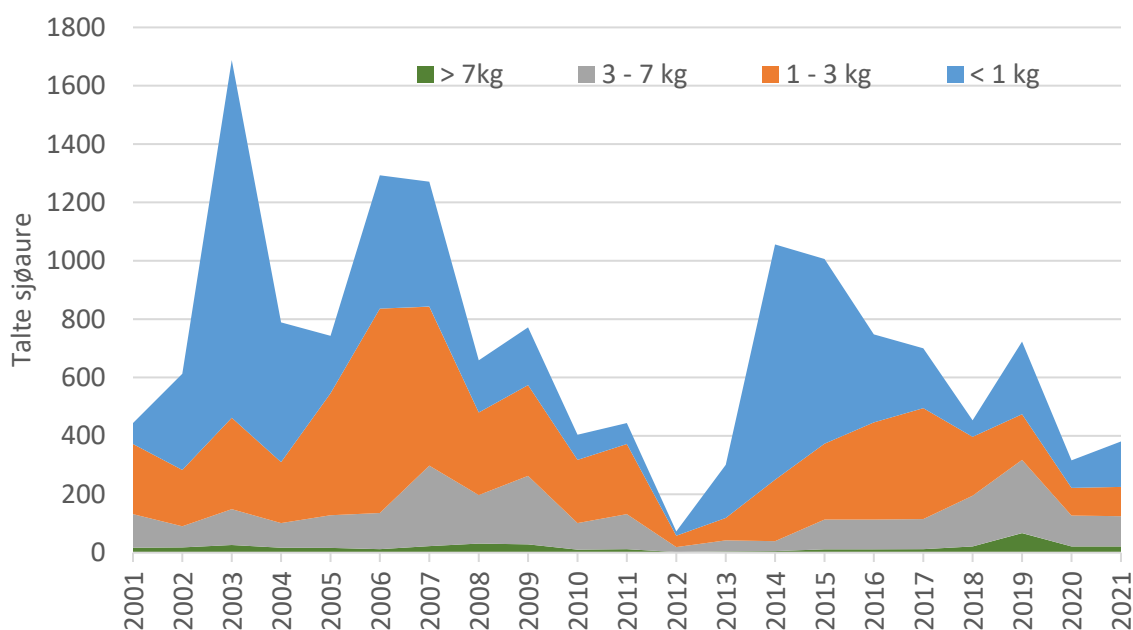
Figur 6. a) Eggdeponering per år beregnet for laks i Skjoma, basert på antall og fordeling av laks i kjønn og størrelsesgrupper i gytefisktellinger om høsten (kun video i 2012). Svarte symbol viser generasjoner der eggdeponering for neste generasjon kunne beregnes (se figurpanel b), grå symbol viser generasjoner der samlet eggdeponering for en laksekohort ennå ikke kan beregnes. Horisontal stiplede linje indikerer gytebestandsmålet. b) Rekruttering fra en generasjon til neste hos laks i Skjoma, der eggdeponering i generasjon 2 er summen av eggdeponering for smålaks, mellomlaks og storlaks fra samme kohort. Svart heltrukket linje viser 1:1 forhold mellom foreldregenerasjon og avkomgenerasjon, stiplede horisontale og vertikale linjer viser gytebestandsmålet. Blå kurve viser kurvetilpassing basert på ikke-lineær regresjon med Shepherd-modell, og antyder negativ rekrutteringsbalanse når eggdeponeringa passerer 965 000 egg, tilsvarende 665 kg holaks.

3.1.3 Sjøaure

For sjøaure har det også vært noe tilbakegang i antall observert fisk for klassene <1 kg og 1-3 kg siden 2017, mens det for vektclassene 3-7 kg og >7 kg er tilbake på omtrent det samme som i 2017 etter et godt år i 2019 (Tabell 3, Figur 7). Det har vært stor variasjon i mengden og sammensetninga av sjøaure observert gjennom 21 år med gytefisktellinger, men mengden av gytefisk >1 kg er nå lavere enn for det meste av tidsperioden.

Tabell 3. Sammendrag for gytefisktellingen i 2018, 2019, 2020 og 2021 for sjøaure på hele anadrom strekning fra Sørølvkorset/Nordølvkorset til sjø. Totalvekt hoer er basert på gytefisk >1 kg og en antakelse om gjennomsnittsvekt på 2, 5 og 8 kg for sjøaure i henholdsvis klassene 1-3 kg, 3-7 kg, og >7 kg. Sjøaure blir ikke klassifisert til kjønn under drivtellingene, og det er antatt en kjønnsfordeling på 50 % hoer ved beregning av kg hoer. Eggdeponering er basert på en gjennomsnittlig eggdeponering på 1750 egg per kg ho.

Dato	< 1 kg	1 - 3 kg	3 - 7 kg	> 7 kg	Totalt	Kg ho	Eggdeponering
22-23 sep 2018	56	202	174	21	453	721	1262
11-12 okt 2018	50	121	146	29	346	602	1054
16 sep 2019	249	156	251	67	723	1052	1841
29-30 sep 2020	94	95	106	21	316	444	777
12-13 okt 2020	205	103	83	13	404	363	635
29-30 sep 2021	156	100	104	21	381	444	777

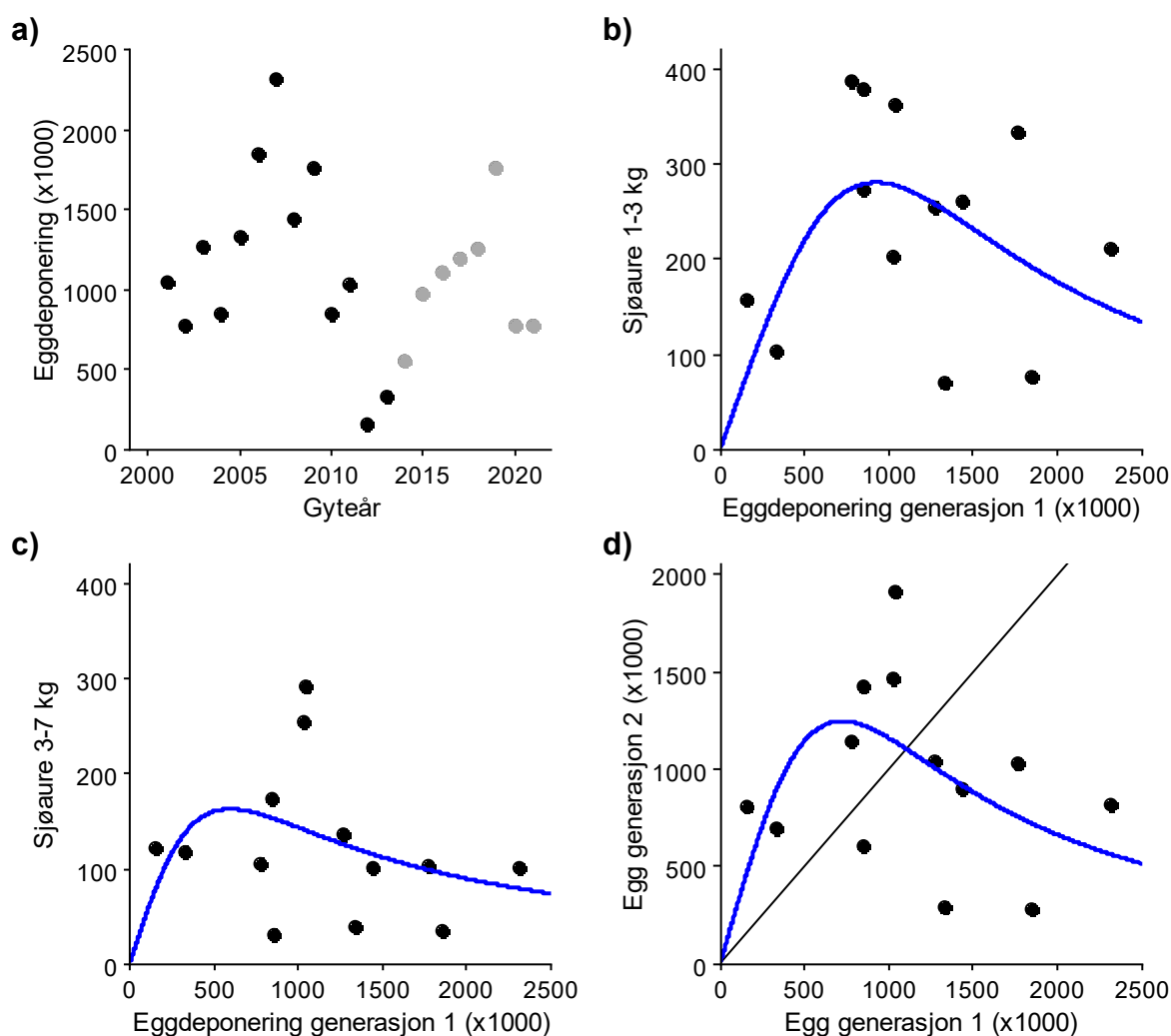


Figur 7. Tidsserien fra 2001-2021 med gytefisktellinger av sjøaure i Skjoma. Tallene er basert på drivtellingene, med unntak av 2012 da det kun ble gjennomført videotellinger. I de tilfeller der det er gjennomført to drivtellingene, er tallene fra første telling lagt til grunn for antall og størrelsesfordeling av sjøaure.

3.1.4 Rekruttering sjøaure

Det har vært åpent for fiske etter sjøaure i mye av perioden fra 2001 til 2021, men det var stengt for fiske fra 2013 til 2018 som følge av en sterk tilbakegang i bestanden av gytefisk. Uttaket av sjøaure under sportsfisket, basert på fangststatistikk, er tatt hensyn til i rekrutteringsanalysen for sjøaure (Figur 8). Vi har i analysen antatt at sjøaure returnerer til elva

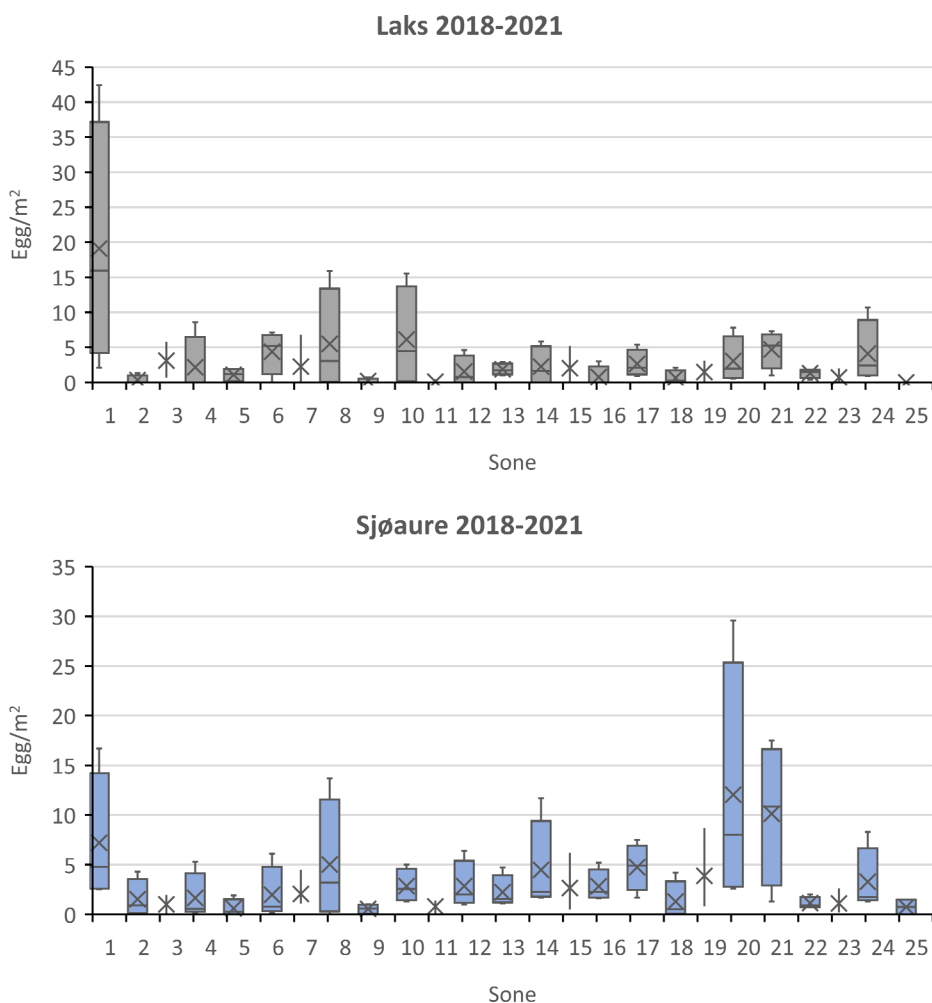
som kjønnsmoden i 7, 8 og 9 år etter at den ble lagt som egg for henholdsvis vektclasser 1-3 kg, 3-7 kg, og >7 kg (tilsvarende 6, 7 og 8 år etter at den klekka fra egget). Analysen viser en sterk tetthetsavhengighet i rekrutteringen av sjøaure gjennom 21-årsperioden med gytefisktellinger, der mengden av sjøaure øker med økende eggdeponering som grunnlag for kohorten, for deretter å avta når eggdeponeringsgrunnlaget øker over om lag 800-900 tusen egg (Figur 8b,c). Summerer vi beregnet eggmengde for sjøaure fra samme kohort, finner vi et likevektspunkt for 1:1-rekruttering ved en eggdeponering på omtrent 1,18 millioner egg (Figur 8d). Det tilsvarer 617 kg hofisk, eller 386 sjøaure med snittvekt 3,2 kg for ho og hann kombinert i vektclassene fra 1 kg og opp. For sjøaure fant vi ingen signifikant autokorrelasjon i modellresidualene, og heller ingen sammenheng mellom modellresidualer og gytevannstand. Som beskrevet for laks, fant vi ikke noen sammenheng mellom modellresidualene for sjøaurerekruttering og modellresidualene for lakserekruttering.



