

2722

NINA Rapport

Effekter av miljødesigntiltak i Mandalselva og evaluering av nytt manøvreringsreglement for Laudal Kraftverk

Torbjørn Forseth, Richard Hedger & Randi Saksgård



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.

Effekter av miljødesigntiltak i Mandalselva og evaluering av nytt manøvreringsreglement for Laudal Kraftverk

Torbjørn Forseth
Richard Hedger
Randi Saksgård

Forseth, T, Hedger, R. & Saksgård, R. 2026. Effekter av miljødesigniltak i Mandalselva og evaluering av nytt manøvreringsreglement for Laudal Kraftverk. NINA Rapport 2722. Norsk institutt for naturforskning.

Trondheim, februar 2026

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-5553-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Ola Ugedal

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsjef Anne Kristin Jøranlid (sign.)

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Å Energi Vannkraft

KONTAKTPERSONER HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Svein Haugland & Eivind Hellerslien

FORSIDEBILDE

Ledegjerdet ved inntaket til Laudal kraftverk © Steis Mekaniske Verksted

NØKKEWORD

- Norge, Agder, Mandalselva
- laks, sjørret, ål, smolt, vinterstøinger
- etterundersøkelse restaurering
- vannkraft
- ungfisketthet, fiskevandring og vandringstiltak, fiskesykdom, effektkjøring

KEY WORDS

- Norway, Agder, River Mandalselva
- Atlantic salmon, sea trout, European eel, smolt, kelts
- habitat restoration
- hydropower
- juvenile densities, fish migration and measures, fish diseases, hydropeaking

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

Forseth, T., Hedger, R. & Saksgård, R. 2026. Effekter av miljødesigntiltak i Mandalselva og evaluering av nytt manøvreringsreglement for Laudal Kraftverk. NINA Rapport 2722. Norsk institutt for naturforskning.

I prosjektet Miljødesign Mandalselva (2014-2019) ble det gjennomført habitattiltak, tilpasninger i kraftverksdrift og vannslipp som skulle gi økt kraftproduksjon samtidig som tapet i lakseproduksjon etter kraftreguleringen skulle reduseres til et minimum. Basert på forslag i prosjektet ble det fra 2021 innført et nytt manøvreringsreglement for Laudal kraftverk. Fra 2020 har NINA hatt ansvar for å evaluere effektene av tiltakene og det nye reglementet for laksebestanden. I evalueringen inngår studier av utvandring av laksesmolt og oppvandring av voksenfisk gjennom minstevannstrekningen forbi kraftverket, fiskeproduksjon og fangster i minstevannstrekningen og forekomst av raske vannstandsendringer nedstrøms både Laudal kraftverk og Bjelland kraftverk lengre oppe. På grunn av utbrudd av fiskesykdommer inngår også en vurdering av disse. I rapporten diskuteres også forhold for utvandring av vinterstøinger og blankål.

Et viktig mål med det nye reglementet var å bedre overlevelsen til utvandrende smolt forbi Laudal kraftverk. Installering av et ledegjerde foran inntaket og evaluering av effekten av dette i en sporingsstudie i 2021 viste god effekt og en høy andel av smolten vandret forbi kraftverksinntaket. Modellmessig sammenligning av gammelt og nytt manøvreringsreglement viste at det nye var betydelig bedre for å sikre at smolten unngikk kraftverksinntaket. Hvert år estimeres sannsynlig utvandringsperiode for smolt og periode for vannslipp ved hjelp av modeller basert på lufttemperatur. En validering av modellene ved videoregistrering av utvandring viste godt samsvar og modellverktøyet framstår som robust.

Analyser av oppvandring av voksenlaks i video og fangster i minstevannstrekningen og nedstrøms fiskeområder viste at endringene i vannføring i det nye reglementet ikke har påvirket oppvandringen inn i og forbi minstevannstrekningen i vesentlig grad. Fangstene viser at strekningen har blitt et viktig fiskeområde i Mandalselva. Noe mer stabile vannføringsforhold i løpet fiskesesongen under det nye reglementet kan ha påvirket fisket noe, men effekten er liten. Innførte anbefalinger for kraftversdrift for Bjelland kraftverk har redusert raske vannstandsendringer og til tross for at tilsvarende anbefalinger ikke formelt har blitt innført for Laudal kraftverk har raske vannstandsendringer også her blitt sjeldnere under det nye reglementet. Bedringen nedstrøms Laudal kraftverk kan ifølge Å Energi knyttes til at det nye reglementet er enklere å drifte enn det forrige og andre tiltak for mer miljøtilpasset drift.

Vinteren/våren 2016 ble det gjennomført store habitattiltak på minstevannstrekningen forbi Laudal kraftverk. Nesten alle tersklene ble fjernet og steinene fra tersklene ble brukt til å skape gode leveområder for ungfisk. I perioden 2016-2025 har vi gjennomført elektrisk fiske på en rekke stasjoner på strekningen for å studere utviklingen i tetthet av ungfisk. Til tross for at det har vært en rekke hendelser som kan ha påvirket rekrutteringen og ungfiskproduksjonen har fisketetthetene økt etter tiltakene og vi konkluderer at den forventede doblingen av smoltproduksjonen på strekningen sannsynligvis har blitt nådd. De viktigste hendelsene i perioden var en storflom i 2017 (den største i vassdraget etter 1864), utbrudd av soppsykdommen saprolegniose hos gytefisk i 2022 og 2023 og forekomst av proliferativ nyresyke (PKD) hos ungfisken i 2023. Det er etter vår vurdering lite sannsynlig at sykdomsutbruddene kan knyttes til drift av kraftverkene i vassdraget.

Vi konkluderer med at tiltakene har hatt de forventede effektene på fiskeproduksjon og at det nye reglementet er betydelig bedre for utvandring av smolt enn det forrige og at det ikke er dårligere for oppvandringen av voksenfisk eller ungfiskproduksjonen på minstevannstrekningen. Modellverktøyet for å forutsi smoltutvandringens start og varighet er en bedre tilnærming enn vannslipp basert på fangster i et smolthjul slik det var i det forrige reglementet.

Torbjørn Forseth (torbjorn.forseth@nina.no), Richard Hedger (richard.hedger@nina.no) & Randi Saksgård (randi.saksgard@nina.no), Norsk institutt for naturforskning, Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Abstract

Forseth, T., Hedger, R. & Saksgård, R. 2026. Effects of environmental design measures in the River Mandalselva and evaluation of the rules of operations for the Laudal hydropower station. NINA Report 2722. Norwegian Institute for Nature Research.

In the Environmental Design Mandalselva project (2014-2019), habitat measures, adaptations in power plant operation and water releases were implemented that aimed to increase power production while at the same time reducing the loss in salmon production after power regulation to a minimum. Based on proposals in the project, new rules of operations were introduced for the Laudal power plant from 2021. From 2020, NINA has been evaluating the effects of the measures and the new operation rules for the salmon population. The evaluation includes assessments of downstream migration of salmon smolts and upstream migration of adult fish through the minimum flow stretch past the power plant, fish production and catches in the minimum flow stretch and the occurrence hydropeaking downstream of both Laudal power plant and the upstream Bjelland power plant. Due to outbreaks of fish diseases, an assessment of these is also included.

An important goal of the new regulations was to improve the survival of migrating smolt past the power plant. Installation of a guiding rack in front of the intake and a telemetry based evaluation in 2021 showed good effects and a high proportion of smolt migrated past the power plant intake. Model comparison of old and new rules of operations showed that the new one was significantly better at ensuring that smolt avoided the power plant intake.

Analyses of the upstream migration of adult salmon in video and catches in the minimum flow section and downstream fishing areas showed that the changes in water flow in the new regulations have not significantly affected the migration into and past the minimum flow section. The catches show that the section has become an important fishing area in the Mandal River. Somewhat more stable flow conditions during the fishing season under the new regulations may have negatively affected the fishing somewhat, but the effect is small. The introduced recommendations for power plant operations for the Bjelland power plant have reduced harmful hydropeaking and, despite the fact that similar recommendations have not been introduced for Laudal power plant, detrimental hydropeaking have also become less frequent here under the new regulations. The improvement downstream of Laudal power plant is probably due to the new regulations being easier to operate than the previous ones.

In the winter/spring of 2016, major habitat measures were carried out in the minimum flow section. The weirs were removed and habitat for juvenile fish was improved. During 2016-2025, electric fishing at high a number of stations were performed to study the development in the density of juvenile fish. Despite the fact that there have been a number of events that may have affected recruitment and juvenile fish production, densities have increased after the measures and we conclude that the expected doubling of smolt production in the stretch has been achieved. The most important events were a major flood in 2017 (the largest since 1864), outbreaks of the fungal disease saprolegniosis in adults in 2022 and 2023 and proliferative kidney disease (PKD) in juvenile fish in 2023. In our assessment, it is unlikely that the disease outbreaks can be linked to the operation of the power plants in the watercourse.

We conclude that the measures have had the predicted effects on fish production and that the new rules of operations are significantly better for the migration of smolt than the previous one and that they have not negatively affected the migration of adult fish or juvenile fish production in the minimum flow stretch.

Torbjørn Forseth (torbjorn.forseth@nina.no), Richard Hedger (richard.hedger@nina.no) & Randi Saksgård (randi.saksgard@nina.no), Norwegian Institute for Nature Research. P.O. Box 5685 Torsgarden, N-7485 Trondheim

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	4
Innhold	5
Forord	6
1 Innledning	7
2 Metoder og resultater	9
2.1 Smoltutvandring.....	9
2.1.1 Fangster i smolthjul i 2019-2021.....	10
2.1.2 Prediksjon av tidspunkt for smoltutvandring for årene 2020-2025.....	11
2.1.3 Validering av prediksjoner for tidspunkt og varighet av utvandring.....	12
2.1.4 Ledegjerde for smolt ved inntaket til Laudal kraftverk.....	14
2.1.5 Utvandringsrute til smolt i 2021 og effekt av ledegjerdet.....	15
2.1.6 Predikert vandringsrute og effekten av 2021 reglementet.....	16
2.2 Nedvandring av vinterstøinger og blankål.....	22
2.2.1 Vinterstøinger.....	22
2.2.2 Blankål.....	23
2.3 Oppvandring av laks forbi Dam Manflå.....	25
2.4 Effekter av habitattiltakene på minstevannstrekingen.....	30
2.4.1 Metoder.....	30
2.4.2 Utvikling i tettheter av lakseunger.....	32
2.4.3 Andre forhold som kan ha påvirket ungfisitettheter.....	33
2.4.4 Vurdering av måloppnåelse og effekter av 2021 reglementet.....	35
2.5 Fangster i minstevannstrekingen.....	35
2.6 Vannføringsforhold og strandingsfare.....	40
2.6.1 Laudal kraftverk.....	40
2.6.2 Bjelland kraftverk.....	44
2.7 Sykdom.....	45
2.7.1 Saprolegniose.....	45
2.7.2 Proliferativ nyresyke PKD.....	46
2.8 Begroing på minstevannstrekingen.....	47
3 Vurdering av måloppnåelse for tiltak og evaluering av manøvreringsreglement	49
4 Referanser	51

Forord

I denne rapporten presenteres resultater av evaluering av tiltak gjennomført i regi av miljødesignprosjektet i Mandalselva (Forseth mfl. 2020) og evaluering av et nytt midlertidig reglement for Laudal kraftverk fra 2021 som bygget på anbefalingene fra samme prosjekt. Det er NINA som har hatt hovedansvaret for evalueringene på oppdrag fra Å Energi Vannkraft, men Skandinavisk Naturovervåking har årlig overvåket oppvandringen av fisk (og tre år med nedvandring av smolt) gjennom luka i Dam Manflå under egen kontrakt med Å Energi og NORCE LFI (også egen kontrakt) og Veterinærinstituttet har bidratt med ytterligere undersøkelser og kunnskap.

Vi takker Vegard M. Ambjørndalen, Astrid Tonstad, Knut Marius Myrvold og Frode Pedersen fra NINA for bidrag ved gjennomføring av det elektriske fiske. Vi takker Skandinavisk Naturovervåking for oversendelse av notat og data fra videoovervåkingen, NORCE LFI Bergen for gytetelling og Veterinærinstituttet for sykdomsdiagnostikk og informasjon om sykdomsforekomst i Norge. Til slutt takker vi Å Energi Vannkraft for oppdraget.

16. februar 2026, Torbjørn Forseth (prosjektleder)

1 Innledning

I prosjektet Miljødesign Mandalselva (2014-2019) ble det foreslått og gjennomført tiltak for å bedre forholdene for laks i Mandalselva samtidig som kraftproduksjonen på lakseførende strekning skulle opprettholdes eller økes. Hovedkonklusjonen i sluttrapporten (Forseth mfl. 2020) fra prosjektet var:

Samlet sett innebærer forslagene til fysiske tiltak, tilpasninger i kraftverksdrift og vannslipp at kraftproduksjonen på lakseførende strekning i gjennomsnitt økes, mens tapet i lakseproduksjon etter kraftreguleringen i Mandalselva blir redusert til et minimum.

De foreslåtte tiltakene og status for disse kan kort oppsummeres som følger:

- 1) Fjerning av terskler og forbedring av habitat på minstevannstrekningen Dam Manflå til Laudal som skal øke fiskeproduksjonen på strekningen. Slutført våren 2017.
- 2) Fjerning av terskel, habitattiltak og endring i elveløpet ved Portalbygget, nederst i minstevannstrekningen Manflå-Laudal for å lette oppvandring og øke fiskeproduksjonen. Gjennomført våren 2018.
- 3) Nytt manøvreringsreglement for Laudal kraftverk. Midlertidig innført fra april 2020, med varighet til april 2026. Endringene har følgende mål:
 - a. Redusere smolttap i kraftverket gjennom mer målrettede vannslipp om våren.
 - b. Øke kraftproduksjon og forenkle driften gjennom redusert minstevannføring forbi Laudal kraftverk om vinteren og faste og som oftest noe lavere vannslipp om sommeren (se detaljer nedenfor). Det forutsettes at endringene ikke påvirker fiskevandring og ungfiskproduksjon negativt.
- 4) Miljøtilpasset drift av Bjelland Kraftverk som skal redusere negative effekter av raske vannstandsendringer. Implementert i driftsinstruks for kraftverket fra 2020.
- 5) Miljøtilpasset drift av Laudal Kraftverk som skal redusere negative effekter av raske vannstandsendringer. Ikke formelt implementert.
- 6) Fjerning av terskler og økt minstevannføring på strekningen Kavfossen til Monan. Ikke gjennomført på grunn av lokal motstand. Prosessen startet opp igjen i 2025.

For å undersøke om effektene av de gjennomførte tiltakene blir som forventet i rapporten har Å Energi Vannkraft (tidligere Agder Energi) organisert et effektoppfølgingsprogram der NINA har ansvar for å følge opp effekten av de omfattende tiltakene på minstevannstrekningen ved Laudal kraftverk og Skandinavisk naturovervåking har fortsatt videoregistreringene av oppvandrende gytefisk ved Dam Manflå. I 2022 og 2023 ble NORCE LFI Bergen engasjert for å telle gytefisk i minstevannstrekningen. NINA hadde også ansvar for å gi prognoser for oppstart og varighet av smoltutvandringen basert på prognoseverktøyet som ble utviklet i miljødesignprosjektet, samt å eventuelt drifte et smolthjul for fangst av utvandrende smolt ved Hesså. Driften av smolthjulet var en forutsetning i manøvreringsreglement, og ble brukt til å bestemme start av vannslipp forbi Laudal kraftverk under smoltutvandringen. Å Energi søkte i 2020 om et nytt manøvreringsreglement basert på forslag utviklet i miljødesignprosjektet hvor slippene skal baseres på prognoseverktøyet. I april 2021 fikk Å Energi tillatelse fra NVE om å avvike fra gjeldene reglement i fem år. Vannføringsregimet i denne tillatelsen følger i all hovedsak forslaget fra Miljødesignprosjektet, og innebærer at det ikke lengre er nødvendig å drifte et smolthjul i perioden. I 2021 ble smolthjulet likevel driftet, fordi det ble brukt til å fange smolt til et merkeforsøk. Det er Bjørgulv Foss som på oppdrag fra NINA har driftet smolthjulet.