Figur 8. a) Eggdeponering per år fra sjøaure i Skjoma, basert på sjøaure fra 1 kg og oppover observert i gytefisktellinger om høsten (kun video i 2012). Svarte symbol viser generasjoner der eggdeponering for neste generasjon kunne beregnes (se figurpanel d), grå symbol viser generasjoner der samlet eggdeponering for sjøaure mindre enn 7 kg ennå ikke kan beregnes. b) Rekruttering av sjøaure i vektclassen 1-3 kg, basert på antakelse om at disse var rekruttert fra eggdeponering 7 år tidligere. c) Rekruttering av sjøaure i vektclassen 3-7 kg, basert på antakelse om at disse var rekruttert fra eggdeponering 8 år tidligere. d) Rekruttering fra en generasjon til neste hos sjøaure i Skjoma, der eggdeponering i generasjon 2 er basert på sjøaure < 7 kg. Svart linje viser 1:1 forhold mellom foreldregenerasjon og avkomgenerasjon. Blå linje i b, c og d viser kurvetilpassing basert på ikke-lineær regresjon med Shepherd-modell.

3.2 Fordeling av gytefisk i elva

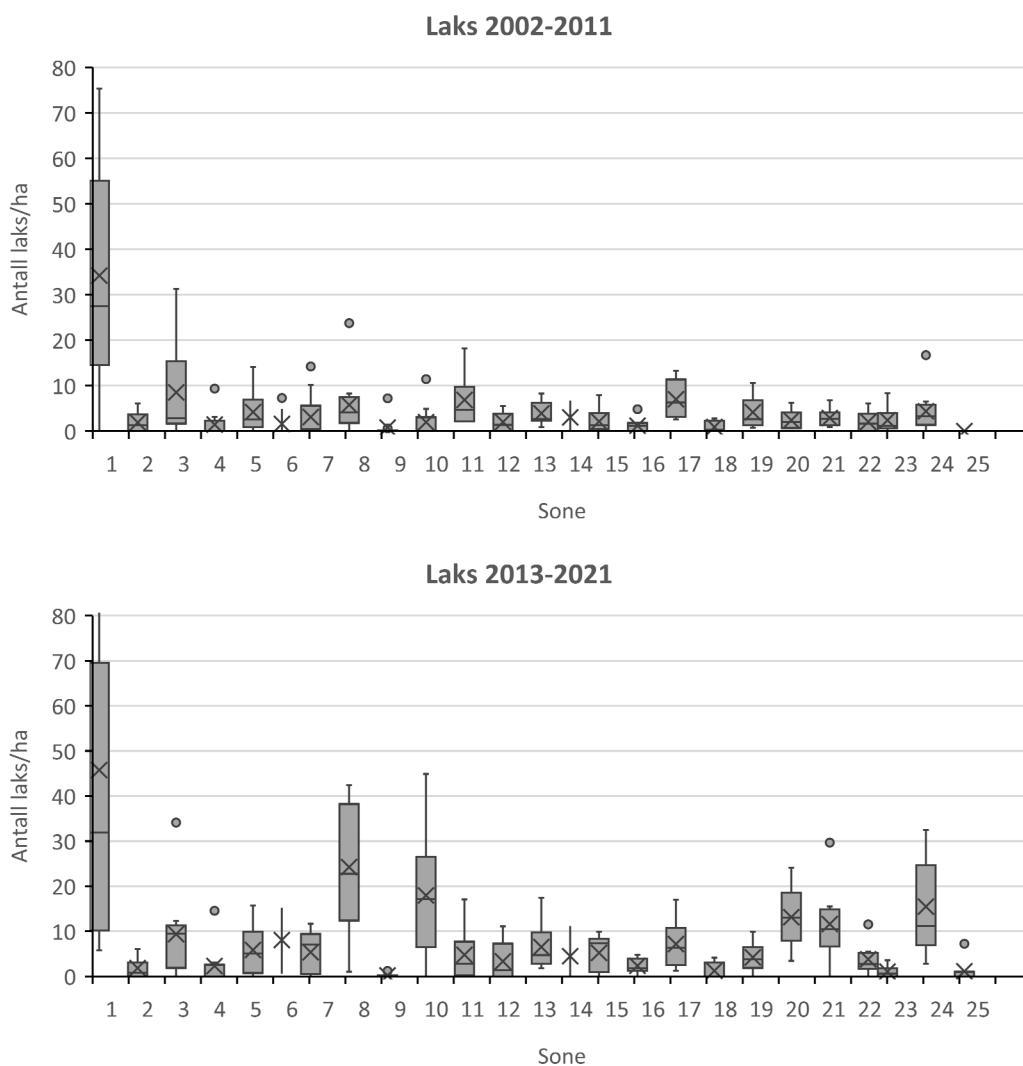
Basert på en sonevis arealberegning har gytefiskregistreringene åpnet for muligheten til å estimere eggdeponering innenfor hver sone i elva nedstrøms Fallan, og dermed vise hvordan laks og sjøaure fordeler seg langs elva under gytetiden. Sonene det refereres til her starter ved Fallan og ender ved sjøen. I årene 2018-2021 har laks i gjennomsnitt deponert fra 1-4,7 egg per m² nedstrøms Lillefallet de enkelte årene, mens tilsvarende tall for sjøaure er 2,1-5,5 egg per m². Det overordna bildet er at laks dominerer i den øvre halvdel av elva, dvs. fra Langfossen og videre oppover elva, og det er kun i to soner (i Renna og nedenfor Stiberg) at tettheten av sjøaureegg er høyere enn den av lakseegg (Figur 9). Mellom Langfossen og Berghølla har det vært en overvekt av sjøaure i alle sonene, mens det har vært en liten overvekt av laks videre nedover elva. De viktigste områdene for laks, det vil si områdene med høyest egg tetthet per m², ligger i områdene Fallhølla (1), Hallarhølla (6), Stiberg (8) og Kjerringhølla/Langfossen (10). Både Fallhølla og Stiberg er også viktige gyteområder for sjøaure, men i tillegg er Haugbakkhølla (14), Busk-/Grythølla (17) og spesielt strekninga Nittgraderen-Berghøllaterskelen (19-21) viktige for sjøaure.



Figur 9. Sonevise (nedstrøms Lillefallet) beregninger for eggdeponering (egg/m²) fra laks og sjøaure i årene 2018-2021.

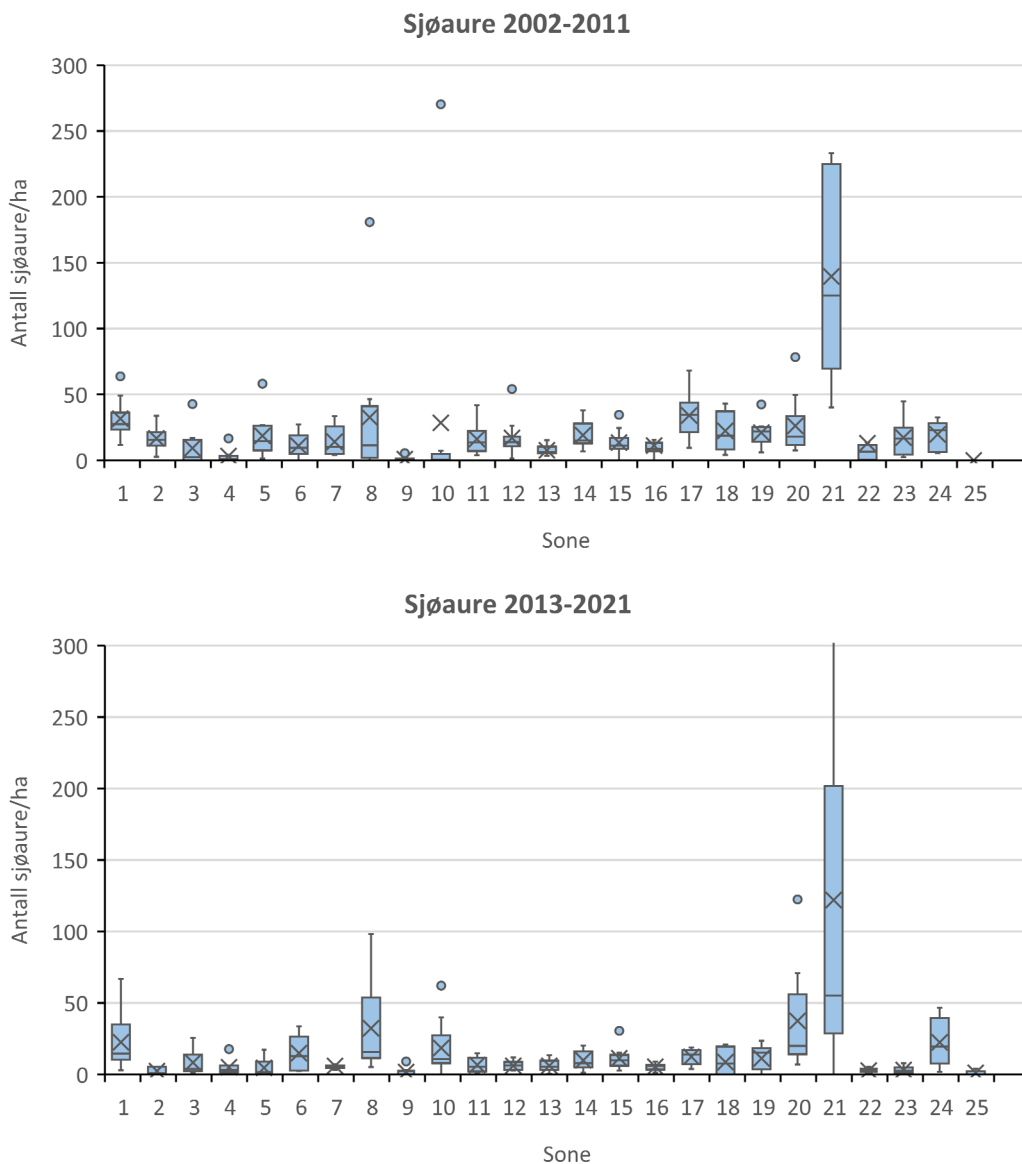
Vi har også sammenligna hvordan de ulike sonene ble brukt av gytefisk i første og andre halvdel av tidsserien med gytefisktelinger (Figur 10 og Figur 11). I 2011 viste gytefisktelingene at både laksebestanden og sjøaurebestanden nådde en bunn. Innenfor årene med gytefisktelinger var sjøaurebestanden på sitt største i årene forut for bunnåret 2011, og har foreløpig ikke reist seg til samme nivå. Laksebestanden har derimot økt betydelig, og er langt større nå enn i årene forut for bunnåret 2011.

Disse endringene i forholdet mellom laks og sjøaure kan tenkes å ha påvirket hvordan artene utnytter og fordeler seg langs elva. Beregning av fisketetthet innenfor de enkelte sonene som elva deles inn i ved drivtellingene viser imidlertid at laksen i stor grad utnytter elva likt før og etter 2011, med høyeste tetthet av laks observert i øverste sone gjennom hele tidsserien. Utover det har det har høyere laksebestand særlig blitt reflektert i sonene 8, 10, 20, 21 og 24, men også i noen grad i de andre sonene (Figur 10).



Figur 10. Fordeling av laks i de ulike sonene i perioden 2001-2011 (øverst) og 2013-2021 (nederst).

Fordelinga av sjøaure i vassdraget ser ikke ut til å ha endra seg vesentlig fra tidlig til seint i perioden (Figur 11), Også sjøauren bruker i grove trekk elva likt, men området Hestgjerdet-Hammerstryket (sone 16-19) ble i større grad utnyttet når gytebestanden var stor. Den største tettheten av sjøaure var i sone 21 (Berghølla) gjennomgående i hele tidsserien.



Figur 11. Fordeling av sjøaure i de ulike sonene i perioden 2001-2011 (øverst) og 2013-2021 (nederst).

3.3 Gytefiskvandring forbi fisketrappene i Fallan

De nye fisketrappene i Fallan stod ferdig i 2016 (Lillefallet) og 2018 (Storefallet), slik at strekningen fra Storefallet til Nordelvkorset og Sørrelvkorset har vært tilgjengelig for anadrom fisk fra 2018. I tråd med dette har det også vært gjennomført gytefisktellinger fra Nordelvkorset og Sørrelvkorset til Lillefallet hver høst siden 2018, med tellerunder hver høst. Tallene for hele nyåpnet anadrom strekning er gitt i Tabell 4, mens tall begrenset til oversiden av Storefallet er gitt i Tabell 5. Differansen mellom Tabell 4 og Tabell 5 gir med andre ord antall fisk

observert mellom Lillefallet og Storefallet. Den første runden med telling hver høst viste at det stort sett var gått et lite tall laks og sjøaure forbi begge trappene. For å øke mengden gytefisk på oversiden av Storfallet, ble det høsten 2018 flytta 3 par sjøaure fra Tverrneshølla til Orhølla, og høsten 2019 flytta 6 par sjøaure fra området Hallarhølla-Lillefallet til Lorishølla og Storbruhølla (Tabell 6). Disse ble i ingen eller liten grad værende på oversiden av Fallan, i alle fall var de borte ved siste telling. Alle individ som ble flytta ble PIT-merket, og både i 2018 og i 2019 ble et av de merka individene gjenfanga ved lysfiske i samband med andre drivtellingsrunde. Hvorvidt den flytta sjøauren kan ha gytt på strekninga ovenfor Fallan før de slapp seg ned vites ikke, men det ble ikke funnet gytegroper i området der de ble satt ut. Det ble fanget noe årsyngel av aure høsten 2019 og 2020, men det er også stasjonær aure på strekninga og vi har ingen sterke indikasjoner på sjøauregyting i området i 2018 og 2019.

Tabell 4. Gytefisk av laks og sjøaure observert på oversiden av den første fisketrappa, det vil si nyåpnet anadrom strekning fra Lillefallet til Nordelvkorset og Sørrelvkorset, ved tellingene i 2018-2021.

Dato	Smålaks		Mellomlaks		Storlaks		Sum laks	Egg laks	< 1 kg	1 - 3 kg	3 - 7 kg	> 7 kg	Sum sjøaure
	♀	♂	♀	♂	♀	♂							
26-27 sep 2018		2					2			1			1
11-12 okt 2018				1	2		3	23 200		1			1
16 sep 2019		1	1	2	2	1	7			4			4
11 okt 2019		1	1	3	2		7	30 450		4	1		5
29-30 sep 2020	1			1			2			2			2
6 okt 2020	1	1	5	4	3		14	73 950		1	2		3
20 sep 2021		3			2		5			1	2	2	5
6 okt 2021		2		2	4	1	9	46 400	1		1		2

Tabell 5. Gytefisk av laks og sjøaure observert på oversiden av den andre fisketrappa, det vil si strekninga fra Storefallet til Nordelvkorset og Sørrelvkorset, ved tellingene i 2018-2021.

Dato	Små		Mellom		Stor		Sum laks	Egg laks	< 1 kg	1 - 3 kg	3 - 7 kg	> 7 kg	Sum sjøaure
	♀	♂	♀	♂	♀	♂							
26-27 sep 2018		2					2			1			1
11-12 okt 2018				1			1	0		1			1
16 sep 2019		1	1	1	1	1	5						0
11 okt 2019		1	1	2	1		5	18 850			1		1
29-30 sep 2020	1			1			2			2			2
12-13 okt 2020	1	1	3	3	2		10	47 850		1	1		2
20 sep 2021		2			1		3				1		1
6 okt 2021		2		2	4	1	9	46 400		1		1	2

I 2020 og 2021 ble det ikke gjort nye forsøk med sjøaure-flytting. Det ble derimot flytta laks i begge disse årene. Resultatene fra lakseflyttingen i 2016 hadde vist at laksen som ble flytta gytt i området den ble flytta til, og at yngelen vokste godt på den nye anadrome strekninga. Ved flyttinga i 2020 og 2021 ble laksen først fanget og merket, prøvetatt for genetiske analyser og så satt i ventemærd ved Gamnes i påvente av de genetiske analysene. Analyseresultatene var klare etter tre dager, og godkjent laks (laks uten innblanding av oppdrettsgener) ble deretter flytta til Storbruhølla og Nordelvkorset (2020) og Storbruhølla (2021). Ved

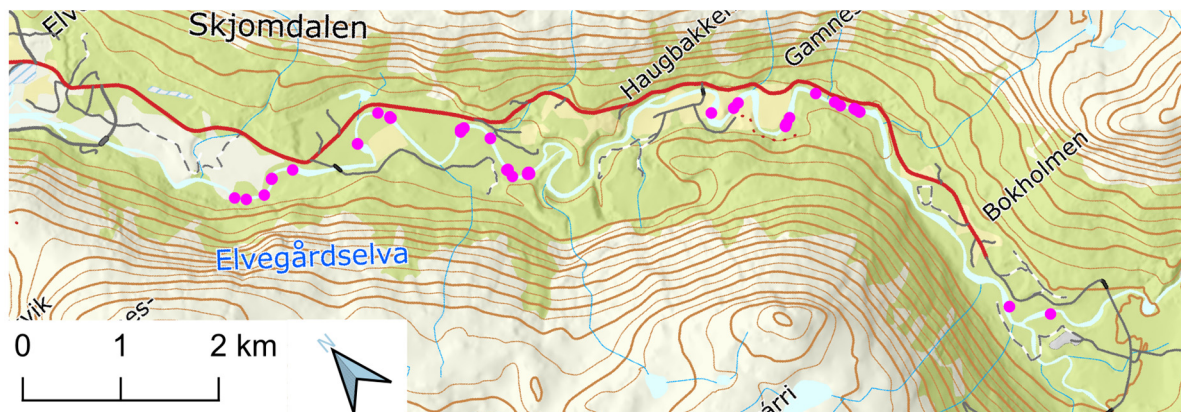
andre tellerunde ble det ikke observert laks ved Nordelvkorset i 2020, men totaltallet for laks på oversiden av Storfallet tyder på at all flytta laks ble værende på strekningen i 2020. Også ved lakseflyttinga i 2021 så det ut til at de fleste av de 9 flytta laksene ble værende i området etter flytting. Et bekymrende resultat fra gentestingen av innfangede kandidater for lakseflytting var at 2 av 9 individ i 2020, og hele 5 av 14 individer i 2021 (henholdsvis 22 og 36 %), hadde høg innblanding av oppdrettsgener (Tabell 6). Dette var fisk uten klare ytre kjennetegn på å være oppdrettslaks, og skjellprøvene viste heller ingen tegn til at det var oppdrettslaks. Konklusjonen fra dette er derfor at disse fiskene ikke var rømt oppdrettslaks, men avkom fra rømt oppdrettslaks. Dette er et varsko om at den genetiske integriteten for Skjomalaks er truet. Det viser også med all tydelighet nødvendigheten av å gjøre genetiske tester av laks som eventuelt skal flyttes forbi Fallan i framtida.

Tabell 6. Oversikt over sjøaure og laks flytta fra nedsida av Lillefallet til området ovenfor Storfallet, samt over antall laks som ble avlivet etter at gentesten avslørte høg innblanding av oppdrettsgener.

Flytting	Art	Antall hann	Antall ho	Snittvekt ho	Ekskludert i gentest
22 sep 2018	Aure	3	3	3,4 kg	
18 sep 2019	Aure	6	6	4,2 kg	
21 sep 2020	Laks	2	5	7,3 kg	2
24 sep 2021	Laks	4	5	8,1 kg	5

3.4 Gytegrupoverlevelse

Eggoverlevelsen i gytegrøper undersøkt våren 2019, 2020 og 2021 er presentert i Gjelland mfl. (2022). Her gis oppsummerende resultat fra disse, samt mer detaljerte resultater fra gytegrupundersøkelsene gjennomført våren 2022 (Figur 12).



Figur 12. Kart over Skjoma, der dyprosa prikker indikerer lokaliteter med verifiserte gytegrøper undersøkt våren 2022.

3.4.1 Gytegrøper våren 2022

Våren 2022 ble det gjennomført gytegrupundersøkelser under gode værforhold og lav vannføring (om lag $1,3-1,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) i perioden 4-6. mai. I alt ble 69 gytegrøper med egg fysisk undersøkt på 21 lokaliteter; vi talte totalt 133 gytegrøper på disse lokalitetene (Tabell 7).

Gjennomsnittlig eggoverlevelse for disse lokalitetene ble estimert til 84 %. Vannføringa vinteren 2022 var relativt god (vinterQ95 $0,89 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) og høstvannføringa moderat (Q10 $4,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ både for laks og sjøaure). En isgang om vinteren hadde medført isskuring/grøftespor fra isflak på kant på flere lokaliteter, slik at det kunne være vanskelig å evaluere om det var gytegroper langs disse «grøftene». Vi har ikke gjort forsøk på å evaluere om dette har påvirket overlevelsen i gytegroper, da vi ikke hadde kjennskap til i hvilken grad det på forhånd fantes gytegroper som ble ødelagt av dette.

Tabell 7. Oversikt over antallet gytegroper som havnet i de ulike kategoriene for overlevelse ved gytegroppundersøkelsene 4-6 mai 2022.

Art	Overlevelse				Totalt undersøkt
	Nær 100 %	>85 %	Mye dødt	Alt dødt	
Aure	13	4	2	1	20
Laks	22	4	4	3	33
Laks, Aure	1	1			2
Laks, Aure, Pukkellaks	1				1
Laks, Pukkellaks	1			1	2
Pukkellaks, usikker	1			1	2
Usikker	2			6	8
Totalt	41	9	6	12	68

Det ble våren 2022 funnet levende pukkellaksyngel i 5 gytegroper, spredd fra Bergholla til Gamnes. Disse hadde absorbert plommesekken, og ble vurdert til å være klare for smoltutvandring. Det var høsten 2021 observert pukkellaksyting i flere områder enn vi fant pukkellaksyngel, men om smoltutvandringen for pukkellaksyngel allerede var startet, vites ikke.



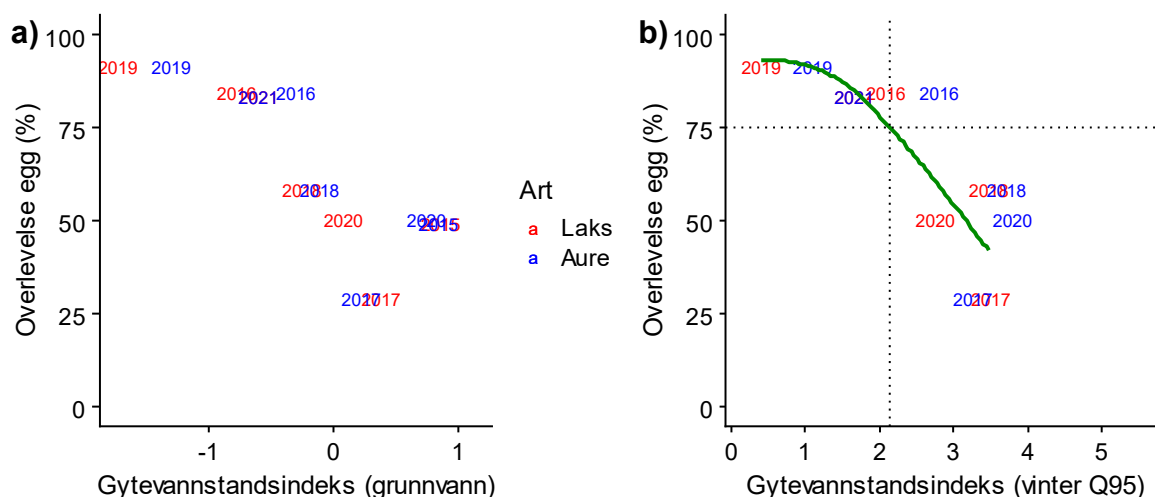
Et trivelig arbeidslag ved Gamnes under gytegroppundersøkelsene i mai 2022. Fra venstre: Tristan Kalvenes Natvig, Vegar Seljestokken, Sigurd Benjaminsen og Vegard Ambjørndalen.

3.4.2 Oppsummering av gytegrupundersøkelsene

Variasjonen i vannføring i gyteperioden om høsten samt igjennom påfølgende vinter har vært stor for de sesongene gytegrupundersøkelsene har vært gjennomført, og det er nå godt dokumentert at ekstremt lav vintervannføring gir lav overlevelse i gytegroper. I de tilfellene der vannføringa i gyteperioden begrenser områdene fisken gyter på til områder der sannsynligheten er stor for at gytegruppen berges gjennom vinteren, har vi også sett at eggoverlevelsen i gytegroper kan være god (Tabell 8). Sammenhengen mellom overlevelsen i gytegroper og gytevannstand kommer godt fram i Figur 13, både for gytevannstandsindeks basert på Q10 i gyteperioden og laveste grunnvannstand, og for gytevannstandsindeks basert på Q10 i gyteperioden og Q95 om vinteren.