Etter at et nytt reglement ble innført fra 2021 ble effektoppfølgingsprogrammet utvidet til også å studere effektene av det nye reglementet. I tillegg til at smoltutvandringsperiodene skal bestemmes ut fra en prognosemodell og ikke fangstøkning i smolthjulet, og at vannslippene for å sikre at mye av smolten går utenom kraftverket har blitt revidert, innebærer det nye prøvereglementet følgende endringer:

- Om sommeren fra smoltperiodens slutt til 1. oktober var det et vannføringsavhengig slipp forbi Laudal kraftverk på mellom 12 og 25 m³/s. Dette ble erstattet av et fast slipp på 12 m³/s i fiskesesongen (fram til 15. september) fulgt av en nedtrapping via 10 m³/s (siste

del av oppvandringen, etter fiskesesongen) til 6 m³/s i gytetida (21. oktober til 31. november).

- Om vinteren ble minstevannføringen forbi Laudal kraftverk redusert fra 6 til 5 m³/s.
- Fredagsstansen i Laudal kraftverk (6 timer stans i kraftverket hver fredag i fiskesesongen) ble fjernet. Dette var en bestemmelse som skulle gjøre at oppvandrende laks lettere fant veien inn i minstevannløpet.

I vedtaket om avvik fra gjeldene reglement ble det forutsatt at det skulle arbeides videre med tiltak som bedrer overlevelse til utvandrende laksesmolt forbi Laudal kraftverk. Dette har blitt fulgt opp med utvikling, installasjon og evaluering av et ledegjerde ved inntaket. Resultatene av dette tiltaket presenteres også i denne rapporten.

Resultatene fra effektoppfølgingen har underveis blitt rapportert årlig i form av NINA prosjektnotater (Forseth 2020, 2021, 2022, 2023, 2024), og det har årlig blitt gjennomført møter med en referansegruppe bestående av lokale interesser (elveeierlag og kommuner) og regional og nasjonal forvaltning (Statsforvalter, Miljødirektoratet og NVE). På møtene har det blitt gitt viktige innspill til undersøkelsesprogrammet som blant annet har gitt økt fokus på fiske og fiskeforhold i minstevannstrekningen fra Dam Manflå til Laudal, validering av modellverktøy for prediksjon av smoltutvandringstidspunkt, samt oppfølging av sykdomsutbrudd og begroing. Det ble også bedt om vurderinger av nedvandringsforhold for ål og vinterstøinger.

I denne rapporten blir resultatene fra effektoppfølgingen og evalueringen av det midlertidige reglementet for Laudal kraftverk vurdert og rapportert samlet. Alle de gjennomførte tiltakene blir vurdert, med unntak av habitattiltakene ved Portalbygget (nr. 2) der vi ikke har noen førdata for fiskeproduksjon men hvor forventet økning i produktivt samlet sett uansett er liten (anslått til 300-500 smolt i Forseth mfl. 2020). Fjerningen av terskelen i dette området har imidlertid trolig lettet oppvandringen av gytefisk inn i minstevannstrekningen og dette inngår i vurderingen av oppvandringsmønster etter innføring av ny manøvrering fra 2021. Når det gjelder evalueringen av miljøtilpasset drift i Bjelland og Laudal kraftverk (nr 4 og 5) er det bare tiltaket i Bjelland som har blitt innført. For dette kraftverket vurderer vi om innføringen av anbefalingene i driftsinstruksen har bedret situasjonen. For Laudal kraftverk, der det ikke har blitt innført en tilsvarende instruks, ser vi på hvor ofte det er driftsforhold som er ugunstige ut fra anbefalingene i Forseth mfl. (2020). I rapporten er det også tatt inn en vurdering av nedvandring av blankål og vinterstøinger forbi inntaket til Laudal kraftverk.

I resten av rapporten omtaler vi manøvreringsreglementer som gjaldt fra 2013 til og med 2020 som «2013 reglementet» og reglementet som ble innført fra 2021 med varighet fram til og med 2025 for «2021 reglementet».

2 Metoder og resultater

Metodene som har blitt brukt i de ulike kartleggingene er beskrevet i sluttrapport for miljødesignprosjektet i Mandalselva (Forseth mfl. 2020), og her fokuseres det på resultater av effektoppfølgingen med kortfattede metodebeskrivelser der det er nødvendig.

2.1 Smoltutvandring

I 2013 reglementet skulle smoltutvandring forbi inntaket til Laudal kraftverk sikres gjennom 14 dager med slipp av tilnærmet halvparten av tilsiget forbi kraftverket. Slipperioden skulle starte syv dager etter en markant økning i fangstene i smoltfella i Hesså, men senest 20. mai. Reglementet forutsatte altså drift av ei smoltfelle (smolthjul) ved Hesså, oppstrøms Manflåvann, og fella ble driftet fram til og med 2021.

Basert på forslag i miljødesignprosjektet (Forseth mfl. 2020) ble det i april 2021 gitt tillatelse til å avvike fra dette reglementet og det ble gitt et nytt foreløpig reglement som skulle gjelde i fem år (2021 reglementet). I 2021 reglementet ble både perioden med vannslipp og vannslippenes størrelse endret. Vannføringen inn i kraftverket i smoltutvandringsperioden bestemmes av tilsiget til kraftverket (vannføringen oppstrøms) etter følgende tabell:

Tilsig kraftverk (m ³ /s)	Kraftverk (m ³ /s)	% smolt forbi
10 til 29	0	100
30 til 35	18	79
36-45	20	81
46-55	25	79
56-90	30	81
91-110	40	80
111-125	45	80
126-140	50	79
141-155	55	78
156-180	60	79
181-195	70	75
196-215	75	75
>215	85	78

For hver av vannføringsintervallene er det angitt en prediksjon for hvor stor andel av smolten som kan passere (% smolt forbi) kraftverket og fortsette nedover elva. Prediksjonen og driftsbestemmelsen er basert på en statistisk rutevalgmodell utviklet i miljødesignprosjektet (Forseth mfl. 2020), basert på fire år hvor vandringsruten for smolt ved kraftverksinntaket ble kartlagt i telemetristudier.

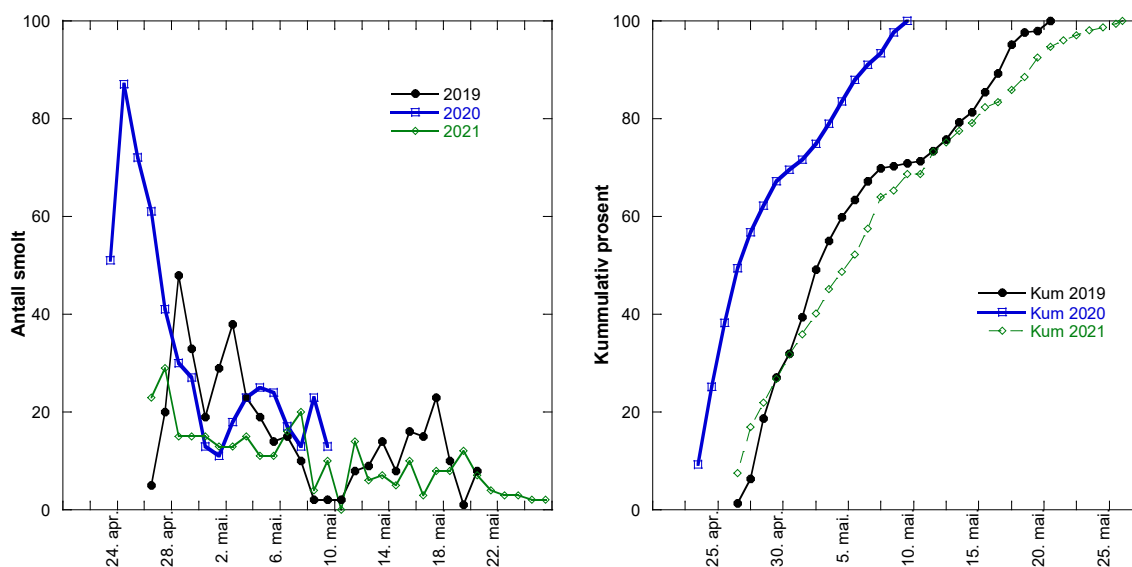
Både start og varighet av smoltutvandringen bestemmes i 2021 reglementet av modellverktøy utviklet i miljødesignprosjektet. I tillatelsen til å avvike fra 2013 reglement ble det også forutsatt at det skulle arbeides videre med nye tiltak for å sikre at en enda høyere andel av smolten kunne passere kraftversinntaket.

Nedenfor presenteres først fangstene fra smolthjulet for årene 2019-2021 (som ikke har vært publisert tidligere), deretter går vi gjennom prediksjoner for smoltutvandringen for årene 2021-2025, validering av prediksjonene, nye tiltak (et ledegjerde) som er satt inn for å ytterligere øke andel smolt som passerer kraftverksinntaket og en evaluering av dette tiltaket før vi avslutter med en modellmessig sammenligning av smoltutvandring under de to reglementene.

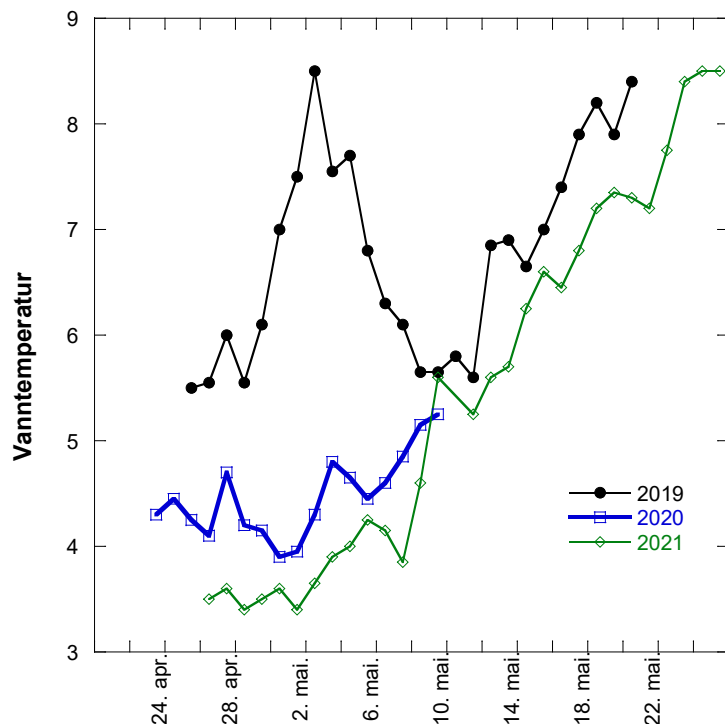
2.1.1 Fangster i smolthjul i 2019-2021

Smolthjulet ved Hesså oppstrøms Manflåvann har vært driftet i alle år fra 2004 til 2018, med unntak av i 2016 da fella sviktet ved utsett. I de 14 årene med felledrift har det meste av utvandningsforløpet vært dekket, med unntak av i 2014 da fella sviktet 20. mai. I tillegg ble det i årene 2011-2018 gjort videoobservasjoner av smolt som passerte gjennom luka i Dam Manflå. De to metodene supplerte hverandre og kunnskapen om utvandningsforløpet og hvordan dette påvirkes av miljøforhold er god, og det har blitt utviklet prediksjonsmodeller for når utvandringen starter og hvor lenge de varer (Forseth mfl. 2020). Fra 2019 har driften av fella hatt som hovedfokus å identifisere «markante økninger i fangster» som grunnlag for å bestemme startdato for vannslipp forbi Laudal kraftverk. Dataseriene fra 2019 og 2020 representerer derfor ikke hele utvandningsforløpet (smolthjulet ble tatt inn når startdato var bestemt). I 2021 ble fella primært driftet for å fange smolt til merkeforsøk, men den ble driftet til fangstene hadde vært lave over flere dager og ga trolig brukbar dekning av utvandningsforløpet. Fra 2022 og utover ble ikke fella driftet og resultatene under er fra årene 2019 til 2021.

I 2019 ble smolthjulet satt i drift 25. april og det var topper i daglige fangster rundt månedsskiftet april-mai og en ny økning i fangstene igjen i midten av mai (**figur 1**). Smolthjulet ble tatt inn 20. mai og samlet fangst var 391 laksesmolt. I 2020 ble fella satt ut 23. april og fangststoppen kom i løpet av de første fire dagene. Fella ble tatt inn så tidlig som 9. mai, etter en samlet fangst på 549 smolt. I 2021 ble fella satt ut 26. april og de to høyeste fangstene ble gjort de første to dagene, og det ble bare mindre topper fram til fella ble tatt opp 26. mai, etter en samlet fangst på 306 smolt. De relativt høye fangstene fra første dag tyder på at smoltutvandringen var godt i gang da fella ble satt ut. Fangstene i fella i de tre årene antyder en tidligere start på utvandringen i 2020 enn i 2019 og 2021, med 10 % kumulativ utvandring 23. april i 2020 og 27/28. april i 2019 og 2021 (**figur 1**). Den kumulative utvandringen må imidlertid tolkes med forsiktighet på grunn av forskjeller i driftsperiode og varighet mellom de tre årene, og det er særlig usikkerhet i 10 % utvandring i 2021. Daglige vanntemperaturmålinger under røkting av fella viste at våren 2020 og 2021 var mye kaldere enn våren 2019 (**figur 2**).



Figur 1. Daglige fangster (venstre) og kumulativ prosentvis utvandring (høyre) av laksesmolt i smolthjulet ved Hesså for årene 2019 til 2021.



Figur 2. Vanntemperaturer registrert ved smolthjulet ved Hesså for årene 2019 til 2021.

2.1.2 Prediksjon av tidspunkt for smoltutvandring for årene 2020-2025

Tidspunkt for smoltutvandringens start skal i 2021 reglementet forutsies fra en enkel modell som bruker lufttemperatursum fra 1. mars til 15. april (Forseth mfl. 2020). Modellen var basert på 14 år med registreringer av smoltfangster i smolthjulet i Hesså, og støttet av syv år med videoobservasjoner av smolt ved Dam Manflå. I modellutviklingen ble både vanntemperaturdata fra Håverstad, Kosåna og Kjølamo og lufttemperatur fra meteorologiske stasjoner i nærheten testet. Lufttemperatursummene ga generelt bedre forklaringsmodeller for 10 % og 25 % utvandringstidspunkt enn vanntemperatursummen. Fordi stasjonen ved Kjevik flystasjon (ca. 35 km sørøst for Hesså) var den eneste stasjonen med data fra alle år ble denne stasjonen brukt i den endelige modellen. Det vil være en nær sammenheng (korrelasjon) mellom lufttemperaturen ved Kjevik og lufttemperaturen i øvre deler av lakseførende strekning i Mandalselva, selv om temperaturene selvsagt vil være noe forskjellig. Lufttemperatursummen fra 1. mars til 15. april ved Kjevik forklarte 76 % av variasjonen mellom år i dagnummer når 10 % av smoltfangsten var gjort i fella i Hesså, og 79 % av variasjonen i dagnummer for 25 % fangst i fella. Varigheten av smoltutvandringen forutsies fra en sammenheng mellom utvandringens varighet og starttidspunkt (Forseth mfl. 2020). Når utvandringen starter tidlig (10 % utvandring) blir utvandringen spredt og langvarig, og når den starter sent blir utvandringen konsentrert og kortvarig. Slippene starter fire døgn (median vandringstid fra Hesså til inntaksområdet er fem døgn) etter at modellen forutsier at 25 % av smolten har passert Hesså og varer 15 dager for sen og intens utvandring, 21 dager for normal utvandring og 28 dager for tidlig og langvarig utvandring.

Vi har rett etter 15. april hvert år fra 2020 til 2025 lagd prediksjoner for smoltutvandringsperioden (tabell 1). Predikert 25 % utvandring brukes til å bestemme start av vannslipp, mens predikert 10 % utvandring brukes til å bestemme slippenes varighet. I de seks årene tilsa modellverktøyet at det var tre år med tidlig og langvarig smoltutvandring som innebar 28 dager med vannslipp, tre år med normal utvandring som ga 21 dagers slipp og ingen år med sen og intens utvandring. Prediksjonen for 2020 tilsa tidlig og langvarig smoltutvandring med 28 dager med slipp, men det gjeldene 2013 reglementet tilsa slipp i bare 14 dager. Etter vår vurdering ville det nye slippregimet ha gitt bedre resultat i form av høyere andel smolt forbi kraftverket enn 2013 reglementet som fortsatt gjaldt i 2020 (se nærmere analyser i kapittel 2.1.6).

Tabell 1. Modellprediksjon for 10 og 25 % utvandring av smolt ved Hesså, type utvandningsforløp, varighet av slipperiode og periode for vannslipp for årene 2020-2025. I 2020 var ikke dagens 2021 reglement innført og starten på vannslippene var bestemt av fangstene i smoltfella og varte i 14 dager, og ikke 28 dager som predikert fra modellene.