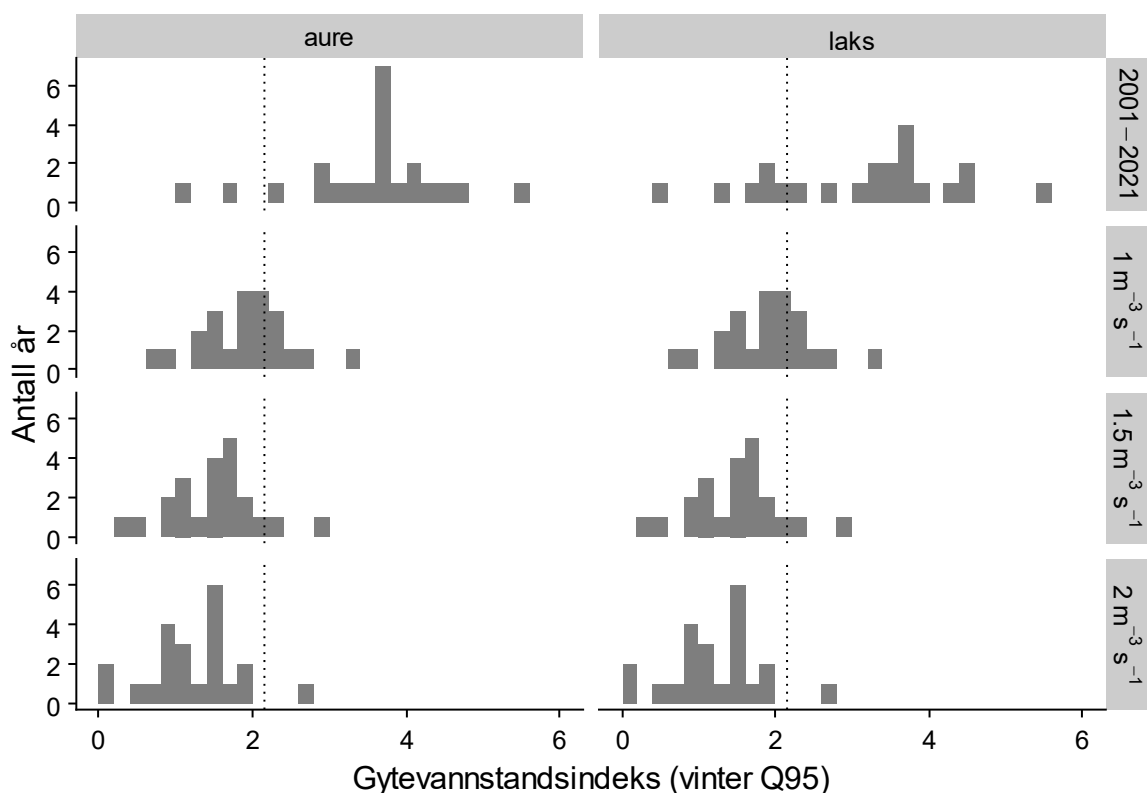
Tabell 8. Sammenstilling av overlevelsesestimaterne fra gytegrupundersøkelsene fra de startet.

År	Kohort	Overlevelse	Viktig faktor for overlevelse
2016	2015	Ukjent	Mange frosne groper, det blei slått alarm
2017	2016	85-90%	Lav høstvannføring, brukbar vintervannføring
2018	2017	30 %	Ekstremt lav vintervannføring
2019	2018	59 %	Høg vannstand i gyteperioden
2020	2019	92 %	Lav høstvannføring, relativt god vintervannføring
2021	2020	51 %	Ekstremt lav vintervannføring, men vannslipp på vinteren berga en del. Høg vannstand særlig i gyteperioden for sjøaure.
2022	2021	84 %	Relativt god vintervannføring, moderat høstvannføring



Figur 13. Gjennomsnittlig eggoverlevelse observert ved gytegrupundersøkelsene i Skjoma, med datapunkter symbolisert med årstall for undersøkelsen. a) Eggoverlevelsen i forhold til gytevannstandsindeks beregnet med vannføring og grunnvannsnivå. For 2015-kohorten (klekking 2016) var det ikke gjennomført gytegrupundersøkelser, men observert omfattende dødelighet og en antatt dødelighet på 50 % er illustrert. b) Eggoverlevelse i forhold til gytevannstandsindeks beregnet kun fra vannføringer (Q10 i gyteperioden, Q95 i fra desember og ut april). Grønn kurve viser loess-glatting av datapunktene, prikket linje indikerer gytevannstandsindeksen der eggoverlevelsen faller under 75 %. Se metoder for indeksberegning. 2015-kohorten med omfattende, men ukjent eggdødelighet er ikke med i b).

I Figur 13 ser vi at overlevelsen i gytegrøper faller under 75 % ved en gytevannstandsindeks på om lag 2,15 basert på Q10 i gyteperioden og Q95 i vinterperioden. Dette gir oss mulighet til å vurdere hvor ofte overlevelsen i gytegrøper har vært en flaskehals i historiske data, og hvor ofte det ville vært et problem dersom laveste vintervannføring var høyere. For de laveste vintervannføringsscenariene slipper vi å forholde oss til usikre vintervannføringer i historiske data, mens Q10 i gyteperioden forventes å være representativ for faktiske vannføringer i gyteperioden. Denne øvelsen indikerer flere ting; i) Sjøaure har i perioden 2001 til 2021 hatt flere sesonger enn laks (og langt de fleste) med gytevannstand som antas å gi vesentlig nedsatt overlevelse i gytegrøper (Figur 14a). Også for laks ser det ut til at de fleste sesonger i perioden 2001-2021 har hatt vesentlig nedsatt overlevelse i gytegrøper. ii) Ved laveste vintervannføring lik $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ kan vi anta at over 50 % av sesongene ville hatt en gytegrøpoverlevelse på over 75 % (Figur 14b), mens laveste vintervannføring lik $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ville gitt to sesonger med overlevelse i gytegrøper under 75 % (tilsvarende 1 av 10 tilfeller, Figur 14c), og laveste vintervannføring lik $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ville gitt én sesong med overlevelse i gytegrøper under 75 % (Figur 14d).



Figur 14. Histogram med gytevannstandsindex basert på vannføringer (Q10 i gyteperioden og Q95 for desember-april) langs x-aksen, og fordeling av antall år med ulike gytevannstandsindekser langs y-aksen for perioden 2001-2021 (a), fordelinger av indeksen dersom laveste vintervannføring hadde vært henholdsvis 1, 1,5 eller $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (henholdsvis b, c og d). Stiplet vertikal linje indikerer gytevannstandsindex på 2,15, som var den kritiske indeksen for 75 % eggoverlevelse i gytegrøpene (se Figur 13). Med laveste vintervannføring $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ville gytegrøpene for laks og sjøaure fått enn gytevannstand lavere enn den kritiske verdien 2,15 i de aller fleste år, og dårlig eggoverlevelse i gytegrøpene ville vært sjelden som en flaskehals.

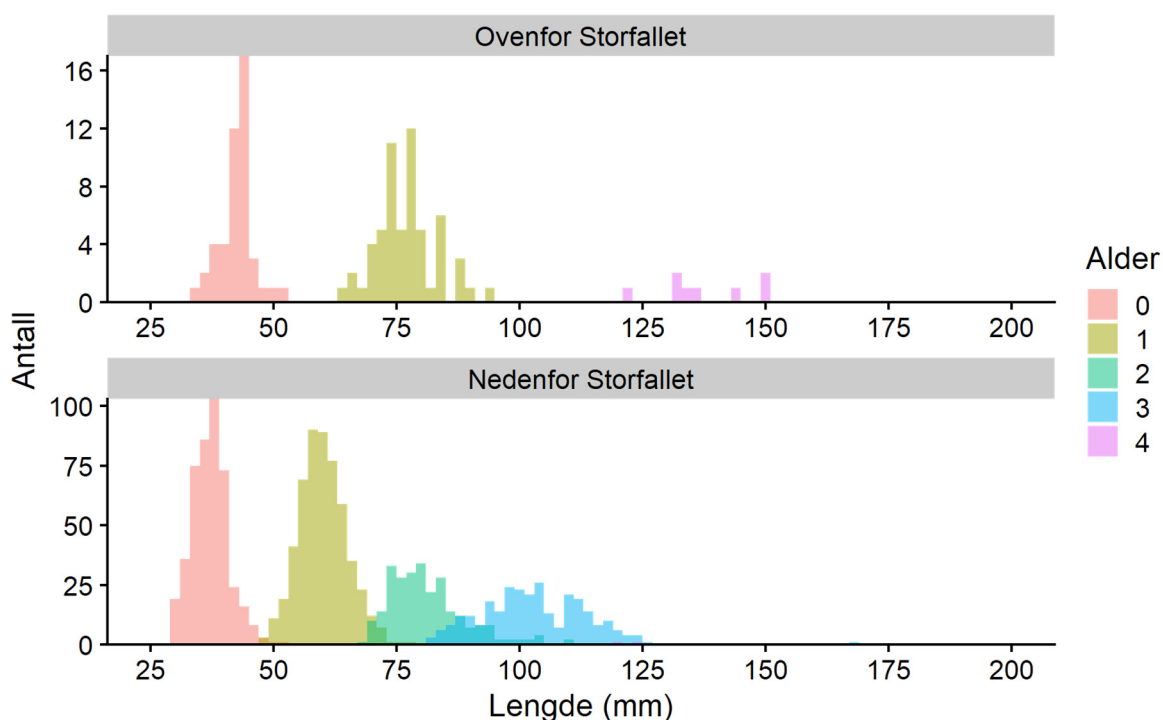
3.5 Ungfiskundersøkelser 2021

Ungfiskundersøkelser basert på elfiskeundersøkelser som i perioden 2013-2017 var ikke en del av oppdraget for 2018, men ble gjennomført i årene 2019-2021. Ungfisktetthetene observert høsten 2019 og 2020 er rapportert i Gjelland mfl. 2022.

Ungfiskundersøkelsene høsten 2021 ble gjennomført 21.-24. september med to elfiskelag. Vannføringa ved undersøkelsene varierte fra 1,8 til 2,5 m³ s⁻¹, og forholdene for elfiske var gode. Ved elfisket var avfiska areal 5619 m² nedstrøms for Fallan og 2235 m² oppstrøms for Fallan. Totalt ble det fanga 1643 lakseunger og 361 aureunger.

3.5.1 Laks

Elfisket høsten 2021 bekreftet god naturlig rekruttering av laks på den nyåpnede anadrome strekninga, som følge av at laks på egenhånd hadde funnet veien gjennom fisketrappene og opp til Orhølla, like nedenfor samløpet mellom Nordelva og Sjørelva. Her ble det observert både hann- og holaks høsten 2019, det ble dokumentert overlevende egg i gytegroper våren 2020, og det ble fanget et vesentlig antall ettåringer høsten 2021 (Figur 15). Det ble også fanga en god del årsyngel som resultat av gyting fra gytefiskflyttingen høsten 2020, samt noen 4-årige avkom fra gytefiskflyttingen i 2016. Nedfor Fallan ble det av laks fanga hovedsakelig ungfisk i aldersklassene 0-3, mens fireåringene var nesten helt fraværende (Figur 15, Tabell 9). Treåringene (2017-årsklassen basert på gyteår) var fortsatt en sterk årsklasse, som i tidligere undersøkelser (Gjelland mfl. 2022).



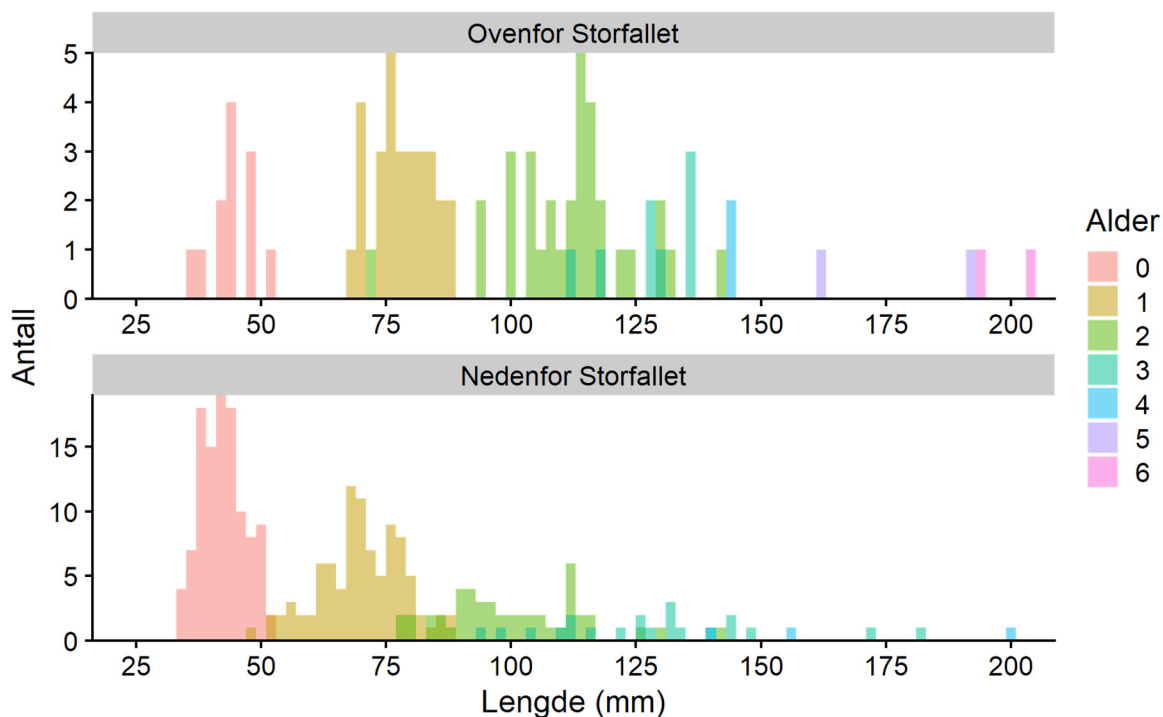
Figur 15. Aldersfordeling for lakseunger fanga ved elfisket september 2021.