År	10 %	25 %	Type	Varighet	Slipperiode
2020	24. april	29.april	Tidlig og langvarig	28 dg	29. april t.o.m. 12. mai*
2021	28. april	2. mai	Normal	21 dg	6. mai t.o.m. 26. mai
2022	1. mai	5. mai	Normal	21 dg	8. mai t.o.m. 29. mai
2023	8. mai	12. mai	Normal	21 dg	16. mai t.o.m. 5. juni
2024	24. april	29. april	Tidlig og langvarig	28 dg	3. mai t.o.m. 30. mai
2025	22. april	27. april	Tidlig og langvarig	28 dg	1. mai t.o.m. 29. mai

*14 dagers faktisk slipp

2.1.3 Validering av prediksjoner for tidspunkt og varighet av utvandring

For å kunne validere prediksjonsmodellene for tidspunkt og varighet av smoltutvandring gjennomførte Skandinavisk naturovervåkning videoregistreringer av smolt gjennom luka i Dam Manflå i 2023 (en begrenset registrering) og 2024 (full registrering). I tillegg fikk vi i slutten av januar foreløpige data fra Skandinavisk naturovervåkning for en videoregistrering av smolt våren 2025.

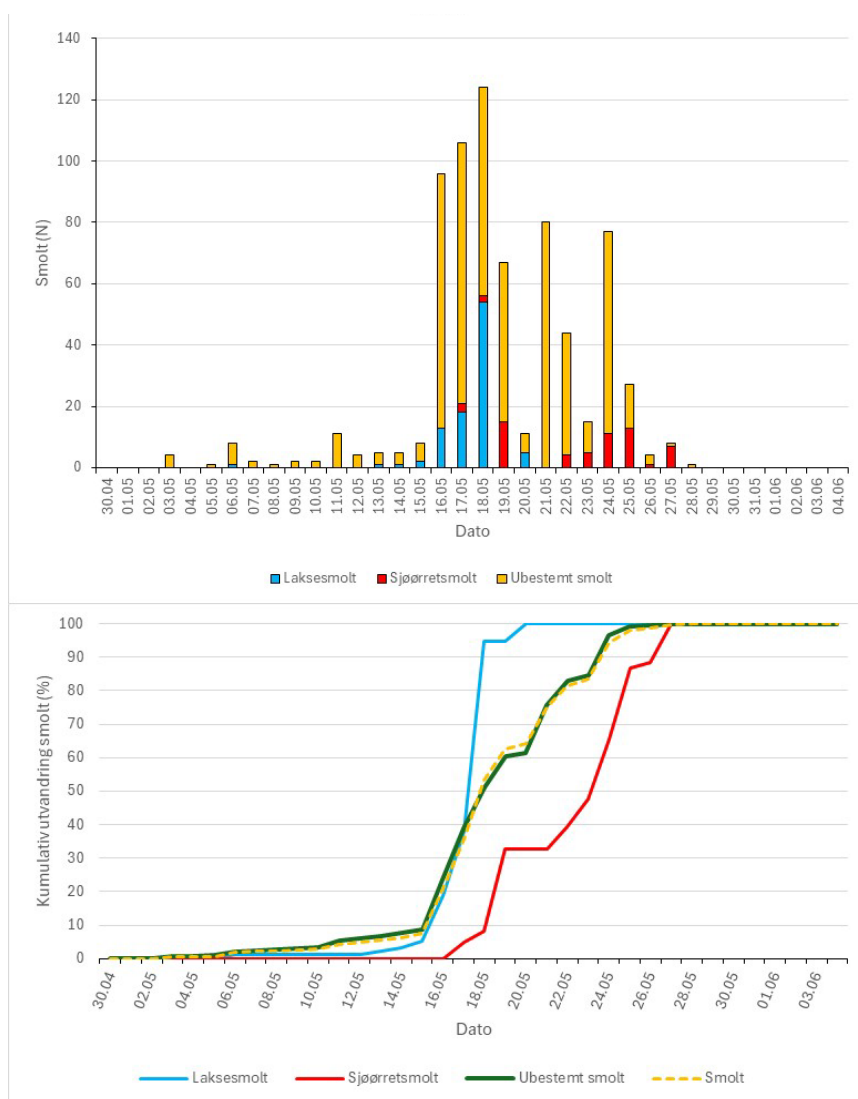
I 2023 ble videopptakene i luka i Dam Manflå gjennomgått manuelt for utvalgte dager i perioden fra midten av april til slutten av juni (Kvitvær & Lamberg 2024). Den første sikre smolten ble observert 13. mai, aktiviteten økte rundt 18-19. mai og det ble ikke observert smolt etter 12. juni. Prediksjonen for 2023 var 10 % utvandring 8. mai og 25 % 12. mai, og en normal 21 dagers utvandningsperiode fra 16. mai til 5. juni ved kraftverksinntaket og dammen (**tabell 1**). Det var derfor godt samsvar mellom prediksjonene fra modellene og observasjonene i video, både for start på utvandringen og utvandringens varighet.

I 2024 registrerte Skandinavisk naturovervåkning nedvandring av smolt i video i dam Manflå i perioden 30. april til 4. juni (**figur 3**). Fordi kameraene er bunnmontert er det vanskelig å bestemme om det er laksesmolt eller sjørretsmolt, men det antas at det meste av den ubestemte smolten var laks. De første smoltene ble observert 3. mai og den siste 28. mai, flest smolt ble observert i dagene 16-18. mai og det var 26 dager mellom første og siste observerte smolt (**figur 3**). Første smolt identifisert som ørret ble observert 17. mai, og utvandringen av sjørretsmolt ser ut til å ha vært senere enn for laks. Ser vi på smolt samlet var 50 % kumulativ utvandring rundt 18. mai (midt i slipperioden), noe tidligere for smolt identifisert som laks og en god del senere for sjørretsmolt (omtrent 23. mai). Vår prediksjon var 10 % smolt utvandring ved Hesså 24. april og 25 % utvandring 29. april (**tabell 1**), noe som tilsa en tidlig og langvarig utvandring (fire uker). Dette medførte at vannslippene startet 3. mai og varte i 28 dager (til og med 30. juni). Disse observasjonene viser at prediksjonsmodellen traff godt både på start for smoltutvandringen og utvandringens varighet, og at perioden med vannslipp dekket smoltutvandningsperioden på en god måte både for laks og sjørret.

I 2025 ble smoltutvandringen kartlagt i video fra 2. april til og med 24. mai. Ved publisering av denne rapporten var ikke analysene fra resten av utvandningsperioden fullført. Det ble ikke skilt mellom laks- og ørretsmolt. Det ble observert 1681 nedvandrende smolt. Den første smolten ble observert 10. april, men hovedutvandringen startet i slutten av april og pågikk til nest siste analysedag. Det kan ha vandret smolt etter 24. mai. Også disse observasjonene stemmer godt med prediksjonene for en tidlig og langvarig utvandring, med 10 % og 25 % utvandring henholdsvis 22. og 27. april. I henhold til prediksjonene skal utvandring være over mot slutten av mai, men slutten av utvandringen i video ikke er avklart ennå.

Det var betydelige forskjeller i utvandningsperiode i de to årene med fullført validering, med en relativt sen utvandring i 2023 og tidligere i 2024 basert på videoregistreringen. Denne forskjellen ble også fanget opp i modellprediksjonene med relativt sen start og normalt utvandningsforløp i 2023 og en tidligere og mer utstrakt utvandring i 2024. En forskjell i 2023 var at slipperperioden basert på modellverktøyet sluttet 5. juni, mens siste smolt ble observert 12. juni i video. I 2024 var det ikke en slik forskjell og siste smolt ble observert to dager før slipperperioden ble avsluttet. Også de foreløpige observasjonene i video fra 2025 antyder godt samsvar mellom prediksjonene og observasjon i video.

Det er vår vurdering at de tre åra med validering (ett år ikke ferdig), med forskjellig utvandningsforløp, gir god støtte for at det utviklede modellverktøyet gir gode prediksjoner for utvandningsforløp og er godt egnet til å bruke som grunnlag for å bestemme slipperperioden. Det kan også nevnes at et lignende prediksjonsverktøy, basert på lufttemperatur og data for smoltutvandring fra 47 vassdrag langs norgeskysten (Vollset mfl. 2021), har blitt brukt for å bestemme utvandringstidspunkt for laksesmolt i trafikklyssystemet som regulerer vekst i oppdrettsnæringen (se rapporter hos <https://trafikklyssystemet.no/>).



Figur 3. Utvandring av smolt registret i video i Dam Mannflå i 2024. Øvre figur gir daglig utvandring mens nedre figur viser kumulativ utvandring. Det er skilt mellom smolt identifisert som laksesmolt og sjørørretsmolt og smolt som ikke kunne identifiseres til art. For kumulativ utvandring er også all smolt samlet oppgitt. Data og figurer er oversendt fra Skandinavisk naturovervåkning.

2.1.4 Ledegjerde for smolt ved inntaket til Laudal kraftverk

I et samarbeid mellom forskningscenteret HydroCen, ETH Zurich i Sveits, Steis Mekaniske verksted og Agder Energi ble det tidlig våren 2021 bygd og utplassert et 85 m langt og 1,5 m dypt ledegjerde for smolt i overkant av inntaket til Laudal kraftverk (**figur 4**). Ledegjerdet består av sammenkoblede 10 m lange flytebrygger (den ytterste var 5 m lang) der det er montert grinder som stikker 1,5 m ned under vannoverflata. Grindene er basert på «modifisert vinklede grinder» utviklet av Albayrak mfl. (2018 og 2020). Grindene har loddrette staver (10 cm lange og 10 mm tykke) som vinkles 45 grader mot strømretning og har 10 cm lysåpning (mellom stavene). Prinsippet bak systemet er at det skapes mikroturbulens ved oppstrøms ende av stavene som setter opp en parallelstrøm langs grindene som skal lede fisken forbi, til tross for at fisken enkelt kan passere gjennom åpningen mellom stavene. Det er kombinasjonen av ledegjerdes vinkling mot vannstrømmen i området og stavenes vinkling som skal gi denne parallelstrømmen. I ledegjerdet ved kraftversinntaket til Laudal kraftverk ble det basert på hydraulisk oppmåling og modellering (Silva mfl. 2020) bestemt at stavene skulle stå 50 grader mot vannstrømmen, noe som ble oppnådd ved å montere stavene 90 grader på grindene (ledegjerde var vinklet ca. 40 grader på elvebredden), med unntak av ytterste del der vinkelen ble justert noe fordi strømretningen var noe annerledes der. Grindpanelene (2,5 m brede) kunne heves og senkes med en vinsj, slik at det påmonterte rensesystemer kunne fjerne rask (se **figur 4**). Begrunnelsen for at grindene stakk 1,5 m ned i vannet var en antagelse om at laksesmolt i hovedsak svømmer nær overflata (oppsummering i Thorstad mfl. 2012).



Figur 4. Ledegjerdet for smolt oppstrøms inntaket til Laudal kraftverk. De ytterste grindpanelene er hevet mens resten står i driftsposisjon.

Ideen bak ledegjerdet er å lede smolt vekk fra kraftversinntaket og ut i en vannstrøm som, når omtrent halvparten av vannføringen går forbi kraftverket, leder smolten videre de 500 meterne ned til Dam Manflå og videre ned minstevannstrekningen. Detaljerte vandringsstudier gjennomført i 2015 viste at smolt som kom inn mot kraftversinntaket på samme side som inntaket hadde mye større sannsynlighet for å vandre inn i kraftverket enn smolt som kom inn nærmere motsatt elvebredd (Silva mfl. 2020). Ved å lede smolt som kom inn på samme side som kraftverket ut til enden av gjerdet skulle en høyere andel av smolten vandre forbi kraftverket enn det bare vannslippet kunne gi. Samme året som ledegjerdet ble montert ble effekten evaluert og metoder og resultat blir presentert nedenfor. Ledegjerdet har vært i drift hver vår siden det ble satt ut våren 2021.

2.1.5 Utvandringsrute til smolt i 2021 og effekt av ledegjerdet

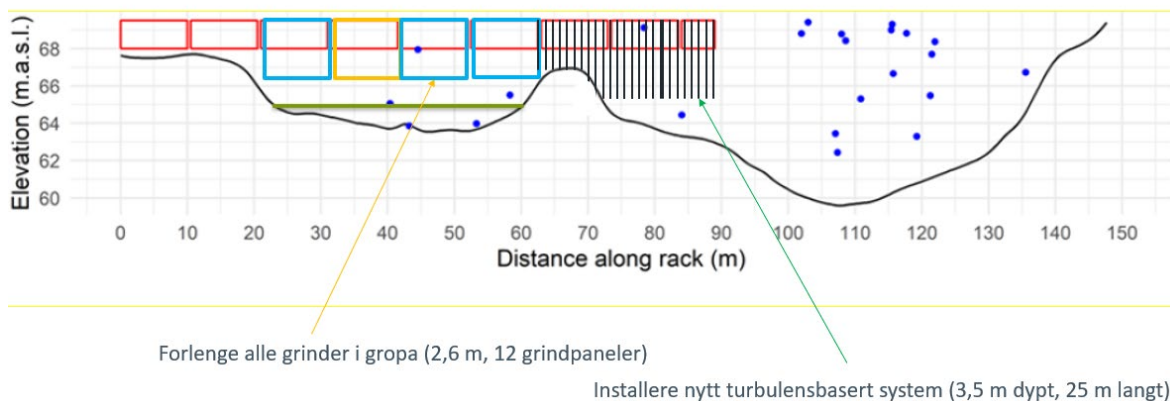
Våren 2021 ble 186 laksesmolt fanget i smoltfella ved Hesså, merket med ulike typer lydmerker og sluppet ut i elva igjen (Kjærås mfl. 2025). Noen av lydmerkene registrerte også trykk, som kan omregnes til smoltens svømmedyp. En rekke lyttebøyer ble montert i området rundt inntaket til Laudal kraftverk. Vi fikk signal fra 118 av de merkede smoltene og blant de vi med sikkerhet kunne identifisere vandringsveien til, gikk 72 % forbi kraftverket mens resten vandret inn i kraftverket. Dette er mye høyere enn predikert ut fra totalvannføring og andel av vannføringen som slippes forbi kraftverket (51 %) i en publisert modell (Fjeldstad mfl. 2012) Grindene hadde i seg selv svært god effekt (estimert ledeeffektivitet på 76 %, Kjærås mfl. 2025), og det ble bare påvist at en smolt gikk *gjennom* grindene i gjerdet (som hadde 5 cm lysåpning, og derfor lett kan passeres av laksesmolt). Det viste seg imidlertid at i motsetning til antagelsen om at smolten i hovedsak svømmer nær overflata (basert på eksisterende kunnskap), så svømte over 40 % av smolten som hadde dybdemerker dypere enn 1,5 m under passasjen av inntaksområdet (Kjærås mfl. 2025). Den største begrensingen på ledegjerdets funksjon var derfor at mye av smolten svømte under gjerdet som stakk 1,5 m ned under overflata. Dersom ledegjerdet hadde gått til bunnen har vi beregnet at sannsynligvis så mye som 82 % av smolten ville ha passert inntaket og fortsatt ned minstevannløpet. I tillegg har tidligere studier vist at noe av smolten vil overleve turbinpassasje i Laudal kraftverk (rundt 30 %; Ugedal mfl. 2006, Fjeldstad mfl. 2012), og samlet sett kan man nærme seg mønsterpraksismålet på 90 % passasjeeffektivitet (Fjeldstad, Pulg & Forseth 2017).

Høsten 2022 startet arbeidet med å se på løsninger for å hindre at smolt passerer under ledegjerdet. Det ble avholdt fire møter med deltagere fra NINA, NTNU, Agder Energi og STEIS der ideer ble lansert og diskutert. Det ble i 2023 bestemt at følgende tiltak skulle gjennomføres:

- Utfylling av dypområdet midt på ledegjerdet
- Test av om montering av notlin med blyline under grindene kunne fungere
- Vurdere tekniske løsninger som sikrer at grindene stikker dypere ned i vannet.

Forsøket med notlin under grindene var ikke vellykket fordi linet raskt ble tettet av algevekst og drivende organisk materiale, som det var mye av denne sommeren. I løpet av 2023 søkte og fikk Å energi tillatelse til en utfylling av dypområdet midt på gjerdet og i 2024 ble en 1,5 m høy fylling lagt ut i området midt på ledegjerdet (65 moh.) og vanddyper ble redusert til 4-5 m (fra et maksimum på 6,5 m). Samtidig ble fire av grindelementene (hver 2,5 m brede) forlenget slik de stakk 2,6 m ned under overflata. Dette ble gjort som en test av om ledegjerdet med flytebyggene kunne tåle en slik ekstra belastning. Erfaringene så langt viser at sideveis stabilitet neppe er et problem, men det har blitt noen større utfordringer med å holde ledegjerdet rett. Dette kan skyldes at bare fire av grindelementene har blitt skiftet (ujevn belastning). Kombinasjonen av denne økningen i grindelementenes dybde og fyllingen gjør at det nå er en ca. 1,3 m åpning under grindene i dette området.

Høsten 2025 ble det tatt initiativ til å videreføre arbeidet med å bedre ledegjerdets funksjon. I regi av NFR-prosjektet FishPath har det blitt utviklet et nytt turbulensbasert ledesystem (EGS, Eddy-based Guiding System) med betydelig større lysåpninger enn 5 cm som grindene ved Laudal har. Tester i både små- og storskala renneforsøk har vist svært gode resultater for laksesmolt og prosjektet ønsker nå å teste dette systemet i full skala ved ledegjerdet i Mandalselva. Dette er et system som kan bli svært viktig for nedvandringsløsninger i mange store kraftverk i Norge og andre steder. NINA og Å Energi har derfor utarbeidet en plan for en oppgradering av ledegjerdet ved Laudal som kombinerer behovet for å bedre ledegjerdets funksjon og å teste det nye ledesystemet. Dette innebærer at alle grindene i dypområdet midt på ledegjerdet forlenges slik at de stikker 2,6 m ned og at de ytterste 25 meterne av dagens ledegrinder erstattes av det nye EGS systemet (**figur 5**). Planen er at denne oppgraderingen skal være på plass innen smoltutgangen 2026, og det vil bli gjennomført et nytt telemetriforsøk gjennom FishPath prosjektet. Forsøket vil både dokumentere ledegjerdets suksess i form av andel av smolten som vandrer forbi inntaket og videre nedover, og det nye ledesystemets effektivitet.



Figur 5. Plan for forbedring av ledegjerdet ved Laudal. Figuren viser dybdeprofilen langs ledegjerdet og over mot den motsatte elvebredden (elevation, hoh.) mens blå punkter er posisjon og dybde for smolt som passerte under forsøket i 2021 (fra Kjærås mfl. 2025). De aller fleste av smoltene som svømte på utsida av gjerdet svømte forbi kraftverksinntaket. Den grønne linja viser utfyllingen som ble gjort i 2024. De røde rektanglene er dagens ledegrinder, mens de nye grindene som stikker 2,6 m ned er tegnet i blått og oransje (allerede montert). På de ytterste 25 meterne er det nye turbulensbaserte (EGS) systemet illustrert. Det er flåtenes stabilitet som begrenser dybden på installasjonene.

2.1.6 Predikert vandringsrute og effekten av 2021 reglementet

Metoder

For å kunne vurdere måloppnåelsen for smoltutvandring forbi kraftverksinntaket og sammenligne 2013 reglementet (2013-2020) med 2021 reglementet (2021-2025) har vi brukt ulike modellverktøy. Prosedyren er som følger:

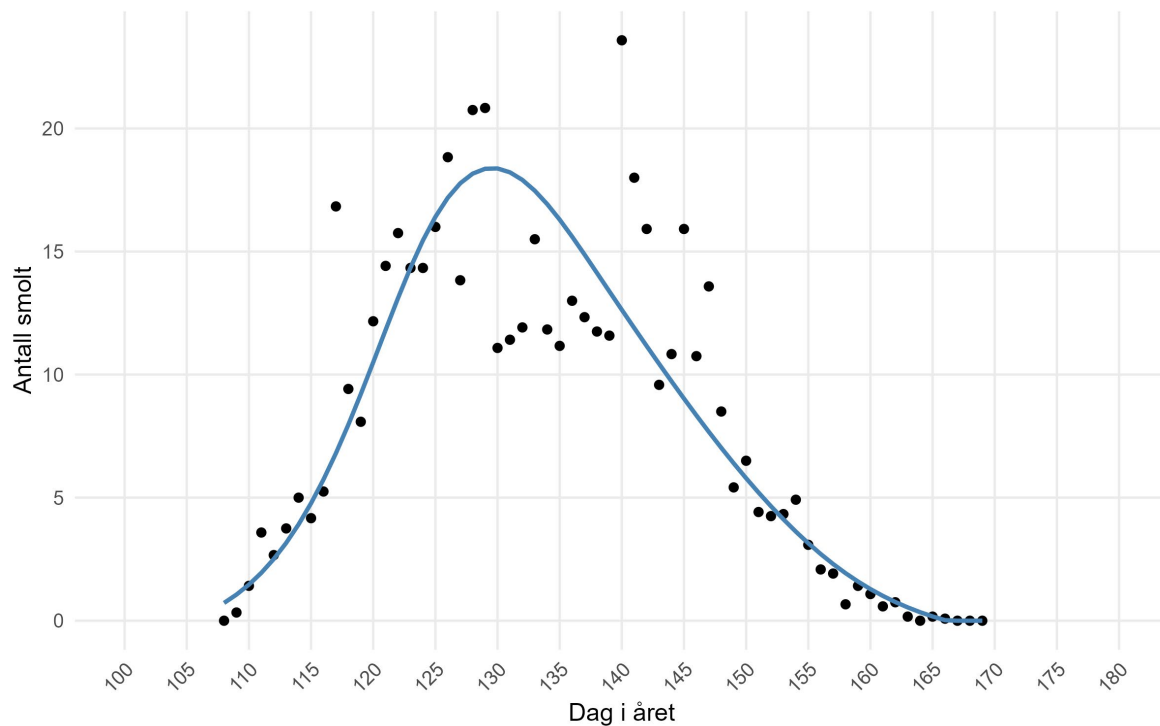
- 1) Smoltutvandringens start og varighet (15, 21 eller 28 dager) bestemmes for hver av årene 2013 til 2025 ved bruk av prediksjonsmodellene beskrevet i kapittel 2.1.2. Dette er nå godt validerte modeller og vårt beste grunnlag for å bestemme utvandringstidspunkt.
- 2) Den daglige utvandringen innenfor de årlige periodene bestemmes ut fra en modelltilpasning til daglige fangster i smoltfella for årene 2004 til 2015.
- 3) En ny prediksjonsmodell for rutevalg (kraftverksinntaket eller forbi og ned minstevannstrekingen) ble utviklet.
- 4) Basert på observert total vannføring inn til kraftverksområdet og andel som slippes forbi for alle årene beregnes andel smolt forbi og andelen i kraftverket.
- 5) Prediksjonene for andel smolt forbi sammenlignes for perioden 2013-2020 og 2021-2025.

Nedenfor beskrives prosedyren og resultatene. Vi gjør oppmerksom at deler av denne teksten kan være litt teknisk.

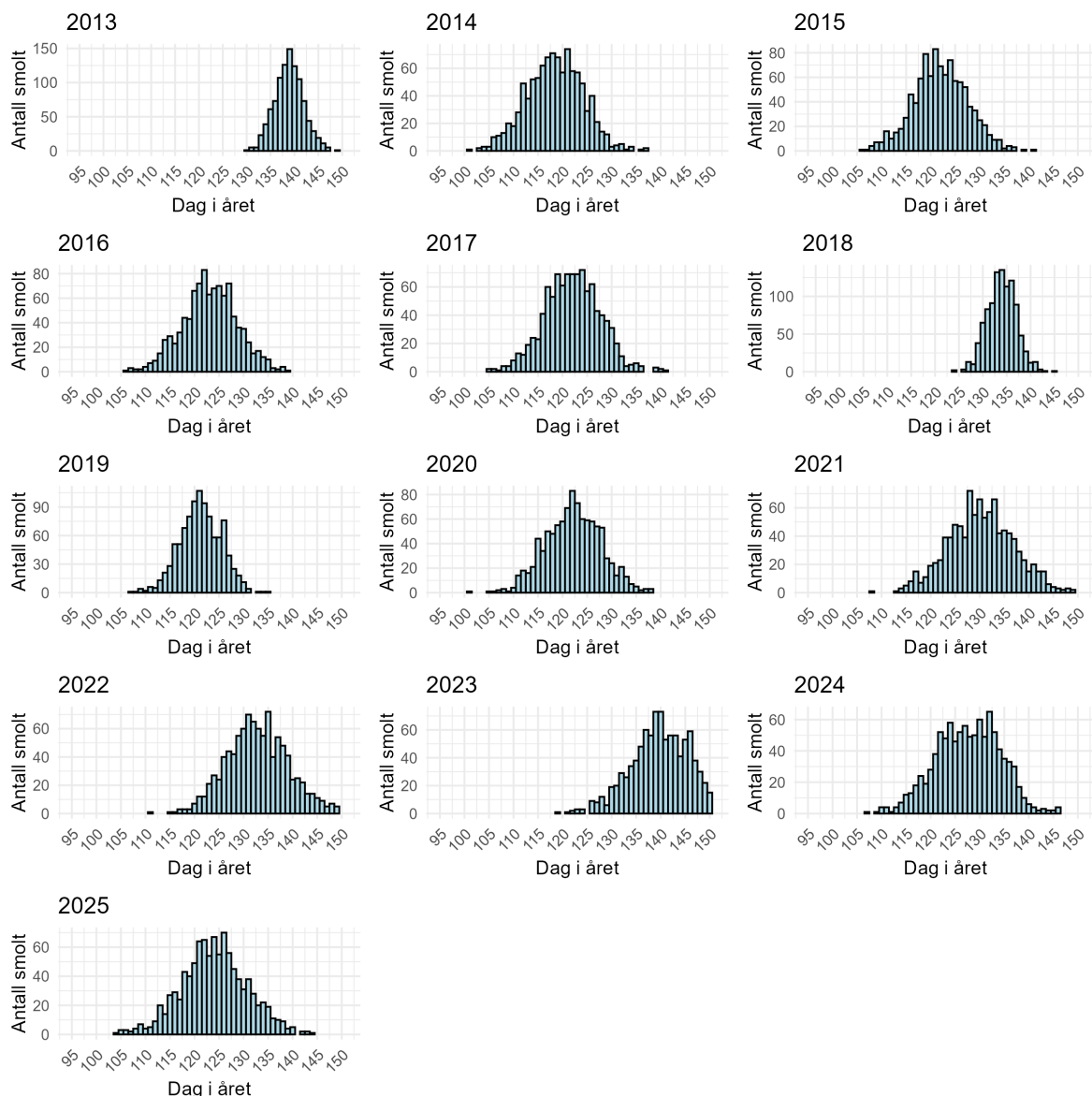
Predikert start av utvandringen (10 % utvandring) for årene 2013 til 2025 varierte fra 21. april til 15. mai. Det var bare to år (2013 og 2018) med predikert sen og intens utvandring og 15 dagers utvandringsperiodene, flest år med 28 dagers vandringsperiode (7 år) og fire år med 21 dagers utvandringsperiode. Selv om begge årene med 15 dagers periode kom under 2013 reglementet var det ikke noen klar tidstrend i varighet av utvandringen.

Gjennomsnittlig daglige fangster i smolthjulet ved Hesså for årene 2004-2015 kunne beskrives bra med en normalfordelingskurve (**figur 6**). Selv om fangstene i fella og utvandringsforløpet kan variere og enkeltår kan avvike fra en normalfordeling er det vår vurdering at en slik fordeling kan representere utvandringsforløpet på en god måte. For å kunne fange opp noe av variasjonen i daglig utvandring brukte vi tilfeldig trekning av 1000 smolt fra normalfordelingene. Fordi varigheten av smoltutvandringen varierer mellom år (satt til 15, 21 eller 28 dager) var fordelingene smale i år med kort enn lang utvandring (**figur 7**). Fordelingene de enkelte år ble lagd ved å

definere gjennomsnittet og standardavviket til fordelingen. Fordi starten av utvandringen er basert på predikert 10 % kumulativ utvandring vandrer 10 % av smolten i våre simuleringer ut før startdagen.

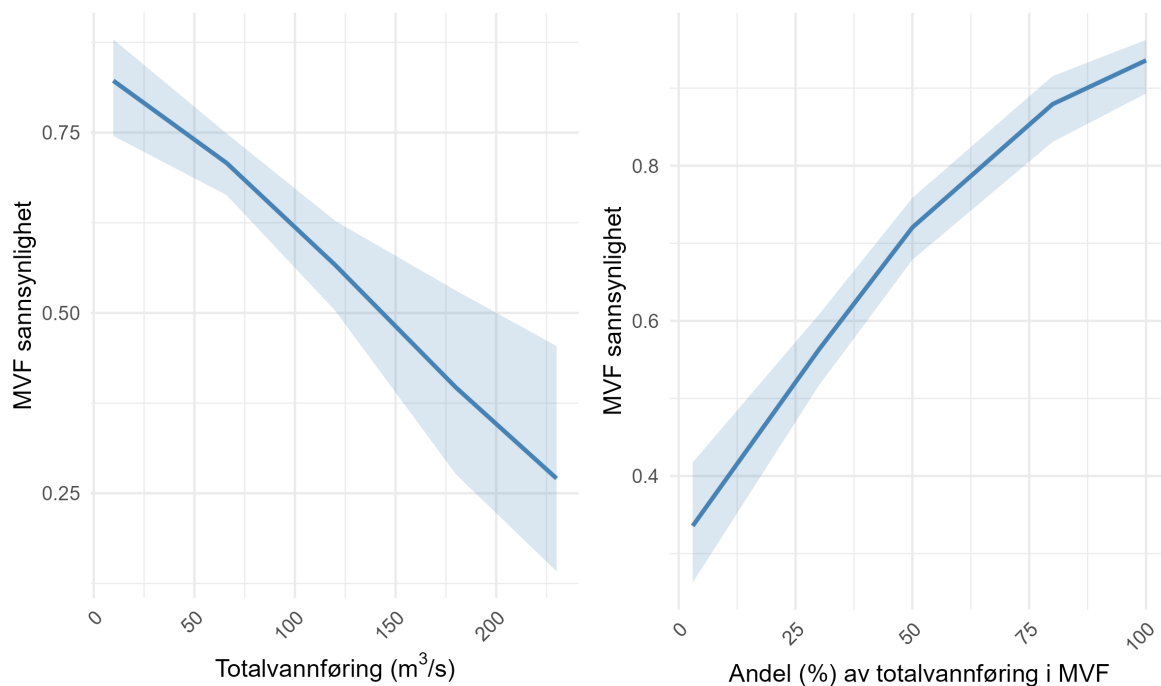


Figur 6. Gjennomsnittlig antall smolt fanget i smolthjulet ved Hesså ved ulike dagnummer for årene 2004 til 2015. Den blå kurven er en spline tilpasning til data (en naturlig kubisk regresjonsspline med fire frihetsgrader) og en visuell vurdering tilsier at fordelingen av daglige fangster ligner svært mye på en normalfordeling (med en svak øvre hale).



Figur 7. Simulert antall utvandrende smolt per dag for årene 2013 til 2025. Det er i alt 1000 smolt i hver av fordelingene. Merk at y-aksene ikke er de samme for alle år.

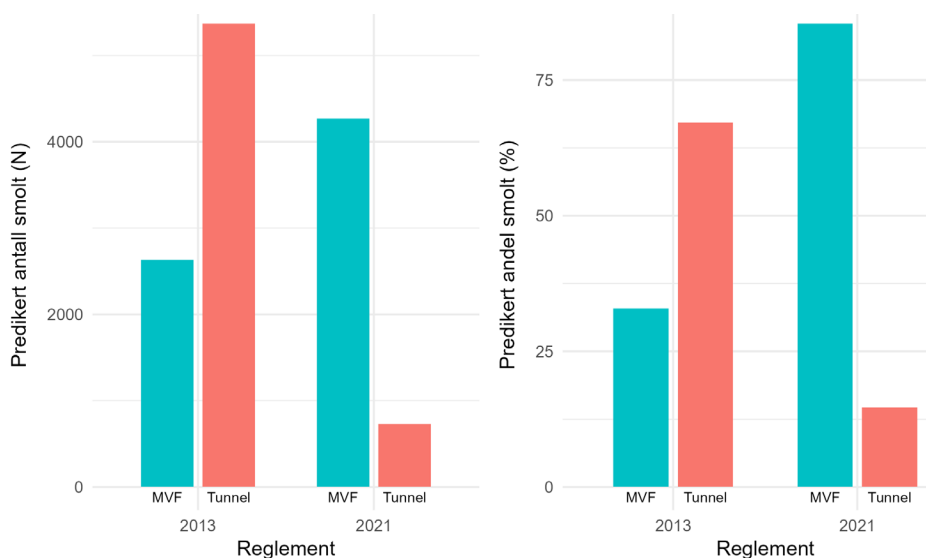
Det har tidligere blitt utviklet ulike prediksjonsmodeller for valg av utvandningsrute for smolt ved inntaket til Laudal kraftverk (se Forseth mfl. 2020). Det ble gjort et nytt merkeforsøk i 2021 og vi inkluderte resultatene fra dette og utviklet en ny rutevalgmodell basert på data fra alle årene (2004, 2008, 2012, 2015, 2018 og 2021). Fordi målet var å predikere rutevalg ut fra vannføringsforhold under de to reglementene ble bare totalvannføring og andel av denne i minstevannløpet brukt i modellen. Som i tidligere modeller avtar sannsynligheten for å vandre forbi kraftverksinntaket med økende totalvannføring, mens sannsynligheten øker med andel vann som slippes forbi (**figur 8**). Begge variablene bidro signifikant ($p < 0,01$). Denne nye modellen ble brukt til å predikere utvandningsrute for de 1000 simulerte smoltene hvert år.