Tabell 9 Ungfisktettheter av laks observert ved elfisket i 2021 for årsklassene 1-4. Presmoltestimata er basert på en antakelse om at 70 % av treåringer og eldre ungfisk overlever og vandrer til sjøen som presmolt våren 2022.

Fallan	Alder	Tetthet (fisk/100 m ²)		Oppskalert mengde	
		Tetthet	95 % konfidensintervall	Mengde	95 % konfidensintervall
Nedstrøms	1	20.8	17.2 - 24.6	82 518	68 173 - 97 603
Nedstrøms	2	10.6	8.1 - 13.3	42 066	32 107 - 52 578
Nedstrøms	3	10.4	8.0 - 13.0	41 206	31 851 - 51 530
Nedstrøms	4	0.03	0 - 0.08	123	0 - 313
Oppstrøms	1	5.6	3.3 - 8.1	7 705	4 581 - 11 151
Oppstrøms	2	0	0 - 0	0	0 - 0
Oppstrøms	3	0	0 - 0	0	0 - 0
Oppstrøms	4	0.67	0.30 - 1.1	921	413 - 1 492
Vår 2021					
Nedstrøms	Presmolt			28 931	22 526 - 36 317
Oppstrøms	Presmolt			645	293 - 1 067

3.5.2 Aure

For aure ble det fanga ungfisk i aldersklassene 0-6 år oppstrøms Fallan, og 0-5 år nedstrøms Fallan (Figur 16). Tetthetene for aure oppstrøms og nedstrøms Fallan var i samme størrelsesorden for de fleste årsklasser, med unntak av toåringene som hadde høyere tettheter nedstrøms Fallan (Tabell 10). Tetthetene av aure nedstrøms for Fallan var likevel langt lavere enn for laks (Tabell 9, Tabell 10).



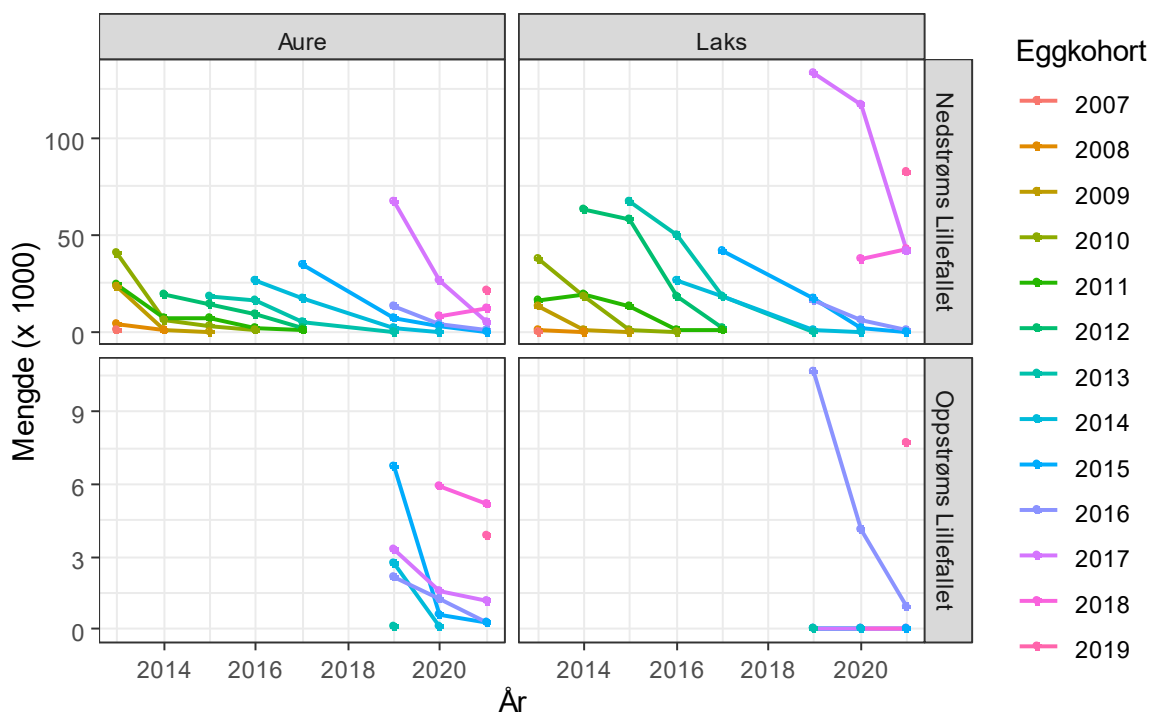
Figur 16. Aldersfordeling for aureunger fanga ved elfisket september 2021.

Tabell 10. Ungfisktettheter av aure observert ved elfisket i 2021 for årsklassene 1-4 år. Presmoltestimata er basert på en antakelse om at 70 % av treåring og eldre ungfisk overlever og vandrer til sjøen som presmolt våren 2022.

Fallan	Alder	Tetthet (fisk/100 m ²)		Oppskalert mengde	
		Gjennomsnitt	95 % konfidensintervall	Mengde	95 % konfidensintervall
Nedstrøms	1	5.2	3.5 - 7.0	20 493	14 043 - 27 804
Nedstrøms	2	3.0	1.5 - 4.9	12 055	5 849 - 19 553
Nedstrøms	3	1.2	0.2 - 2.5	4 665	798 - 10 096
Nedstrøms	4	0.1	0.0 - 0.2	340	0 - 744
Oppstrøms	1	2.8	1.4 - 4.4	3 848	1 984 - 6 001
Oppstrøms	2	3.7	1.1 - 7.6	5 152	1 482 - 10 402
Oppstrøms	3	0.9	0.3 - 1.6	1 212	387 - 2 219
Oppstrøms	4	0.2	0.0 - 0.7	307	0 - 921
Vår 2022					
Nedstrøms	Presmolt			3 504	840 - 7 287
Oppstrøms	Presmolt			1 243	490 - 2 111

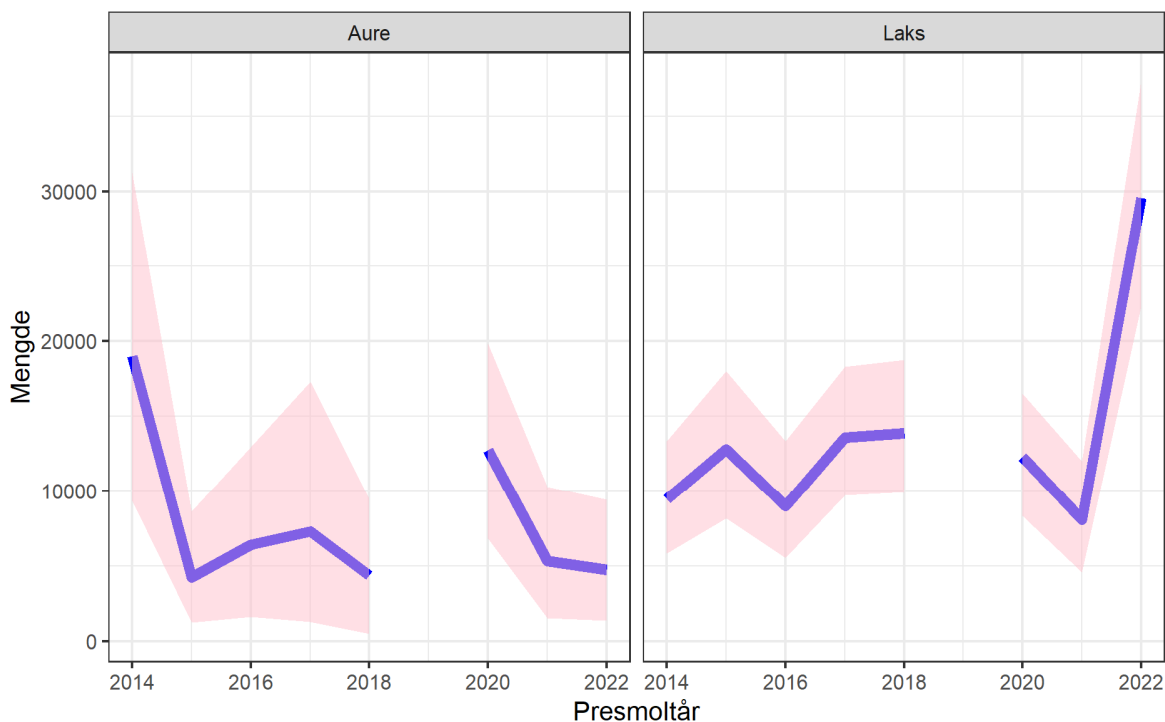
3.6 Årsklasseutvikling og ungfiskoverlevelse i perioden 2013-2021

Ser vi på hele perioden med ungfiskundersøkelser fra 2013-2021, ser vi en tydelig nedgang fra år til år i mengden av fisk i den enkelte årsklasse (kohort) (Figur 17). Unntaket er i noen tilfeller ettåringer (første punkt i hver serie), som sannsynligvis skyldes at disse har noe lavere fangbarhet enn større fisk. Vi har brukt samme fangbarhet for alle aldersklasser i våre tetthetsestimat. Vi ser også stor variasjon i årsklassestyrkene (Figur 17).



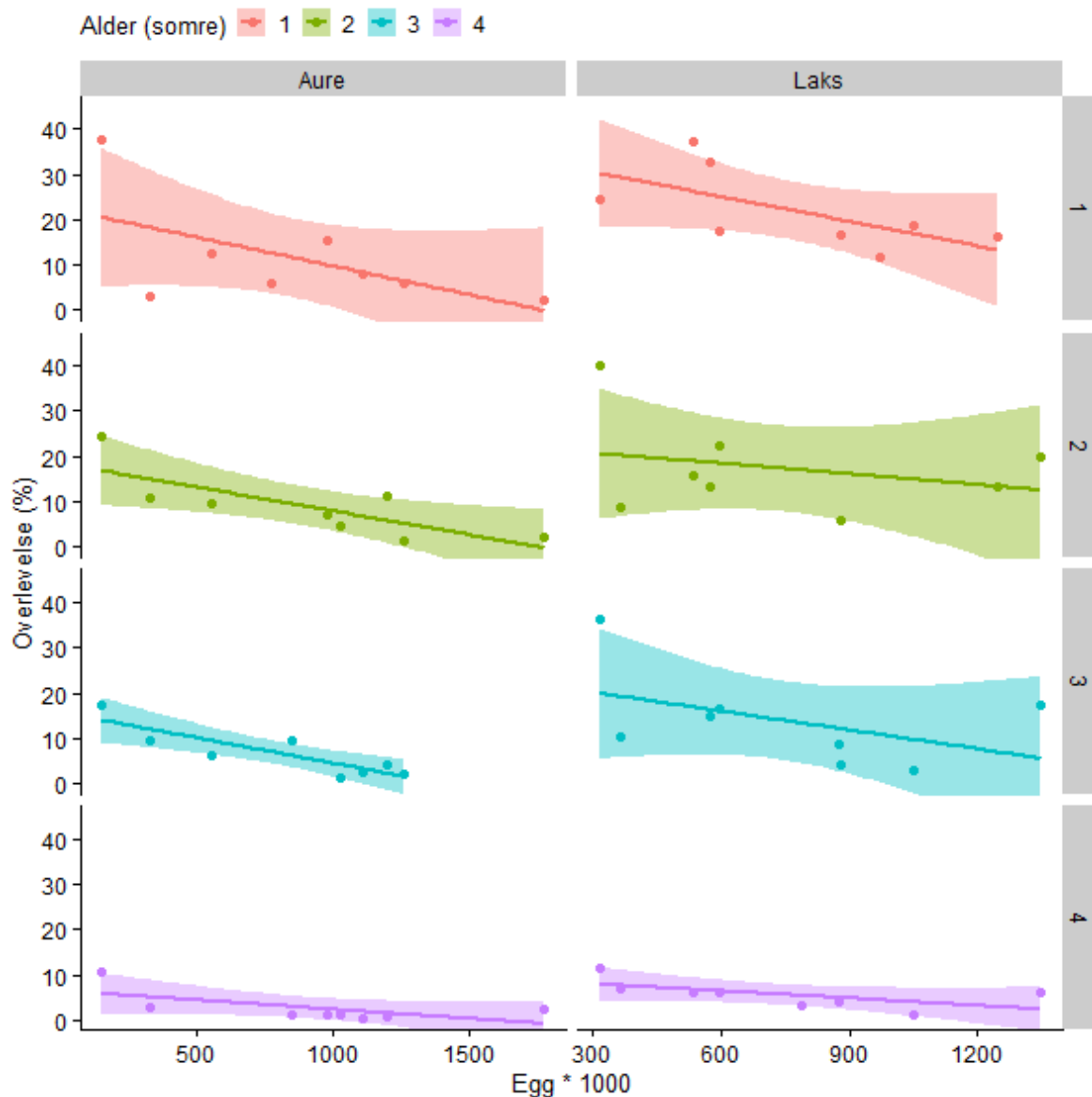
Figur 17. Mengde ungfisk i ulike årsklasser (kohorter) i perioden 2013-2021.