Figur 8. Sannsynlighet for at laksesmolt vandrer forbi kraftverket og ned minstevannføringsløpet (MVF) ved ulike totalvannføringer (venstre figur) og ved ulike andeler av vannføringen som slippes forbi (høyre figur).

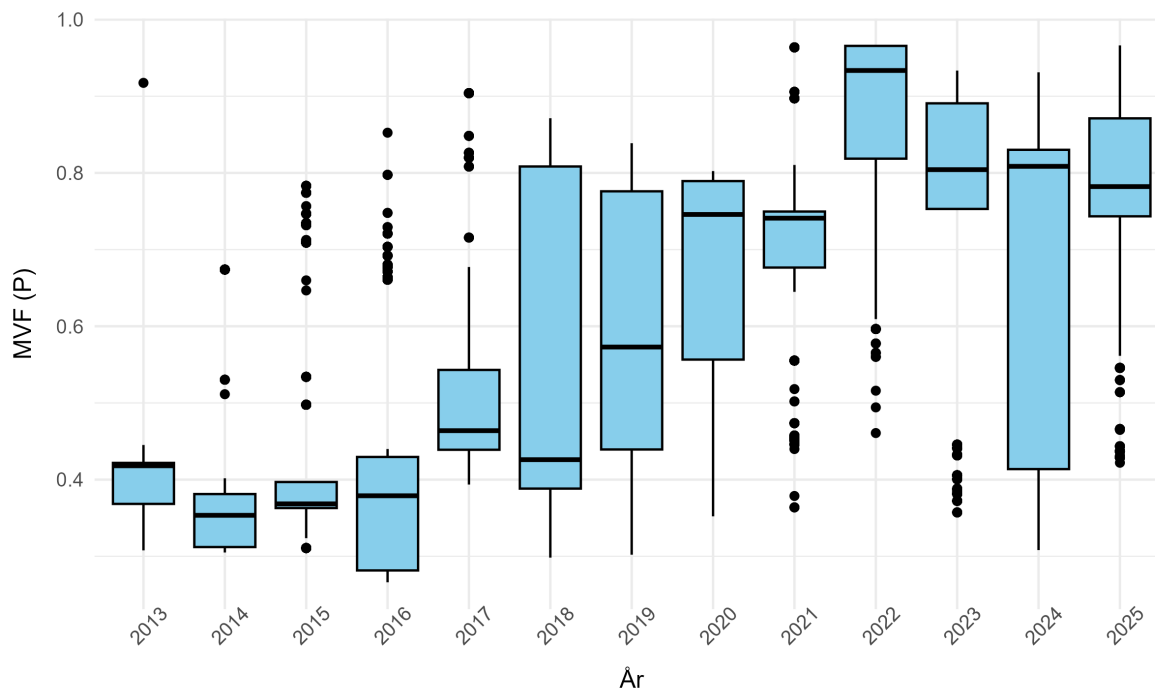
Predikert utvandningsrute

Simuleringene våre tilsa at bare i gjennomsnitt en tredel av smolten (33 %) vandret forbi kraftverksinntaket under 2013 reglementet mens 85 % vandret forbi under 2021 reglementet (**figur 9**).

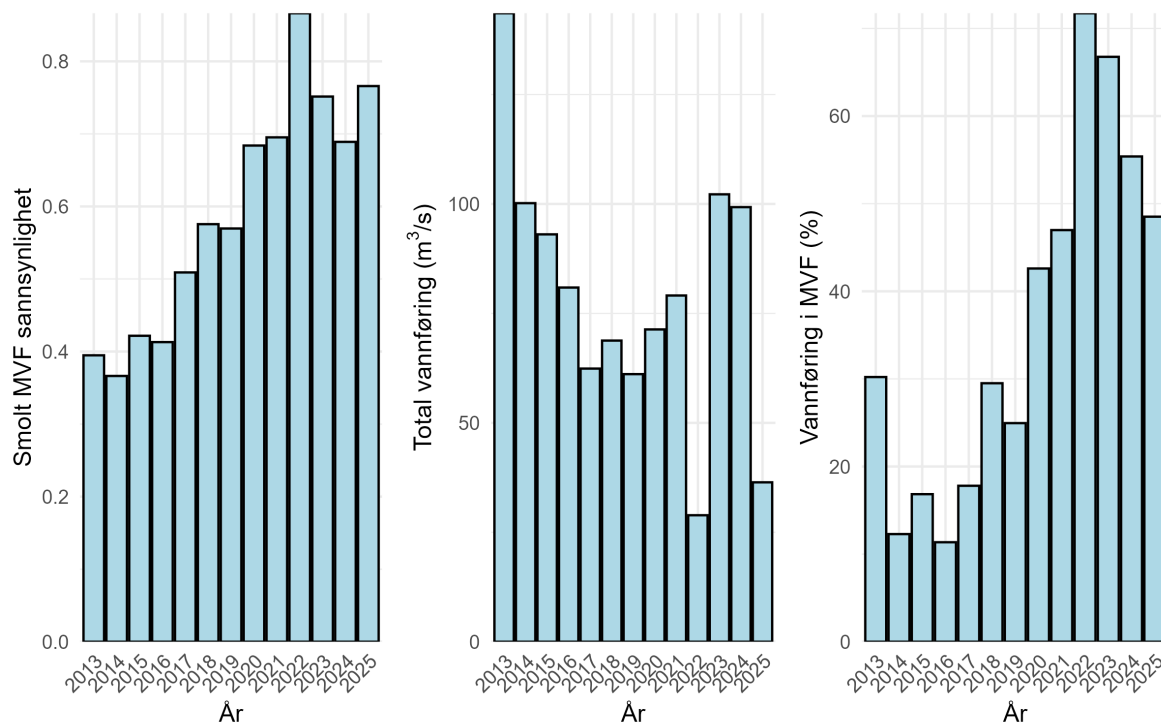


Figur 9. Predikert vandningsrute (MVF=forbi kraftverket og ned minstevannstrekningen og Tunnel=inn i kraftverket) for i alt 8000 smolt under 2013 reglementet for årene 2013-2020 og 5000 smolt under 2021 reglementet for årene 2021-2025 (venstre figur) og andelen (%) av smolten som ble predikert å velge de to nedvandningsrutene (høyre figur) under de to reglementene. I simuleringene var det 1000 utvandrende smolt hvert år.

Prediksjonsmodellen for rutevalg beregner sannsynligheten (mellom 0 og 1) for at hver smolt vandrer forbi kraftverket og all smolt med sannsynlighet over 0,5 blir antatt å vandre forbi. Det var en klar økende trend i sannsynlighet for å vandre forbi i perioden, og fra 2021 og utover er det bare i 2024 at en noe større andel av smolten hadde sannsynligheter under 0,5 (**figur 10**). Årsaken til bedre resultat under 2021 reglementet er at gjennomsnittlig andel vann sluppet forbi kraftverket i smolutvandringsperioden var høyere, med spesielt godt resultat i 2022 og 2025 da totalvannføringen inn til kraftverket var lav (**figur 11**). Under 2013 reglementet var det større deler av smolutvandringsperiodene som ikke var dekket av slipp av smoltvann (bare 14 dagers slipp) og dette er en svært viktig årsak til lavere samlet sannsynlighet for at smolten vandret forbi.



Figur 10. Boksplot for predikert individuell sannsynlighet (P) for valg av minstevannstrekingen (MVF) som nedvandringsrute for årene 2013-2025. De lodrette linjene er minste og største verdi (sett bort fra avvikende verdier gitt som enkeltpunkter), boksene inneholder verdiene mellom 25 og 75 percentilene, og den vannrette linja i boksene er medianverdien. Sannsynligheter over 0,5 tilsier at smolten vandret ned minstevannløpet. Det er lagd prediksjoner for 1000 smolt hvert år basert på vannføringsforhold når de antas å være ved kraftverksinntaket.

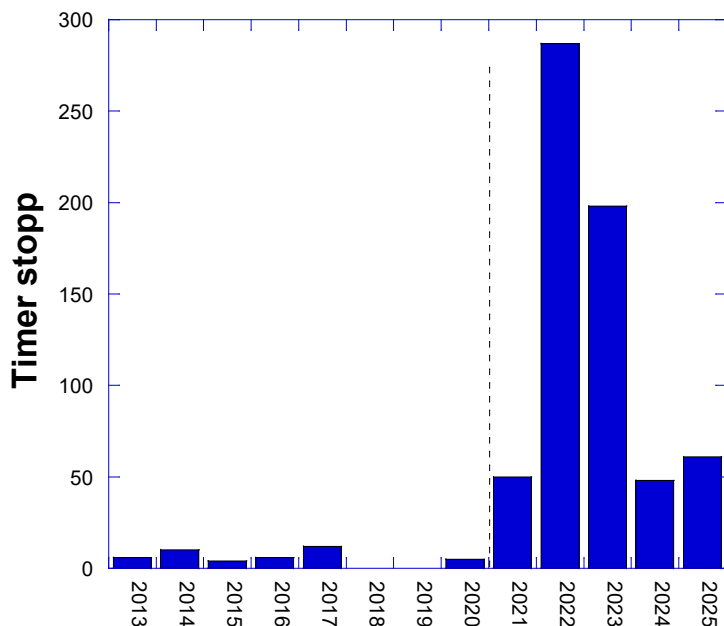


Figur 11. Årlige gjennomsnittlige sannsynligheter for at smolten vandrer forbi kraftverket (venstre figur), gjennomsnittlig vannføring inn til kraftverket i smoltutvandringsperioden (midtre figur) og gjennomsnittlig andel av vannføringen som ble sluppet forbi i perioden hvert år (høyre figur).

Hovedformålet med å lage prediksjoner for andel smolt forbi var å *sammenligne* de to reglementene. Konklusjonen fra denne sammenligningen er at 2021 reglementet er betydelig bedre enn 2013 reglementet. Den nye rutevalgmodellen, basert på seks år med telemetristudier av utvandringsrute under svært ulike vannføringsforhold, antyder at fra 70 til 85 % av smolten vandrer forbi under det nye reglementet. Dette resultatet må imidlertid av flere grunner tolkes med forsiktighet. For det første tar modellen av modelltekniske årsaker ikke hensyn til at når kraftverket stopper så vil ikke smolt vandre inn i kraftverket og sannsynligheten for å vandre forbi blir lik 1. Det har vært mye vanligere med stopp i kraftverket under 2021 enn i 2013 reglementet (**figur 12**), noe som innebærer at andel forbi kraftverket trolig er underestimert, særlig i 2022 og 2023. Årsaken til flere og lengre stans i 2021 reglementet er en kombinasjon av at kraftverket skulle stå for totalvannføringer under 20 m³/s i 2013 reglementet og under 30 m³/s i 2021 reglementet, at våren 2022 og 2025 var tørre (se **figur 11**) og at slipperiodene var lengre i 2021 enn i 2013 reglementet.

Videre klarer rutevalgmodellen bare delvis å fange opp effekten av ledegjerdet som ble installert i 2021. Det er godt dokumentert at ledegjerdet har effekt og bidrar til at en høyere andel av smolten vandrer forbi enn uten gjerdet (Kjærås mfl. 2025). Dette gjør at modellen kan underestimere andelen forbi noe for årene 2021-2025.

Endelig er det slik at en rutevalgmodell aldri kan fange opp alle faktorer som gjør at en smolt velger den ene eller andre ruten. I det siste telemetrieforsøket som ble gjennomført i 2021 valgte 72,5 % av de merkede smoltene å vandre forbi kraftversinntaket (Kjærås mfl. 2025), et nivå som ligner på de siste års prediksjoner.



Figur 12. Antall timer som Laudal kraftverk ble stanset i løpet av de definerte smoltutvandningsperiodene for årene 2013-2025. Den loddrette linja angir skillet mellom de to reglementene.

2.2 Nedvandring av vinterstøinger og blankål

Nedvandring av vinterstøinger og blankål har ikke vært et vesentlig tema i effektoppfølgingen i Mandalselva, men nedvandring av slik fisk forbi inntaket ved Laudal har flere ganger vært tatt opp som aktuelle problemstillinger i møter med referansegruppa. Vi gir derfor nedenfor en gjennomgang av kunnskap om nedvandring av disse.

2.2.1 Vinterstøinger

I miljødesignprosjektet (Forseth mfl. 2020) ble det konkludert at det ikke trengs egne tiltak for å sikre nedvandring av vinterstøinger av laks. Konklusjonen var basert på registreringer av utvandring i video i luka i Dam Manflå i årene 2011-2017 kombinert med registrert oppvandring. Det ble funnet at mellom 70 og 90 % av all oppvandrende gytefisk returnerte som vinterstøinger og vandret forbi dammen våren etter. Tar man hensyn til fangstdødelighet og naturlig dødelighet etter gyting tilsier dette at en svært høy andel av de utvandrende vinterstøingene unngår kraftverksinntaket og velger å vandre gjennom luka i dammen. Årsaken er trolig at vinterstøingene drar nytte av tiltakene for nedvandring av smolt og disse tiltakene har blitt ytterligere forbedret med 2021 reglementet og ledegjerdet (se kapittel 2.1). I tillegg vil lysåpningen i varegrinda ved inntaket (8 cm) dels hindre (fisk større enn omtrent 3 kg) eller gjøre det lite attraktivt for vinterstøinger å velge kraftverksinntaket. Utvandringen gjennom luka i dammen ble registrert å starte tidlig i april og være over tidlig i juni, med variasjon i start og sluttdato mellom år. Det betyr at vinterstøinger vandrer generelt noe tidligere enn smolten, men flomepisoder der det slippes forbi vann forekommer også i denne tidligere perioden.

Våren 2025 ble det gjennomført videoovervåking av nedvandrende vinterstøinger i luke i Dam Manflå (foreløpige resultater oversendt fra Skandinavisk naturovervåking). Det ble i perioden 2. april til 24. mai registrert i alt 357 vinterstøinger. Dette utgjør 34 % av antallet gytefisk som ble registrert oppvandret forbi Dam Manflå sommeren 2024 (se kapittel 2.3). Fordi det ble observert noen vinterstøinger allerede første dag kan det ikke utelukkes at en andel av støingene vandret før registreringene startet. Da denne rapporten ble ferdigstilt var ikke video for dagene etter 24. mai gjennomgått. Observasjonene viste så langt to utvandringstopper – en rundt midten av april og en tidlig i mai. Siste vinterstøing (foreløpig) ble observert 15. mai. I overkant av 65 % av vinterstøingene ble registrert å vandre gjennom luka i dammen før smoltslippene startet (1. mai

til 29. mai, se kapittel 2.1.2) og resten i slipperperioden. I det meste av perioden før smoltslippene startet var det vintervannføring på minstevannstrekningen og bare noe få korte perioder med større forbislipp og dette viser at vinterstøinger kan velge å vandre forbi inntaket og gjennom luka i dammen også når andelen vann som slippes forbi er lav. I perioden med smoltslipp var det seks episoder der kraftverket ble stanset.

2.2.2 Blankål

Det finnes ål i Mandalsvassdraget oppstrøms inntaket til Laudal kraftverk (Thorstad mfl. 2010), men det er lite kunnskap om mengder og vandringer. For å undersøke mulighetene for fangst og merking av blankål ble det i september 2024 i regi av Flerbruksplan for Mandalsvassdraget gjennomført et prøvefiske med ruser etter ål i Manflåvann. Det var en lokal fisker (Atle Nilsen fra Arendal) som gjennomførte fisket. Det ble fisket med tre lenker med tre åluser i hver og rusene sto i ca. 10 døgn. Settene ble vurdert som ikke optimale, med 70 % av fangstene i de innerste (grunneste) rusene. Det ble i alt fanget 15 ål under 300 gram (samlet vekt 3 kg) og 19 ål over 300 gram (7,9 kg). Fiskeren vurderte ut fra farge og øyestørrelse at 3-5 av ålene var vandringsklare blankål, og det ble konkludert at Manflåvann kan ha en ikke ubetydelig forekomst av ål. For å kunne gjennomføre et mest mulig vellykket merkeforsøk for vandringsstudier med ål er det ikke optimalt å fange blankålen i en innsjø fordi ål som utseendemessig er blankål ikke nødvendigvis starter nedvandringen umiddelbart. Det er derfor en stor fordel å fange blankål som faktisk har startet nedvandringen. I 2025 forsøkte derfor Tormod Haraldstad fra NORCE LFI, fortsatt på oppdrag fra flerbruksplanen, å etablere ei nedvandringssfelle i et mindre sidevassdrag med utløp i sørvestre del av Manflåvann, kjent for historisk gode forekomster av ål. Dessverre gjorde en stor flom at fella ikke fungerte i en periode og det ble ikke fanget noe ål. Det er sannsynlig at mye av ålen vandret under denne flommen (se generell kunnskap om vandring av blankål under). Det er derfor ikke planlagt noe merkeforsøk i 2026.

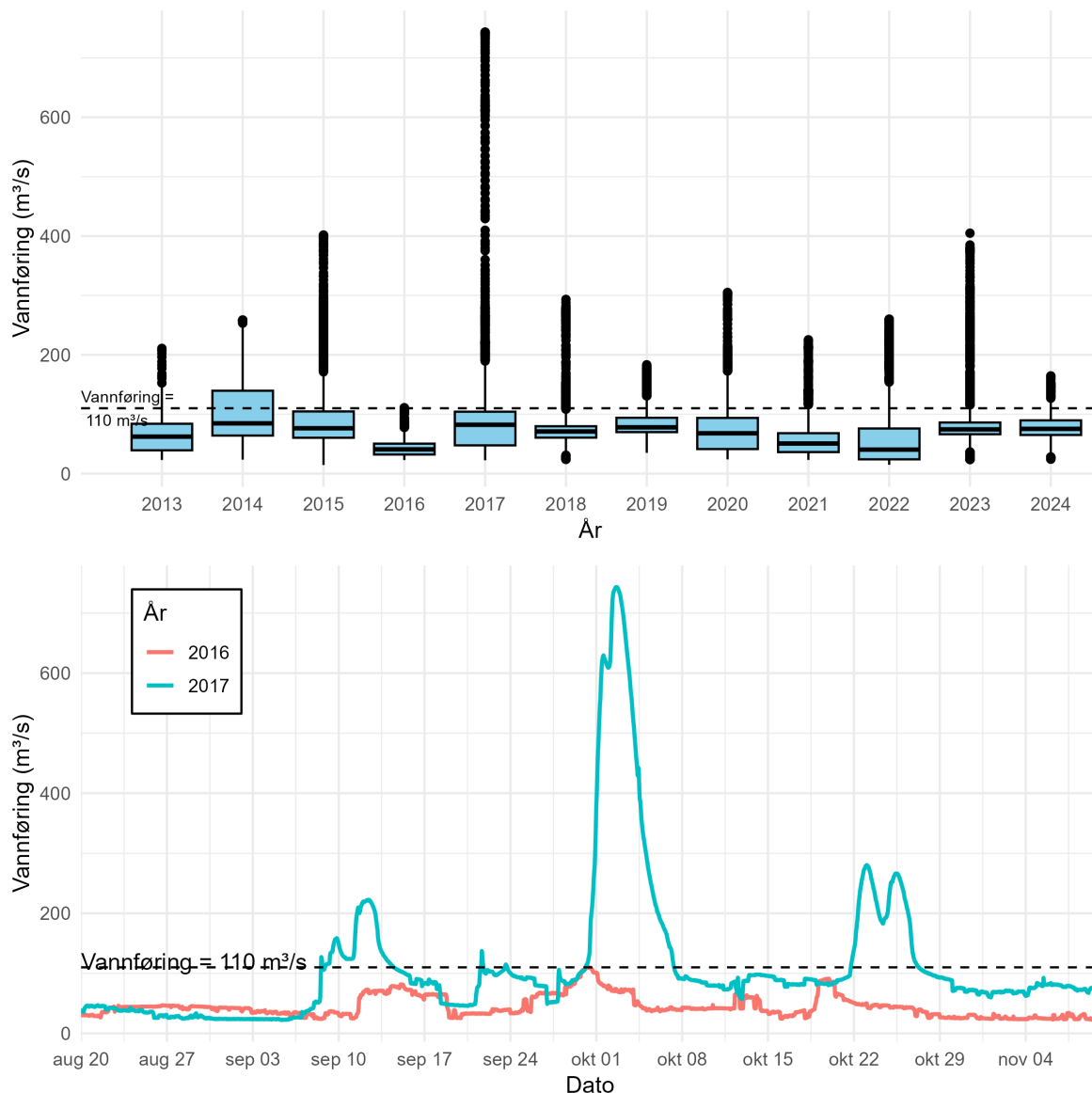
Uten lokal informasjon om utvandringstidspunkt for ål i vassdraget må vi støtte oss på generell kunnskap om nedvandring av blankål. En av de mest omfattende studiene av tidspunkt for nedvandring av blankål er studiene til Sandlund mfl. (2017), som var basert på lange tidsserier for fellefanget ål i Imsa i Rogaland (1971–2015) og Burrishoole i Irland (1971–2015). I disse vassdragene ble det funnet at ålen utvandret om høsten og at det var lavere utvandring under sterk måne og korte netter og økt utvandring under høy og økende vannføring. Effekten av månefase, vannføring og daglengde er også dokumentert i andre studier (Frost 1950, Lowe 1952, Deelder 1984, Haraldstad, Vøllestad, & Jonsson, 1985, Vøllestad mfl. 1986, Cullen & McCarthy 2003, Haro 2003, Breukelaar mfl. 2009, Trancart, mfl. 2013) og blankål har blitt beskrevet som en fisk som vandrer i mørke og måneløse netter. Tesch (2003) påpeker at blankål tenderer til å vandre i siste måne kvarter (fra halvmåne og avtagende mot nymåne). Sandlund mfl. (2017) diskuterer imidlertid dette og siterer studier som antyder av betydningen av månefase er mindre enn antatt fordi effekten av stor måne kan reduseres ved tett skydekke eller farget vann som reduserer ålens synlighet (Brujij & Durif 2009, Cullen & McCarthy 2003, Reckordt mfl. 2014). Vi tar derfor som utgangspunkt at blankålen vil vandre ved høy og økende vannføring, at utvandringen vil øke med redusert daglengde og være mest intens rundt nymåne kombinert med overskyet vær med regn. I de fleste siterte studiene ovenfor antas det at mønstret for utvandring er en tilpasning til redusert predasjonsrisiko.

Et annet viktig datasett er registreringene av utvandrende blankål fanget i Storelva i Vegårdsvassdraget (Krogund mfl. 2013, 2014), som har utløp om lag 130 km langs kysten øst for utløpet av Mandalselva. Storelva ligger altså i en lignende klimaregion, men er ei mindre elv enn Mandalselva. I denne studien fant man at blankålen utvandret fra starten av september til midten av november ved synkende vanntemperatur. Det var en tydelig sammenheng mellom antall utvandrende blankål og økende vannføring. Basert på registreringer av totalt 1162 blankål i årene 2010 til 2013 ble 25-persentilen for utvandring passert 14. september, 50-persentilen 25. september og 75-persentilen 23. oktober. Det ble registrert ål nedvandring i mer enn 50 dager alle år, mens antall dager mellom 25 og 75 persentilene for utvandring var i gjennomsnitt på 39 dager. I tillegg til fangster og observasjoner av den nevnte sammenhengen med vannføring ble det også gjennomført registreringer av passerende pit-merket ål på antenner på tre lokasjoner i vassdraget

(Kroglund mfl. 2014). Et viktig og relevant funn fra disse registreringene er at tilnærmet all ål passerte de ulike PIT-stasjonene mellom kl. 19.00 og 05.00 både i 2012 og 2013. Bare under den første høstflommen med farget vann passerte noe ål stasjonene på dagtid. Nattvandring er funn som støttes av en rekke av de andre publiserte studiene referert ovenfor.

Basert på tilgjengelig kunnskap og betydelig grad av faglig skjønn antar vi at utvandningsperioden for ål i Mandalselva i all hovedsak varer fra **20. august til 10. november**. Dette er en kortere periode enn de ytre rammene i Sandlund mfl. (2017), men lengre enn den viktigste utvandningsperioden i Storelva. Dette vil være perioden da det aller meste (over 75 %) av blankålen kan antas å passere inntaket til Laudal kraftverk. Innenfor denne perioden er trolig utvandringen mest intens rundt nymåner (siste kvarter), ålen vandrer nesten utelukkende i den mørke tida på døgnet og utvandringen stimuleres av høy og økende vannføring. Innenfor den definerte utvandningsperioden er det tre nymåner. Dette er perioder da det kan forventes størst utvandring, gitt at miljøforholdene ellers (skydekke, regn og vannføring) er gunstige for utvandring. Gitt at utvandringen øker med økende nattlengde og avtagende temperatur er det sannsynlig at de to siste periodene har større utvandring enn den første, særlig om det også er dårlig vær og flommer innenfor disse periodene.

Vi har sett nærmere på vannføringene ved Bjelland for den sannsynlige nedvandningsperioden for blankål. Høsten er normalt en vannrik periode i Mandalselva og særlig i oktober er det regulært vannføringer som er høyere enn slukekapasiteten i Laudal kraftverk slik at det må slippes vann forbi (**figur 13**). De øvre avviksverdiene som er gitt som punkter i figur 13 kan sees på som dager med flomvannføringer og i 9 av 12 år er det flomdager hvor vannføringen er over 200 m³/s. Om man tar hensyn til at vannføringen ved inntaket ved Laudal på grunn av restfelt er høyere enn ved Bjelland tilsier dette at halvparten eller mer av vannet går forbi kraftverksinntaket disse dagene. Det er sannsynlig at mye av nedvandringen av blankål skjer under slike flomepisoder, og da er sannsynligheten for at ålen foretrekker å vandre forbi kraftverket høyere enn ved lavere vannføringer når det slippes lite vann forbi. Vi har imidlertid ikke noe informasjon om ålens atferd ved inntaket og dammen og lite generell og relevant kunnskap om ålens atferd ved kraftverksinntak av den typen som det er ved Laudal. I tørre år vil det være lite eller ingen vannslipp utover de ordinære minste vannslippene (fra 12 m³/s i starten av utvandningsperioden via 10 til 6 m³/s mot slutten) mens i våte år vil det gå mye vann forbi under flere flomperioder (**figur 13**). I 2017 inngår storflommen tidlig i oktober, men det var også mindre flommer både før og etter denne.



Figur 13. Boksplott for vannføring ved Bjelland for den sannsynlige utvandringsperioden for blankål i vassdraget for årene 2013-2024 (øvre figur) og daglig vannføring for det våteste (2017) og tørreste (2016) året i tidsserie (nedre figur). Boksene i øvre figur inneholder halvparten av alle verdiene, den vannrette linja inne i boksene er medianverdien, de loddrette linjene er minste og største verdi, med unntak av enkeltpunktene som er avviksverdier (uteliggere). Den stiplede linja i begge figurene angir slukekapasiteten i Laidal kraftverk og ved vannføringer høyere enn dette slippes ekstravannet forbi. Vannføringene er summen av driftsvannføringen i Bjelland kraftverk og målt vannføring ved Sundet (data fra Agder Energi Vannkraft). Merk at vannføringen ved inntaket til Laidal kraftverk vil være noe høyere på grunn av vann fra nedbørsfelt mellom Sundet og kraftverksinntaket.

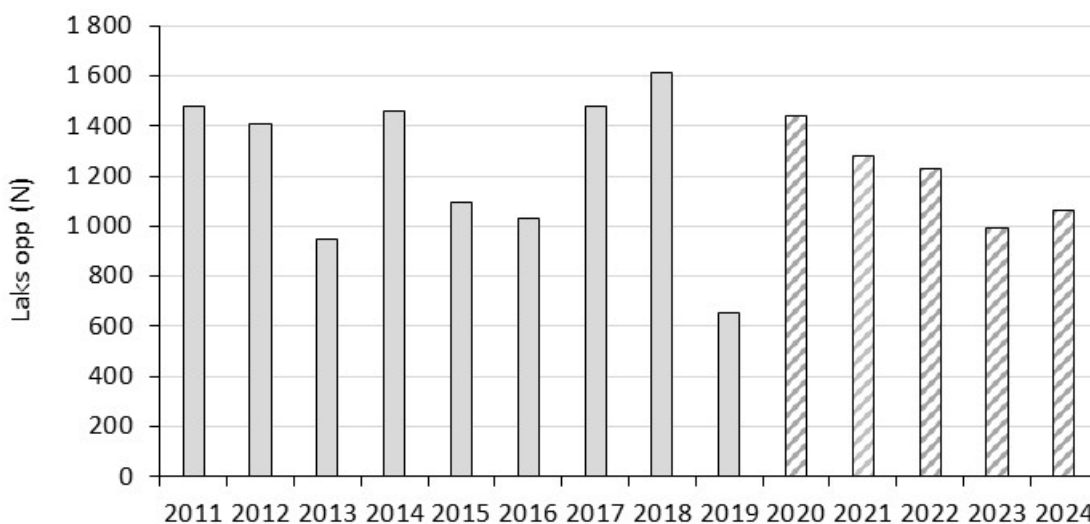
2.3 Oppvandring av laks forbi Dam Manflå

Et sentralt tema i utvikling av et nytt manøvreringsreglement for Laidal kraftverk var å sikre at laksen fritt kunne vandre inn i og gjennom minstevannstrekningen ved Laidal, opp gjennom luka i Dam Manflå og videre oppover vassdraget uten større forsinkelser. Det nye 2021 reglementet innbar at en stans i kraftverket om fredagene (som hadde som mål å få fisken inn i minstevannløpet) ble fjernet og det ble innført et nytt og mindre dynamisk vannføringsregime i

minstevannstrekningen i løpet av oppvandringsperioden. For å evaluere effekten av disse endringene fortsatte Skandinavisk naturovervåking overvåkingen av oppvandring av laks gjennom luka i Dam Manflå, øverst i minstevannstrekningen. I en tidsserie som går tilbake til 2011 registreres daglig oppvandring av laks (Kvitvær & Lamberg 2023). I tillegg har vi brukt fangstregistreringer i ulike soner av Mandalselva som støtte for vurderingene av oppvandringsforløp.

I 2021 testet Skandinavisk naturovervåking en metode hvor bare annenhver dag med videopptak ble gjennomgått (Kvitvær & Lamberg 2022). Analyser av tellingene fra årene 2011 til 2019 viste at estimater av oppvandring fra videotellinger annenhver dag (oppvandring er 2 x antallet talt) ga avvik på rett i overkant av 1 %. Denne metoden ble derfor brukt i perioden 2022-2025.

Antallet oppvandrede laks har variert fra et minimum på 657 laks i 2019 til et maksimum på 1612 laks i 2018, uten noen tidstrend (**figur 14**). Det skal bemerkes at det i årene fra 2017 til 2025 har vært fanget mellom 63 og 388 laks på minstevannstrekningen rett nedstrøms tellelokaliteten (se kapittel 2.5), og at denne ekstra beskatningen nedstrøms telleren også i noe grad har påvirket oppvandringen forbi dammen. Det ble ikke fisket på denne strekningen før 2017, men fangstene på strekningen har deretter utgjort mellom ca. 5 og 10 % av totalfangstene i vassdraget.



Figur 14. Antall laks registret (eller estimert, skraverte søyler) i video på oppvandring forbi Dam Manflå for årene 2011 til 2024. Figuren er basert på data fra Kvitvær & Lamberg (2024) med upubliserte tall for 2024.

Om vi betrakter gjennomsnittlig kumulativt oppvandringsforløp med variasjon for årene 2013 til 2020 som normalt og som en førsituasjon kan vi se på hvordan oppvandringsforløpet eventuelt har endret seg i de fem årene med 2021 reglementet for Laudal kraftverk (**figur 15**). Det finnes oppvandringsforløp også for årene 2011 og 2012, men dette var før 2013 reglementet ble innført, og minstevannføringskravet var på bare 3 m³/s om sommeren disse to åra. Det skal bemerkes at fjerning av nesten alle tersklene på strekningen Dam Manflå til Kleveland bru før oppvandringsperioden 2017 og fjerning av terskelen ved Portalbygget på Laudal året etter også trolig har gitt lettere oppvandringsforhold. Effekten av disse tiltakene på oppvandring er trolig mindre enn betydningen av den betydelig økte minstevannføringen (til 12-25 m³/s, avhengig av tilsig) i 2013 reglementet. En sammenligning mellom perioden 2013-2020 med årene 2021-2025 er en direkte sammenligning mellom de to reglementene.