Presmoltestimatene for perioden 2014-2022 basert på ungfiskundersøkelsene høsten før har variert mellom om lag 4200 og 19000 for aure, og mellom 8100 og 29600 for laks (Figur 18).



Figur 18. Presmoltestimat for perioden 2014-2022, inkludert områdene oppstrøms Fallan for 2020-2022. Blå kurver viser estimat, rosa skravering viser 95 % konfidensintervall. Estimaten er basert på ungfisktettheter høsten før, og en antakelse om at 70 % av 3 år og eldre ungfisk overlever og utvandrer som presmolt påfølgende vår. Data mangler for 2019, fordi det ikke ble gjort ungfiskundersøkelser høsten 2018. Merk at presmoltestimatene for 2020-2021 er noe høyere enn rapportert i Gjelland mfl. (2022), fordi presmoltestimater oppstrøms Fallan ikke kom med i den rapporten.

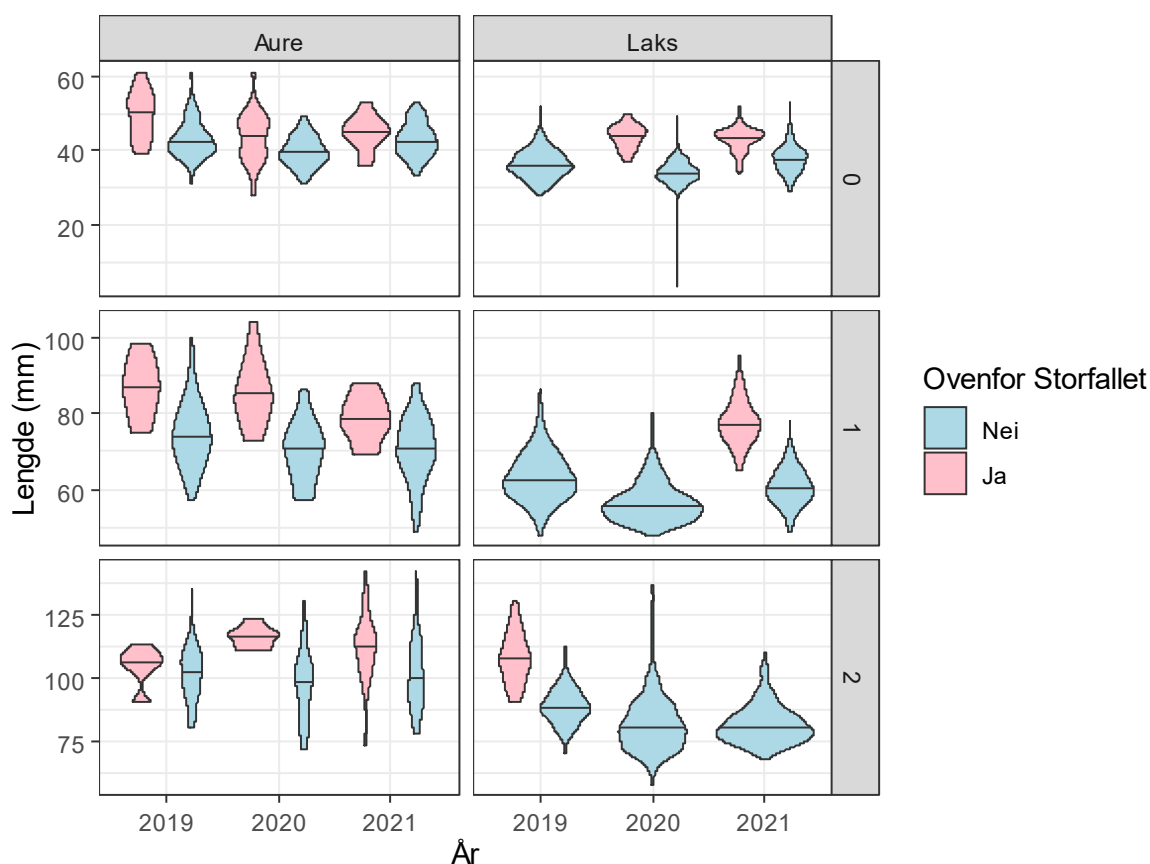
For ungfisken ser vi en klar tetthetsavhengighet i overlevelse for alle årsklasser, med generelt dårligere overlevelse fra egg til eldre stadier jo høyere eggdeponeringa som gav opphav til kohorten var. Dette gjeldt både for laks og aure (Figur 19). Effekten av tetthet i årsklassen, årsklassen før og gytevannstand på overlevelsen ble undersøkt med miksmo- dellering (se metode), med alder som tilfeldig variabel (det vil si at overlevelsen til en alder får være forskjellig fra overlevelsen til en annen alder). Dette ble gjort separat for hver art, da tidsserien fortsatt er for kort til å undersøke både innenarts- og mellomarts-effekter samtidig. Denne modelleringa viste at tetthet (mengde egg) hadde signifikant negativ effekt på overlevelse av både laks og aure. Inkludering av tetthet av årsklassen før (eggdeponering året før) indikerte at også denne hadde sterk negativ effekt på overlevelsen av laksunger, mens dette ikke gjaldt aureunger. For laks var den negative effekten av forrige årsklasse i samme størrelsesorden som for årsklassen, og inkludering av forrige årsklasse i modellen gav statistisk signifikant bedre modell for laks ($p = 0,026$). Inkludering av gytevannstand gav derimot ikke noe forbedring av overlevelsesmodellen. Vi fant heller ingen indikasjoner på at mengden av en art påvirka overlevelsen til den andre arten.



Figur 19. Overlevelse fra egg til ulike aldre (somre) for laks og aure basert på ungfiskundersøkelsene. Her har vi også tatt med overlevelse til årsyngel (1-somrig fisk), med antatt samme fangbarhet som øvrige årsklasser. Linjer med konfidensintervall i samme farge indikerer sammenheng ved lineær regresjon, uavhengig for hver alder.

3.7 Vekst for laksunger og aureunger

Et gjennomgående trekk i størrelse ved alder var at laks- og aureunger fanga oppstrøms Fallan var større enn ungfisk av tilsvarende art og alder fanga nedstrøms Fallan (Figur 20). Dette indikerer bedre vekst hos ungfisk ovenfor Fallan, og må settes i sammenheng med lavere tettheter oppstrøms sammenlignet med nedstrøms Fallan. Vanntemperaturen kan ikke forklare disse forskjellene, da den er lignende og i alle fall ikke høyere oppstrøms.



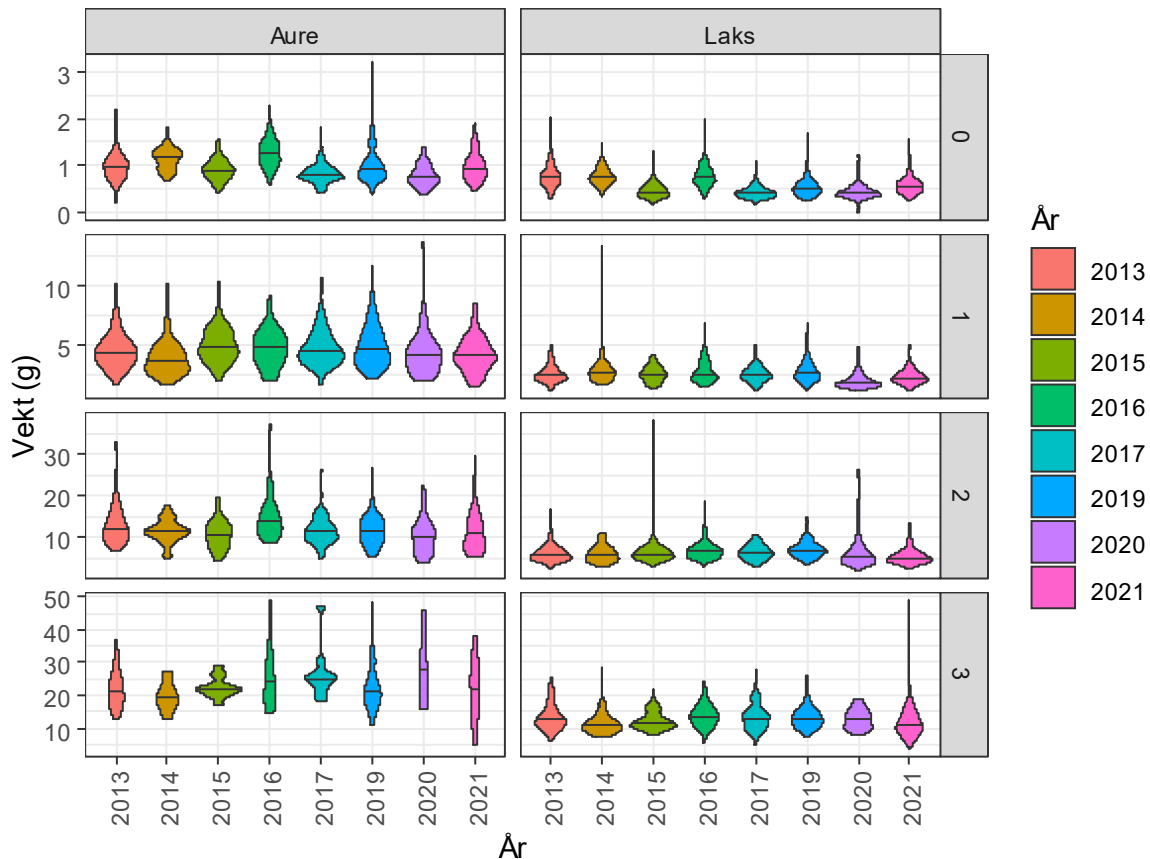
Figur 20. Lengdefordelinger ved alder hos laks og aure fanga under elfisken høsten 2019 og 2020. Gjennomgående større fisk i hver årsklasse for begge arter indikerte bedre vekst oppstrøms Fallan enn nedstrøms Fallan. Svart horisontal strek i lengdefordelingene indikerer medianlengde.

3.8 Temperatursum og vekst hos ungfisk

Størrelsesfordelingen i de ulike aldersklasser og år indikerte at det var forskjeller mellom år i fiskestørrelse. Ser vi alle år samlet, ser vi klare mellomårlige variasjoner i størrelse for årssyngel, mens forskjellene er mindre tydelige for eldre fisk (Figur 21).

Det er naturlig å tenke seg at slike forskjeller i størrelse kan skyldes forskjeller i gjennomsnittlig vanntemperatur mellom år. Videre vil størrelsen for fisk eldre enn årssyngel ikke bare være en funksjon av siste års temperatur, men også av temperatur og vekst i foregående år. For å relatere vekst til temperatur for årssyngel, gjorde vi lineær regresjon med gjennomsnittsvikt for årsklassen som responsvariabel og temperatursum (summen av