Oppvandringsforløpet var godt innenfor den normale førsituasjonen i 2021 og oppvandringen var stor noe tidligere enn normalt i 2023. Oppvandringsforløpene i 2022 og 2024 antyder en forsinket oppvandring sammenlignet med det normale, og i 2024 var det ikke særlig oppvandring før ut i juli. Det er imidlertid slik at Haugefossen lengre nede i vassdraget i stor grad kan påvirke

oppvandringen fordi det er vanskelig for laksen å passere dette stryk- og fossepartiet når vannføringene er høyere enn 50 m³/s (Lamberg & Øksendal 2004, Forseth mfl. 2020). Vi talte derfor opp antall dager med vannføringer (fra Kjølomo målestasjon) på 50 m³/s eller lavere for oppvandringsperiodene (definert fra 15. mai til 15. oktober) for årene 2013 til 2025 (**tabell 3**). For perioden 2013-2020 var det i gjennomsnitt 35 % av oppvandringsdagene som hadde vannføringer under 50 m³/s, med et minimum på 23 % og maksimum på 62 %. I perioden 2021-2025 skilte 2024 seg markant ut med bare fem dager, tilsvarende 3,2 % av vandringsdagene, med vannføringer lik eller under 50 m³/s. Dette er også det klart laveste i hele serien. 2024 var altså et år med unormalt høye vannføringer i oppvandringsperioden (**figur 16**), noe som i hovedsak skyldtes at våren og sommeren var spesielt vannrik, men også at et av de større magasinene lengre oppe i vassdraget ikke kunne fylles som normalt på grunn av arbeid på dammen. De få periodene med vannføring under 50 m³/s var i hovedsak knyttet til aktive manøvreringstiltak i kraftverkene lengre opp, etter anmodning fra elveeierlaget til Å energi. Forsinket oppvandring forbi Dam Manflå i 2024 kan altså knyttes til forsinket oppvandring forbi Haugefossen.

I 2022 var det også et forsinket oppvandringsforløp, men her var starten av oppvandringen innenfor det normale og forsinkelsen økte fram til ut i september da det kom mye fisk. Dette året var det avvikende *mange* dager med vannføringer lik eller under 50 m³/s, 86 % av oppvandringsdagene, og den vandringsforsinkende Haugefossen kan ikke forklare mønstret. I 2022 var det imidlertid en svært tørr vår og sommer, med vannføringer ved Kjølomo godt under det normale (**figur 16**). Vannføringen var også spesielt stabil med nesten ingen episoder med økt vannføring og lange perioder med stabil vannføring rundt 25 m³/s. Først mot midten av september kom det en markant vannføringstopp, og oppvandringen over Dam Manflå skjøt fart (**figur 15**). Slike forhold, med lave vannføringer om sommeren, kan gjøre at laksen forsinkes i oppvandringen fra sjøen og inn i vassdraget og at den blir i sjøen lengre. En tørr og varm sommer preget vassdrag i hele regionen, med lite oppvandring og lave fangster av laks midt på sommeren. Sen oppvandring til vassdraget er derfor en mulig forklaring på forsinkelsen på oppvandringen over Dam Manflå midt i sesongen 2022.

År	Dager ≤50	Andel dager (%)
2013	55	35,7
2014	47	30,7
2015	47	30,5
2016	55	35,7
2017	54	35,1
2018	95	61,7
2019	35	22,7
2020	38	24,7
2021	73	47,4
2022	133	86,4
2023	41	26,6
2024	5	3,2

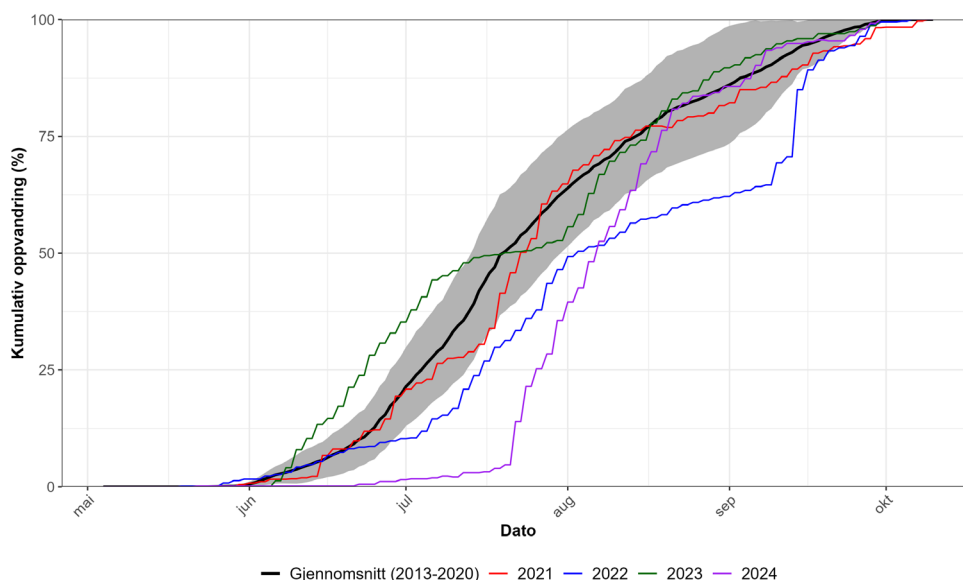
Tabell 3. Antall dager med vannføringer lik eller under 50 m³/s i løpet av oppvandringsperioden (15. mai til 15. oktober) for årene 2013-2024, og andelen av slike dager. Data er fra Kjølomo målestasjon langt nede i Mandalselva.

For å kunne forstå oppvandringsforløpet enda bedre har vi brukt ukesfangstene i minstevannstrekingen (som kalles «Delområde 4 nedom Manflåvann») og nedstrøms fiskeområde 3 som en indikasjon på oppvandringsforløpet i de to delene av elva. Sone 3 ligger ovenfor Haugefossen og er sonen rett nedstrøms minstevannstrekingen.

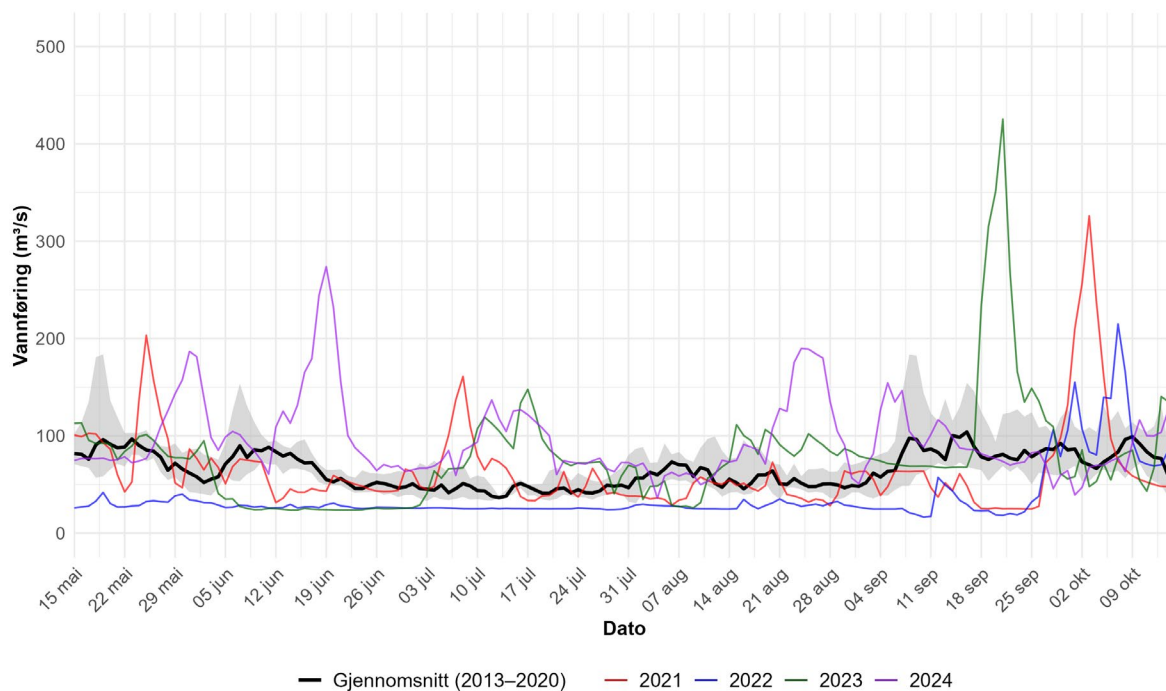
Det generelle bildet er at den kumulative utviklingen i ukesfangster er parallell i de to fiskeområdene (**figur 17**) med raskere fangstøkning både tidligere og senere i minstevannstrekingen sammenlignet med nedstrøms sone 3. I 2024 da oppvandring av laks over Dam Manflå var spesielt forsinket sammenlignet med den normale førsituasjonen ble det nesten ikke fanget laks før i uke 29 (medio juli) i både minstevannstrekingen og i sonen nedenfor. Dette styrker

konklusjonen om at det var forsinkelse på grunn av vanskelige oppvandringsforhold i Haugefossen som ga forsinket oppvandringsforløp over Dam Manflå i 2024. I 2022, det andre året med senere oppvandring enn normalt, var utviklingen i ukesfangstene nesten identisk i de to fiskeområdene gjennom mye av sesongen. Dette gir ytterligere støtte for at det var den tørre og varme sommeren med spesielt lave og stabile vannføringer som ga forsinket oppvandring fra sjøen og opp i elva som ga forsinket oppvandring forbi Dam Manflå i 2022.

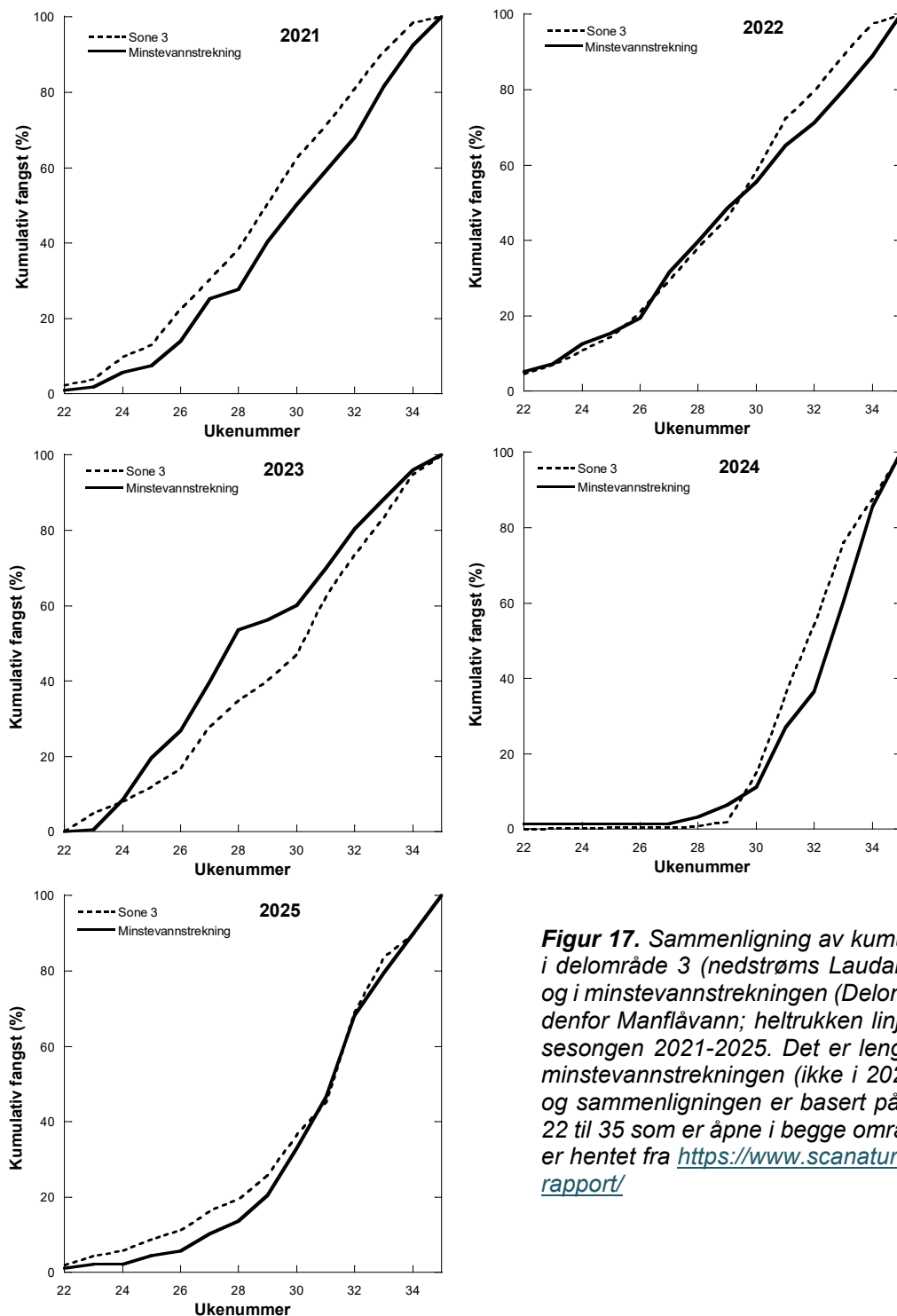
Samlet sett gir disse analysene støtte for at endringene i vannføring i oppvandrings sesongen i 2021 reglementet, og at kraftverket ikke lengre stanses natt til hver lørdag, ikke har påvirket oppvandringen inn i og forbi minstevannstrekningen i vesentlig grad. Det kan ikke utelukkes at for eksempel atferden til fisken ved utløpet av kraftverket og inngangen til minstevannføringsløpet har endret seg med det nye reglementet, men endringene er i så fall så små at det hverken påvirker det generelle oppvandringsmønsteret eller mulighetene for fisken til å nå fram til gyteområdene oppstrøms eller fangstmulighetene i minstevannføringsløpet. Det er rimelig å anta at fjerning av tersklene og endringene i elveløpet ved Laudal har bidratt til at vandringen inn i og gjennom minstevannføringsstrekningen har blitt enklere.



Figur 15. Kumulativ oppvandring av laks forbi Dam Manflå i 2021 (rød linje), 2022 (blå linje), 2023 (grønn linje) og 2024 (lilla linje) sammenlignet med gjennomsnittet for perioden 2013-2020 (sort linje, med standardavvik som skravert felt). Figuren er basert på data fra Kvitvær & Lamberg (2023) oppdatert med tall for 2024 fra Skandinavisk naturovervåkning.



Figur 16. Median vannføring i oppvandingssesongen (15. mai til 15. oktober) fra Kjølemo målestasjon langt nede i vassdraget for årene 2013 til 2020 (sort linje, med 25 og 75 persentilene som grått bånd) samt for årene 2021 til 2024 hver for seg.



Figur 17. Sammenligning av kumulativ fangst i delområde 3 (nedstrøms Laudal; brutt linje) og i minstevannstrekingen (Delområde 4, nedenfor Manflåvann; heltrukken linje) for fiske-sesongen 2021-2025. Det er lengre fisketid i minstevannstrekingen (ikke i 2024 og 2025) og sammenligningen er basert på fiskeukene 22 til 35 som er åpne i begge områdene. Data er hentet fra <https://www.scanatura.no/fangst-rapport/>

2.4 Effekter av habitattiltakene på minstevannstrekingen

2.4.1 Metoder

Effektene av de omfattende habitattiltakene på strekingen Dam Manflå til Kleveland bru har blitt kartlagt ved elektrisk fiske etter laks- og aureunger på 15 til 17 etablerte stasjoner årlig siden 2016. Tiltakene ble gjennomført vinteren/våren 2016 slik at all ungfisk som var i elvestrekingen i 2016 var klekket før tiltaket ble gjennomført og 2016 kan betraktes som en før-situasjon når det

gjelder fisketettheter. Stasjonsvise ungfisktettheter estimert fra elektrisk fiske for årene 2016 til 2018 ble presentert i sluttrapporten fra miljødesignprosjektet (Forseth mfl. 2020), men her ser vi på utviklingen i hele perioden fra 2016 til og med 2025, og på utvikling etter at 2021 reglementet ble innført fra våren 2021.