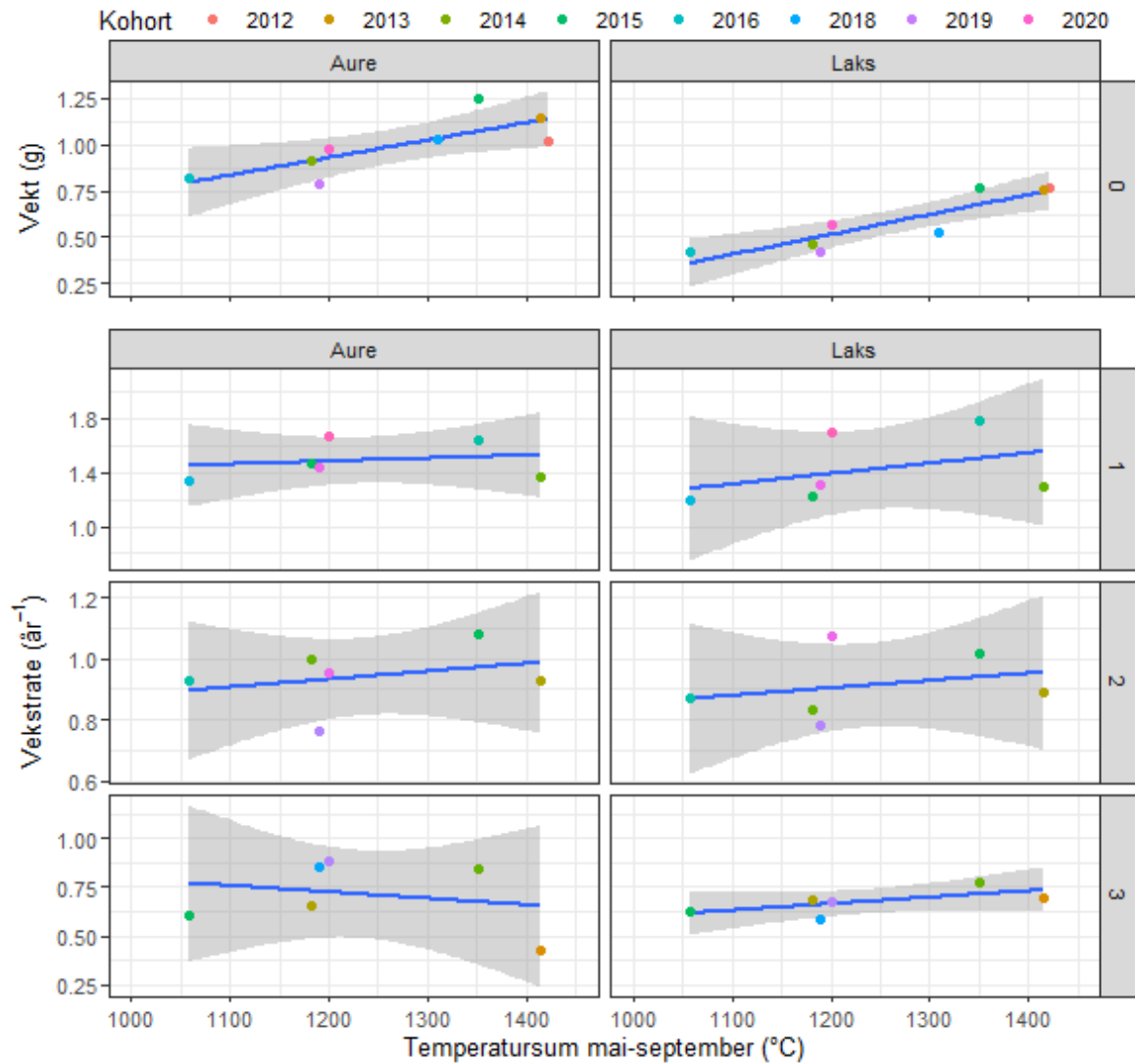
gjennomsnittlig døgntemperatur i vannet) fra 1. mai til 30. september. Individvekter for årssyngel ble beregnet fra lengde basert på lengde-vektsammenhengen for all ungfisk av arten. Det var en klar positiv og statistisk signifikant sammenheng mellom temperatursum og størrelse hos årssyngel, og også en signifikant forskjell i størrelse mellom laks og aure (Figur 22). Kun data for fisk fanget nedenfor Fallan ble brukt i disse analysene.



Figur 21. Vektfordelinger i de ulike årsklasser av aure og laks i undersøkelsesårene; fargelagt område viser vektfordelingen, horisontal strek i hver fordeling viser medianvekt. Mens det er klare forskjeller i størrelse mellom år for årssyngel (0-åring, øverst), er forskjellene mindre klare for eldre fisk nedover i panelene. For fisk som ikke var veid, ble vekten estimert fra lengde basert på forholdet mellom lengde og vekt for fisk som var lengdemålt og veid.

For eldre fisk brukte vi vekstraten fra høsten før som uttrykk for siste års vekst. Vekstraten ble beregnet som $(\log(\text{vekt}_t) - \log(\text{vekt}_{t-1}) / d$, der vekt_t er gjennomsnittlig vekt for årsklassen i undersøkelsesåret, og vekt_{t-1} er gjennomsnittsvekten i den samme kohorten undersøkelsesåret før. d er tiden mellom undersøkelsene, i vårt tilfelle ett år. For alle årsklasser med unntak av tre-årig aure, var det en positiv trend mellom temperatursum i siste sommerseongen og siste års vekst, men sammenhengen var ikke statistisk signifikant (Figur 22). Når vi tok hensyn til temperatursum det også en negativ tendens mellom årsklassetetthet og -vekst, men dette var ingen klar sammenheng. Her må det understrekes at både selektiv

dødelighet og utvandring til store kulper eller sjø kan påvirke disse vekstestimatene, siden det ikke er individuelle vekstestimer.



Figur 22. Vekst hos aure og laks i de første leveåra. Punkter viser gjennomsnittlig vekt for en årklasse relatert til antall døgngader fra 1. mai til og med 30. september, punktfarge indikerer kohort. Blå linje indikerer lineær regresjon med 95 % konfidensintervall gitt av gråskravert område. Årsyngel øverst, treåringar nederst.

4 Diskusjon

Gytefiskundersøkelsene og ungfiskundersøkelsene i perioden 2019-2021, samt gytegrup-undersøkelser 2020-2022 inkludert i denne oppdragsperioden, har vært en viktig oppfølging til tidligere undersøkelser i Skjoma. Vi har i denne rapporten fokusert på resultater fra siste års undersøkelser, men også på analyser som inkluderer tidligere års undersøkelser. Vi vil i det følgende fokusere på resultater fra analysene som inkluderer alle år med data, da disse gir oss best forutsetninger for å vurdere tilstanden og flaskehals for lakse- og sjøaurebestanden i Skjoma. Vi strukturerer diskusjonen i henhold til oppdraget, før vi gir en oppsummerende vurdering på tvers av undersøkelsene til slutt.

4.1 Gytegrupundersøkelsene

Gytegrupundersøkelser ble etterlyst allerede i 1998 (Næst mfl. 1998), og undersøkelsene fra 2017 til 2022 har gitt et viktig bidrag til forståelsen av flaskehals i rekrutteringa av laks og aure i Skjoma. Eggedeponeringsestimater fra drivtellingene kombinert med gytegrupundersøkelsene har vist oss flere viktige konsekvenser av ekstremt lav vintervannføring; 1) Mange gytegrupper går helt eller delvis tapt som følge av innfrysing og/eller som følge av dårlig oksygentilgang på grunn av lite vanngjennomstrømming. Dette representerer en sentral flaskehals for ungfiskrekruttering i Skjoma, da eggoverlevelsen i de fleste vintre trolig er lavere enn 75 %. 2) Vi definerte gytevannstanden som forskjellen mellom Q10 i gyteperioden og Q95 i vinterperioden, alternativt forskjellen til laveste grunnvannstand. Eggoverlevelsen i gytegrupper var negativt korrelert med gytevannstanden. Høgere vannføring om vinteren ville senke gytevannstanden, og hadde laveste vintervannføring vært $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i alle vintre viste analysene at eggoverlevelsen i gytegruppene trolig ville vært bedre enn 75 % i 9 av 10 vintre.

4.2 Ungfiskregistreringene

Det var en betydelig variasjon i årsklassestyrke observert i ungfiskregistreringene, med en gjennomgående negativ sammenheng mellom årsklassestyrke og overlevelse for både laks og aure. Dette er i tråd med resultater fra Imsa, der eggtettheten forklarte en stor del av overlevelsen fra egg til smolt (Jonsson mfl. 1998). For laks fant vi også en negativ sammenheng mellom overlevelsen og størrelsen på forrige årsklasse. Dette indikerer at høge ungfisktettheter av en årsklasse kan undertrykke overlevelsen av ett år yngre fisk, og motsatt at dersom tetthetene av en årsklasse er lav kan overlevelsen til ett år yngre fisk bli bedre enn forventet ut fra gjennomsnittlige tettheter.

Vi fant videre at overlevelsen for ettåringer kan være dårlig i vintre med ekstremt lav vintervannføring, i alle fall dersom årsyngelen er liten ved inngangen til vinteren. Paradokset er altså at selv om gytegrupundersøkelsene viste oss at overlevelsen i gytegruppene var dårlig for 2017-kohorten (årsklassen som overvintret som egg vinteren 2017-2018), så var den påfølgende overlevelsen god både for laksunger og aureunger. Denne bedre overlevelsen kommer som en følge av høy dødelighet og lav tetthet i 2016-kohorten, som gav lavere konkurranse for 2017-kohorten (se Gjelland mfl. 2022 for detaljer). Einum og Kvingedal (2011) fant at saktevoksende bestander med liten forskjell i størrelse mellom årsklassene hadde størst interkohort-konkurranse (konkurranse mellom

årsklasser). Vi kjenner ikke til arbeider som dokumenterer predasjon fra en sterk årsklasse av ettåringer på årsyngel av neste årsklasse, men kan ikke utelukke slik predasjon som et viktig moment.

Vekstanalysene for ungfisk viste enn klar sammenheng mellom sommertemperatursum og størrelse for årsyngel. Lavere størrelse ved inngangen til vinteren betyr at årsyngelen har mindre ressurser til å møte vinteren med etter kalde somre, og betyr trolig at årlige tilfeldige variasjoner i temperatur bidrar til variasjoner i overlevelse fra 1-somrig til 2-somrig fisk. Vekstanalysene for eldre fisk viste ingen signifikant sammenheng med verken temperatursum, årsklassetetthet eller total tetthet av ungfisk. Vi kunne forventet sammenhenger her, men om manglende sammenhenger skyldes fravær av slike sammenhenger, eller at vi ikke har individuelle vekstestimat og dermed kan utelukke selektiv dødelighet eller selektiv migrasjon, vet vi ikke. Sammenligner vi størrelse av ungfisk nedstrøms og oppstrøms Fallan, ser vi derimot klare forskjeller i størrelse ved en gitt alder. Tetthetene av ungfisk er gjennomgående lavere oppstrøms Fallan enn nedstrøms, men ungfisk ved en gitt alder oppstrøms var større enn ungfisk av samme alder nedstrøms i alle tre undersøkelsesårene (2019-2021). Dette gjaldt både laks og aure, og indikerer bedre vekst for ungfisk oppstrøms sammenlignet med nedstrøms Fallan. Elvetemperaturen oppstrøms Fallan antas å være noenlunde lik som nedstrøms Fallan gjennom samme sesong, og er i alle fall ikke høyere. Den bedre veksten må derfor antas å skyldes bedre mattilgang som følge av mindre tetthetsavhengig konkurranse om maten, og indikerer på samme tid at tetthetsavhengig rekruttering heller skyldes næringsbegrensning enn begrenset skjultilgang.

4.3 Gytefiskundersøkelsene

Analysene av langtidsserien med gytefisktellinger viste at bestandesveksten for laks har flata ut som en følge av tetthetsbegrensende effekter, og at maksimal forventa gytefiskrekruttering er nært gytebestandsmålet. I rekrutteringsanalysene for laks basert på gytebestand fant vi også en negativ autokorrelasjon, som tyder på at en sterk årsklasse har negativ påvirkning på rekrutteringen i neste årsklasse. For sjøaure fant vi også sterk tetthetsavhengighet i rekruttering av gytefisk, men vi fant ikke den samme negative autokorrelasjonen som for laks.

I 2018 viste analysene på langtidsserien fra gytefisktellingerne at høy gytevanstand resulterte i dårligere rekruttering hos laks, mens vi ikke fant denne sammenhengen for sjøaure (Gjelland mfl. 2018). For laks har denne sammenhengen blitt mer svekket enn styrket med inkludering av gytefisktellinger årene 2018-2021. Dette skyldes at årene som har kommet til har vært preget av tettheter nær bærekapasiteten for laks, som gjør at dårlig overlevelse i gytegroper blir kompensert av bedre overlevelse seinere. Ved lave tettheter i en bestandsoppbyggingsfase får vi ikke slik kompensatorisk overlevelse, fordi de lave tetthetene uansett gjør konkurransen liten og overlevelsen god. Sjøaurebestanden har i hele perioden vært preget av tetthetsregulering, som kan forklare hvorfor vi ikke finner sammenheng mellom gytevanstand og rekruttering hos sjøaure. Sjøauren er også mer plastisk (variabel) i sin vandringsadferd enn laks, som kan gi mere «støy» i dataserien. Det vil si at flere sjøaure enn laks har en vandringsadferd som fraviker fra våre antakelser. Slik «støy» kan dekke over reelle miljøeffekter på rekrutteringen, fordi flere fisk vil bli plassert i feil årsklasse. Den relative fordelinga av gytefisk langs vassdraget har ikke endret seg

betydelig fra 2001 til 2021, verken for laks eller sjøaure. Vi antar derfor at den romlige fordelinga av gytefisk ikke har hatt innvirkning på rekrutteringsanalysene for gytefisk.

4.4 Gytefisk oppstrøms Fallan

Gytefisktellinger har vist at nyåpnet anadrom strekning i begrensa grad er tatt i bruk av naturlig vandrende gytefisk. Gytegrupundersøkelser og ungfiskundersøkelsene har bekrefta suksessfull gyting av slik naturlig vandrende gytefisk, og også av laks som ved flere anledninger har blitt flytta opp forbi fisketrappene like før gytesesongen. Det ble flytta sjøaure opp forbi Fallan høsten 2018 og 2019, men disse slapp seg trolig raskt ned igjen etterpå da de ikke ble observert ved etterfølgende drivtellingsrunde. Det ble heller ikke observert gytegroper fra disse. Det ble imidlertid funnet gytegroper fra sjøaure i 2021 og 2022, som indikerer suksessfull gyting av naturlig vandrende sjøaure. Det er også observert sjøaure i Storfallhølla og Lossielva (oppstrøms Lillefallet), og noen individer oppstrøms Storefallet. Dette indikerer at sjøaure også kan bruke fisketrappene. Laks har blitt flytta opp forbi fiske-trappene i Fallan både i 2016, 2020 og 2021. Disse har i stor grad blitt værende ovenfor Fallan til endt gytesesong, bekreftet både i andre drivtellingsrunde og ved funn av gytegroper påfølgende vår.

Det anbefales å følge opp fisketrappenes funksjon for å sikre naturlig vandring til områdene oppstrøms Fallan, og eventuelt fortsette med lakseflytting i noen år til i en overgangsperiode. Gyting av naturlig oppvandra fisk er imidlertid å foretrekke, og flytting av gytefisk bør unngås dersom den naturlige vandringa opp trappene er god. Flytting av sjøaure har vært mindre suksessfullt enn flytting av laks, og anbefales ikke videreført.

4.5 Vurdering på tvers av undersøkelsene

Vi ser at bildet av tetthetsavhengig rekruttering går igjen i de ulike undersøkelsene i Skjoma; vi har sett det gjennom analysene på gytefisktellinger og eggdeponering basert på disse, og vi har sett det gjennom overlevelsesestimer basert på ungfiskundersøkelsene. Denne tetthetsavhengigeten skyldes i stor grad intrakohort-konkurransen, det vil si konkurranse mellom individer i samme årsklasse. For laks fant vi også både i ungfiskanalsene og i gytebestandsanalysene at en sterk årsklasse har negativ påvirkning på rekrutteringen i neste årsklasse. Disse analysene er uavhengig av hverandre, og det styrker konklusjonene vi kan dra fra resultatene. Vi konstaterer at uavhengige analyser viser at både laks og aure har tetthetsavhengig regulering som skyldes intrakohort-konkurransen, og for laks er også interkohort-konkurransen et viktig moment. Hvorvidt interkohort-predasjon kan være en faktor blir spekulasjoner i fravær av arbeider som dokumenterer dette.

Variasjon i sjøoverlevelse fra år til år vil bidra til variasjon i rekruttering til gytefiskbestanden. Men vi forventer ikke tetthetsavhengighet i sjøoverlevelsen, slik at tetthetsavhengighet i rekruttering hos gytefisk antas å skyldes tetthetsavhengigheten i ungfiskrekruttering (Jonsson mfl. 1998). Den klare tetthetsavhengigheten i rekruttering hos både laks og sjøaure, gjør at vi ikke kan forvente en særlig bestandsøkning utover dagens nivåer, med mindre forholdene i sjøen skulle endre seg. Det betyr at høstingspotensialet for laks er lite dersom gytebestandsmålet skal sikres. Gytebestandsmålet er allerede halvert i forhold til hva det ville blitt satt til dersom Skjoma var uregulert, slik at en ytterligere reduksjon av gytebestandsmålet synes som en dårlig løsning. Lave gytebestander gjør bestanden mer

sårbar for genetisk påvirkning fra oppdrettslaks, og den genetiske integriteten til laksen i Skjoma er allerede truet av påvirkning fra oppdrettsgener (Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2021). Det er derfor viktig å styrke rekruttering og bestandsstørrelse for laks for å gjøre den mindre sårbar overfor innblanding fra oppdrettslaks.

Ved bruk av modellen for gytefiskrekruttering og simulering av liten eller ingen dødelighet i gytegroper (det vil si god eggoverlevelse i hele tidsserien), viste Diserud og Gjelland (2022) at bedret gytegropeoverlevelse ville bedre vekstraten for laksebestanden, men ikke føre til økt bærekapasitet for ungfisk. En vesentlig økning i ungfiskrekrutteringen utover dagens nivåer kan således kun oppnås ved å øke produksjonsarealet i tiden det er mest begrenset. Med dagens vannføringsmønster er vanddekket areal i sommerhalvåret minst i august og september, en periode med god temperatur og god produksjon av bunndyr og insekter i elva. En økning i vannføringa i denne perioden vil bedre næringstilgangen for ungfisk i elva, og samtidig også øke skjultilgangen i den perioden denne er mest begrensa. I sin tur vil dette bedre vekst, overlevelse og rekruttering hos både laks og sjøaure, og sikre en mer robust laksebestand. Diserud og Gjelland (2022) viste med to ulike tilnæringsmetoder at ungfiskproduksjonen (og dermed smoltproduksjonen) kan antas å øke med 10-40 % for minste-vannføringsscenarioer for sommerhalvåret fra 1,5 til 4 m³ s⁻¹. Vi ser ingen andre tiltak som kan gi slike betydelige økninger i smoltproduksjonen. Videre vil økninga i smoltproduksjon som følge av slike endringer gi et mye større høstbart overskudd enn den relative økninga i smoltproduksjonen tilsier, da en større del av økt tilbakevandring vil være høstbart overskudd over gytebestandsmålet.

Å gi anbefalinger om minstevannføring ligger utenfor oppdraget i dette prosjektet, men det er ingen tvil om at en god minstevannføring sommerstid både vil gjøre laksebestanden mer robust og samtidig øke høstingspotensialet. Innføring av minstevannføring om vinteren vil gi vesentlig forbedret eggoverlevelse i gytegroperne, og sikre en raskere bestandsvekst. En kombinasjon av minstevannføringskrav om vinteren, som kan være lavere enn minstevannføringskravet om sommeren, vil gi bedre forutsetninger for at en minstevannføring om sommeren skal gi forventet effekt på rekruttering.

Andre tiltak enn å sikre en bedre vannføring sommerstid i den perioden denne er lavest (økt produksjonskapasitet) og vinterstid (overlevelse egg og årsyngel), kan være for eksempel gytegrusutlegging eller substratharving på enkelte lokaliteter. Vi finner imidlertid gytegroper i alle soner i Skjoma, og har ingen indikasjoner på at manglende gyteareal er en begrensning. Videre må vi anta at bedret tilgang på passende gytesubstrat ikke vil bedre rekrutteringen, siden denne er tetthetsbegrenset ved dagens vannføringsregime. Vi kan imidlertid ikke utelukke at slike tiltak kan gi effekt ved høyere minste vannføringer. Skjultilgangen i Skjoma har blitt vurdert som moderat god (Gjelland mfl. 2018), men som diskutert tidligere indikerer vekstsammenligningen oppstrøms og nedstrøms Fallan at tetthetsbegrensingen i rekrutteringa skyldes næringskonkurranse heller enn skjulkonkurranse. Med dagens vannføringsregime kan vi derfor ikke anta at bedret skjultilgang vil gi bedra ungfiskrekruttering. Vi har heller ingen grunn til å anta at innføring av minstevannføringskrav vil gi redusert skjultilgang, og tror derfor ikke at substratharving vil være et nyttig tiltak i Skjoma.

Nøst mfl. (1998) spekulerte i hvorvidt lav sommervannføring gjorde det vanskelig for laks å komme opp Skjoma, og om utslipp av vann fra kraftverket i Lappvika utgjør en attraksjon som trekker laks dit i stedet for til Skjoma. Det mangler imidlertid data som belyser dette

på en god måte, og vi har ingen holdepunkter som tilsier at dette begrenser oppvandringen av laks i elva.

Flere av tersklene i Skjoma har behov for utbedring. Det ligger utenfor dette oppdraget å vurdere utforming av terskler og terskelbasseng. Vi anbefaler at dette tas opp til vurdering etter endt vilkårsrevisjon. Uten minstevannføringskrav er trolig potensialet for økning i ungfiskproduksjon som følge av terskelmodifisering svært lite.

For å bedre den genetiske integriteten for laks i Skjoma kan det være nyttig å gjøre uttak av oppdrettslaks i gytebestanden i den grad det er mulig. Noe uttak har vært gjort i de senere år, dels som følge av frivillig innsats med lysfiske for å skaffe materiale til skjellanalyser, dels i forbindelse med genetiske analyser av laks som var fanga for gytefiskflytting i samband med oppdraget. En mer formalisert innsats for å ta ut oppdrettslaks kan med fordel kombineres med innsamling av skjell til skjellprøveanalyser. Uttak av oppdrettslaks på denne måten blir likevel i hovedsak begrenset til laks med tydelig visuell oppdrettskarakter (det vil si rømt oppdrettslaks), da det ikke vil være mulig eller tilrådelig å holde et stort antall laks i fangenskap over flere dager in påvente av genetiske analyser. Materiale samla inn i skjellanalyser vil uansett kunne brukes til genetiske analyser for å overvåke den genetiske integriteten og genetisk påvirkning fra oppdrettslaks.

Gyting av pukkellaks i Skjoma har vært observert både i 2017 og 2019, men dette er første gang vi har dokumentert gyting med overlevende pukkellaksyngel. Pukkellaks har mindre grad av homing (tilbakevandring til samme vassdrag som den ble klekka) enn laks og sjøaure, og det er ikke sikkert at suksessfull gyting i Skjoma vil gi høyere gytebestand av pukkellaks i Skjoma. Generelt vet vi lite om hvorvidt pukkellaksgyting i norske vassdrag har bidratt til den store økningen i pukkellaksinnsig til norske vassdrag i senere år, og vi vet også lite om den faktiske påvirkningen av denne arten på laks og sjøaure. Men pukkellaksen er svartelista og derfor generelt uønska i norske vassdrag, og føre-var-prinsippet tilsier at det må gjøres en innsats for å begrense pukkellaksgyting også i Skjoma. Dette ble også gjort på sensommer i 2021 i Skjoma. Vi har ikke resultater som tyder på at pukkellaks så langt har hatt noen påvirkning på bestandene av laks og sjøaure i Skjoma.

Gytefisktellingerne og ungfiskundersøkelsene utgjør tidsserier det er viktig å videreføre, både for Skjoma og i et større perspektiv. Det vil grunnlag for å vurdere blant anna i hvilken grad strekninga oppstrøms Fallan tas naturlig i bruk av laks og sjøaure, og hvilke konsekvenser dette har for vassdraget. Disse tidsseriene gir unik mulighet til å forstå bestandsdynamikken hos sjøaure og laks i vassdraget, og elementer som påvirker denne og blant anna kan gi flaskehalser i rekrutteringa. Kunnskapen erverva om bestandsdynamikk i slike tidsserier har stor overføringsverdi til andre vassdrag. Slike tidsserier er sjeldne og tar mange år å bygge opp, og er derfor ekstra verdifulle å videreføre. Videreføring av tidsseriene vil også være viktig for å evaluere andre tiltak eller mangel på slike. Ikke minst gir tidsseriene et unikt grunnlag som førdata i tilfelle oppgangen av pukkellaks skulle mangedoble seg. Førdata er som regel mangelvare ved biologiske invasjoner, og er helt sentrale for å vurdere hvorvidt, hvordan og hvilken effekt invasjonen har.

5 Referanser

- Benaglia, T., Chauveau, D., Hunter, D.R. & Young, D. 2009. mixtools: An R package for analyzing finite mixture models. *Journal of Statistical Software*, 32, 1-29. doi:<https://dx.doi.org/10.18637/jss.v032.i06>.
- Diserud, O. & Gjelland, K.Ø. 2022. Estimering av smoltproduksjon ved forskjellige min-stevannsføringssearier i Skjoma. NINA prosjektnotat 382.
- Einum, S. og Kvingedal, E. 2011. Relative importance of size-based competitive ability and degree of niche overlap in inter-cohort competition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) juveniles. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68: 969-976.
- Gjelland, K.Ø., Falkegård, M., Foldvik, A. & Berg, M. 2018. Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma 2013-2018. Sluttrapport. NINA rapport 1524. Norsk institutt for naturforskning.
- Gjelland, K:Ø., Kanstad-Hanssen, Ø., Rinaldo, A., Ambjørndalen, V., & Johansen, N.S. 2022. Laks og sjøaure i Skjoma – framdriftsrapport. NINA prosjektnotat 315.
- Heggberget, T. G. 1985. Utvikling av bestanden av ungfisk i Skjoma etter regulering og terskelbygging. - NINA Notat 005. 9 s.
- Jonsson, N., Jonsson, B. & Hansen, L. P. 1998. The relative role of density-dependent and density-independent survival in the life cycle of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Animal Ecology* 67: 751-762.
- Lamberg, A., Øksenberg, S., og Strand, R. 2007. Bonitering av Skjoma – 2007. LBMS-rapport 5-2007, Trondheim.
- Lamberg, A., Strand, R., Øksenberg, S. & Hanssen, Ø. K. 2013. Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma i årene 2001 til 2012. - SNA-rapport 07/2013. Skandinavisk naturovervåkning, Trondheim.
- Nøst, T., Lamberg, A. & Heggberget, T. G. 1998. Fiskebiologiske undersøkelser i Skjoma 1997-98, Narvik kommune, Nordland fylke. NINA oppdragsmelding. 567. NINA Norsk institutt for naturforskning, Trondheim.
- Shepherd, J. G. 1982. A versatile new stock-recruitment relationship for fisheries and construction of sustainable yield curves. *J. Cons. int. Explor. Mer* 40:65-75.
- Schielzeth, H. 2010. Simple means to improve the interpretability of regression coefficients. - *Methods in Ecology and Evolution* 1: 103-113.
- Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2021. Status for norske laksebestander i 2021. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 16, 227 s.

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 Ims 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-[xxxx-x]

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>