Stasjonene var fra 45 til 150 m² store (gjennomsnitt 89 m²) og ble fisket en gang. For å beregne tetthet ble det brukt fangsteffektiviteter fra flere runders overfiske i kalkingsovervåkingen, som også gjennomføres i Mandalselva. Strategien ble valgt for å prioritere å fiske mange stasjoner som representerer strekningen på en god måte, heller enn å prioritere sikrere tetthetsestimater på færre stasjoner (Forseth & Forsgren 2008)

Klimatiske forhold har gjort at det er utfordrende å få gjennomført det elektriske fisket til ønsket tid og ved lave vannføringer (**tabell 3**). Målet har vært å gjennomføre feltarbeidet så tidlig som mulig i oktober, etter at vannføringen reduseres fra sommervannføringen. Mye nedbør, stort tilsig og vannføringer inn til Laudal kraftverk som har vært høyere enn slukekapasiteten har gjort at det har vært lange perioder med mye mer vann enn minstekravet og høyere enn det som er gunstig for elektrisk fiske. I tillegg er det slik at når temperaturen synker mot slutten av oktober og utover november så endrer fisken atferd og fangsteffektiviteten ved elektrisk fiske avtar. I tillegg blir dagene kortere og lysforholdene dårligere, noe som er en utfordring med farget vann og mørk bunn slik det er på stekningen.

I tillegg til at forholdene under elektrisk fiske kan ha påvirket de beregnede tetthetene har det vært hendelser som kan ha påvirket både rekrutteringen (antall gytefisk) og tetthetene av ungfisk (**tabell 4**). Den 2. oktober 2017 var det en flom som kulminerte ved ca. 1050 m³/s ved Kjølemo målestasjon. Flommen kan karakteriseres som en flom med gjentaksintervall på mellom 50 og 200 år (Holmqvist & Engeland 2018), og er altså en sjelden hendelse i Mandalselva og flommen var den største etter 1864. En så stor flom kan ha gitt betydelige nedstrøms forflytninger av ungfisk, og særlig av årsyngel som på grunn av sin størrelse (fra under 4 til 6 cm lange) har begrenset svømmekapasitet. Vinteren 2020/2021 ble det rapportert om uvanlig mye isdannelse på strekningen, som også kan påvirke ungfiskens overlevelse (Cunjak mfl. 1998)). Videre var det et større utbrudd av soppsykdommen saprolegniose på gytefisken i 2022 og en mindre forekomst i 2023 som kan ga påvirket rekrutteringen i form av redusert gyting. I 2023 kan det ha vært et utbrudd av nyresykdommen PKD i vassdraget, en sykdom som først og fremst rammer årsyngel av laks og ørret (Sterud mfl. 2007), men som også kan ramme eldre fiskeunger. Disse sykdomsutbruddene og mulige effekter på rekrutteringen gjennomgås i mer detalj under, mens her diskuteres hvordan alle disse hendelsene kan ha påvirket resultatene fra ungfiskundersøkelsene.

Tabell 4. Dato for eklektisk fiske i minstevannstrekningen for årene 2016-2025, antall stasjoner fisket, vanntemperaturen, vannføringen på strekningen (data fra Å energi), kommentarer om forhold under feltarbeidet og relevante hendelser som kan ha påvirket ungfisktetthetene i perioden.

År	Dato	Antall	Temp	Vannføring	Feltkommentarer	Relevante hendelser
2016	11-12/10	17	9,7	8,3		
2017	6-7/11	15	6,6	7,1	Lite dagslys, gyting på gang enkelte områder	Storflom 2. oktober
2018	5-6/10	15	9,6	7,2		
2019	2-3/11	15	5,8	9,2	Lite dagslys, vanskelig å få opp årsyngel. Gytegroper/forsøk på graving flere områder.	
2020	5-6/11	15	7,9	16,2-8,0	Lite dagslys, vanskelig å få opp årsyngel. Gytefisk og graving observert ved flere områder.	Isdannelser vinteren 2020/21
2021	13-14/10	15	10,3	10,8	Mørk bunn + mose + overskyet - vanskelig å se fisk. Gytefisk (laks) observert ved st 23.	
2022	3-4/10	16	10,7	10,5		Saprolegniøse gytefisk mye
2023	14-16/10	16	9,6	10,8	Høy og variabel vannføring gjennom hele høsten	Saprolegniøse gytefisk litt, PKD ungfisk
2024	14-15/10	16	9,5	10,9	Høy og variabel vannføring gjennom hele høsten	
2025	29-30/10	16	8,6	6,2	Høy og variabel vannføring gjennom hele høsten	To fiskerunder

2.4.2 Utvikling i tettheter av lakseunger

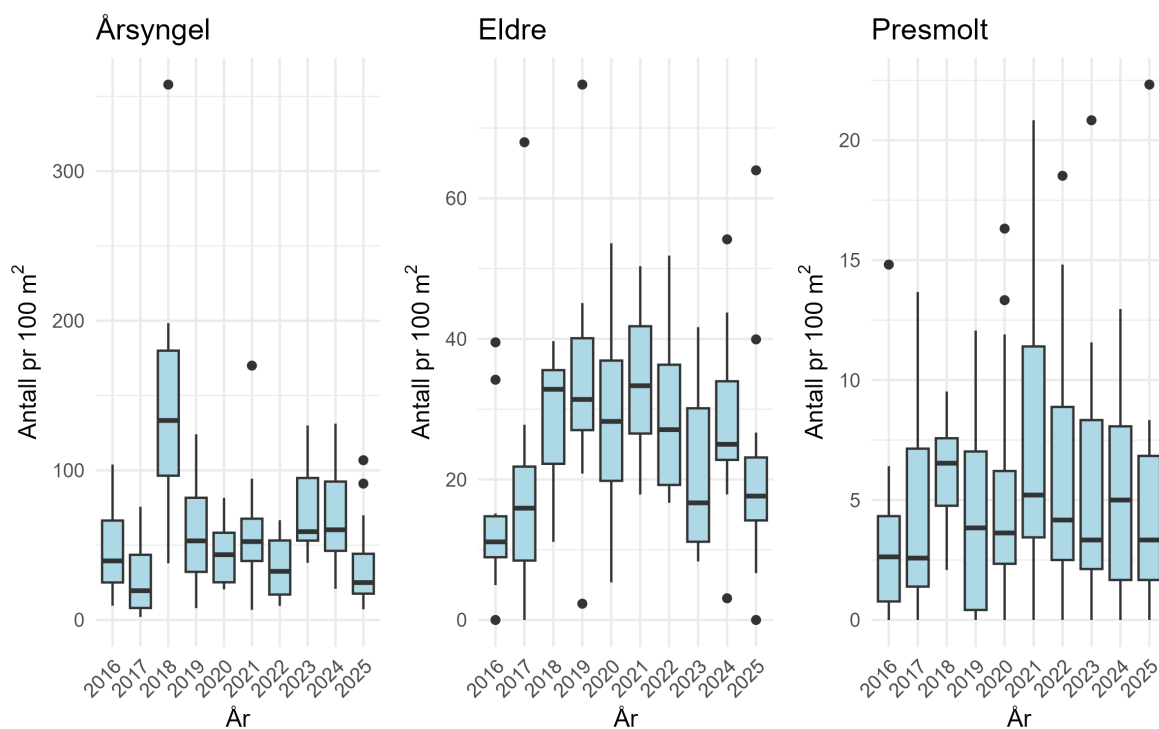
Tettheten av årsyngel (0+) av laks har i perioden 2016 til 2025 økt fra rundt 45 yngel pr. 100 m² i 2016 (førsituasjonen) til et nivå på rundt 70 yngel i 2023 og 2024 (**figur 18**). I 2025 ble tetthetene lavere igjen. Resultatet fra dette året må imidlertid tolkes med forsiktighet fordi resultatene er fra et fiske som ble gjennomført kort tid etter en mislykket feltrunde. Døgnet før det første feltarbeidet (15. oktober) hadde det vært arbeid på Laudal kraftverk noe som medførte en rask økning i vannføring fra ca. 10 til nesten 70 m³/s på strekningen og selv om fisket ble gjennomført på lave vannføringer (10,5 m³/s) dagen etter ble fangstene svært lave. Det ble vurdert som sannsynlig at denne vannføringstoppen hadde flyttet på ungfisk og det ble derfor besluttet å gjennomføre et nytt elfiske 30. oktober. Dette fisket ga høyere fangster, men det er rimelig å anta at resultatet var negativt påvirket av at de samme stasjonene var fisket 14 dager tidligere.

Tettheten av årsyngel har for øvrig variert relativt mye mellom år (**figur 18**). Til tross for at det er sannsynlig at det var mer gyting i 2016 enn åra før, på grunn av at mange nye gyteområder ble tilgjengelig etter terskelfjerningene og habitattiltakene (Forseth mfl. 2020), så ble median årsyngeltetthet lavere i 2017 enn 2016. Det er overveiende sannsynlig at dette skyldes at årsyngel ble skylt ut av området i den svært store flommen som kom før feltarbeidet ble gjennomført. I 2018 ble tettheten av årsyngel rekordhøy (i gjennomsnitt over 140 yngel pr. 100 m²), for deretter å avta igjen til et minimum på rett under 40 yngel pr. 100 m² i 2022, før tetthetene økte igjen til et høyere nivå i 2023 og 2024. Vi vet ikke sikkert hva som var årsaken til de lave tetthetene i 2022. Fiskeforholdene framsto som gunstige med feltarbeidet tidlig i oktober og feltpersonellet hadde ingen kommentarer. Sommeren 2022 var imidlertid spesielt tørr og varm i Mandalselva (se vannføringer i **figur 16**), og det kan ikke utelukkes at det kan ha vært utbrudd av nyresykdommen

PKD denne sommeren, selv om sykdommen ikke ble påvist før i 2023. PKD er en sykdom som særlig oppstår ved høye vanntemperaturer (se kapittel 2.7.2).

Tettheten av eldre laksunger har hatt den klareste økningen i perioden 2016-2025, fra nivåer mellom 10 og 20 laksunger pr. 100 m² (13 i førsituasjonen i 2016) til mellom 20 og 30 pr. 100 m² (eller høyere) utover i perioden (**figur 18**). For eldre laksunger ble det også registrert en reduksjon mot slutten av perioden, som kom i 2023, ett år senere enn for årsyngel. Det er rimelig å anta at en svekket årsklasse av årsyngel i 2022 har bidratt til lavere tetthet av eldre laksunger i 2023, som er dominert av ettåringer. Resultatet for 2025 (blant de lavere i tidsserien) må som beskrevet ovenfor tolkes med forsiktighet.

Tettheten av laksunger som er store nok til å bli definert som presmolt (fisk lengre enn 105 mm), som er laksunger som det er sannsynlig at vil vandre ut som smolt våren etter, viser også en økning fra en median på ca. 2,5 presmolt pr. 100 m² i 2016 til rund 5 pr. 100 m² utover i serien (**figur 18**). Median tetthet av presmolt var noe lavere i 2024 enn i 2023, noe som kan være knyttet til reduserte tettheter av eldre laksunger i 2023 og årsyngel i 2022. Denne sekvensen med registrerte lave tettheter av det som i alle fall delvis er samme kohort over tre år gir støtte for at de lave tetthetene i 2022 ikke var resultat av metodiske utfordringer og forsterker teorien om en hendelse, som et sykdomsutbrudd, kan forklare avvikende lave årsyngeltettheter i 2022.



Figur 18. Boksplott av beregnede fisketettheter på 15 elfiskestasjoner (stasjoner som er fisket alle år) i minstevannstrekningen mellom Dam Manflå og Kleveland bru for årene 2016-2025 gitt for årsyngel (0+), eldre laksunger og presmolt (laksunger større enn 105 mm). Boksene inneholder halvparten av alle estimatene, den vannrette linja inne i boksene er medianverdien, de lodrette linjene er minste og største estimat, men unntak av enkeltpunktene som er avviksv verdier (uteliggere). Merk at det er ulik skala på y-aksene

2.4.3 Andre forhold som kan ha påvirket ungfisktettheter

Vinteren 2020/21 ble det fra Bjørgulv Foss rapportert om uvanlig mye isdannelse på deler av minstevannstrekningen. Dette ble dokumentert med foto, og Foss tok opp mulige negative effekter på egg og yngel. Bildene ble forelagt professor Knut Alfredsen på NTNU, som er ekspert på isprosesser i elver. Konklusjonen var at isen på bildene i hovedsak er bunnis (såkalt «dynamisk isdannelse») der underkjølt vann som dannes i virvlende vann bringes ned til bunnen og

krystalliseres ut til bunnis) samt noe akkumulering av sarr (botnsarr). Fordi isdannelsen primært skjedde langs land er det etter vår vurdering neppe noe problem for laksunger, fordi de søker til dypere områder om vinteren. Det var ikke noe i tetthetsdata for yngel eller eldre laksunger fra høsten 2021 som tyder på at isdannelsen vinteren hadde hatt målbar effekt på rognoverlevelse eller ungfisk, med generelt høyere tettheter av alle tre størrelsesgruppene enn året før (**figur 18**).

På grunn av de overraskende lave tetthetene av årsyngel i 2022 (**figur 18**) ble det bestemt at man ønsket å skaffe mer informasjon om rekrutteringen på strekningen gjennom registreringer av gytegroper og gytefisk. NORCE LFI Bergen gjennomførte 15. november 2022 en drivtelling av strekningen fra Dam Manflå til Kleveland bru (data presentert i Haraldstad mfl. 2022). Det var to tellere som registrerte antall gytefisk og observerte gytegroper. Det ble observert 130 gytelaks under vanskelige forhold (rundt 1 m sikt), fordelt på 17 smålaks, 46 mellomlaks og 11 storlaks. I tillegg ble det observert 23 døde laks og en død stor ørrethunn. Disse hadde mye sopp. Blant de døde var det både hunnlaks og hannlaks av alle størrelsesgrupper, og noen av de døde hunnene hadde ikke gytt. Det anslås at 80-90 % av den levende gytefisken hadde soppangrep, og noen var svært kraftig rammet. Samtidig ble det rapportert om funn av død laks med sopp lengre ned i vassdraget og NORCE LFI Bergen fikk i oppdrag å innhente data fra innrapporterte funn og gjennomføre drivtelling lengre ned i elva. Mandalselva Elveeierlag oppsummerte at det ble funnet 117 døde laks, flest ved Øyslebø (Haraldstad mfl. 2022). I drivtelling ved høy vannføring (88 m³/s) og svært dårlig sikt, ble det på strekninger mellom Laudal og Øyslebø den 23. november observert bare fem laks og en sjørret (Haraldstad mfl. 2022). I tillegg ble det funnet fem døde laks og en sjørret på elvebunnen. Bare to av fiskene var synlig angrepet av sopp. Det generelle inntrykket var at det hadde vært stor gyteaktivitet på kjente gyteområder. Det ble også samlet inn tre små hannlaks og en ørrethunn «svimere» med elfiske i Heddelandsbekken/Songåa og Finsåbekken. Her ble det også funnet ti døde laks. Fisken hadde til dels store sopplesjoner.

Veterinærinstituttet har senere analysert prøver av fisk fra Mandalselva og påvist soppen *Saprolegnia parasitica* som under noen miljøforhold gir fiskesykdommen saprolegniose. Det kan derfor konkluderes at fisken på minstevannstrekningen og lengre nede i elva døde av saprolegniose, selv om underliggende infeksjoner ikke kan utelukkes.

Samlet sett vurderer NORCE LFI Bergen at dødeligheten ikke vil ha vesentlig betydning for rekrutteringen høsten 2022 (Haraldstad mfl. 2022). Dødeligheten var neppe samlet sett veldig høy, og mye av fisken hadde gytt. Det ble også rapportert om sopprelatert dødelighet i nærliggende Songdalselva (Søgneelva) både i 2021 (påvist *Saprolegnia parasitica*) og 2022, og det har blitt rapportert om utbrudd i et vassdrag i Rogaland i 2022.

I 2023 gjennomførte NORCE LFI Bergen en gytefisktelling 16. november. Vannføringen var ca. 10 m³/s, men sikten var svært dårlig (ca. 2 m) noe som ga vanskelige telleforhold. Det ble observert 46 smålaks, 67 mellomlaks og 30 storlaks. Det generelle inntrykket var at det hadde vært og var mye gyting på kjente gyteområder fra Solkrona og ned mot Kleveland bru. Tellingene ble trolig gjennomført noe før toppen i gyteaktiviteten (flere av hunnene hadde ikke startet), men elvebunnen var markant påvirket av gyteaktivitet og gyteaktiviteten ble vurdert som normal for tidspunktet.

I kontrast til i 2022 ble det observert få laks med soppangrep (17 av 143 laks, tilsvarende 12 %) og det ble bare observert en død og en døende hunnlaks med sopp. Dette viser at selv om det kan ha vært noe saprolegniose også i 2023, så var utbruddet betydelig mindre. Årsyngeltettheten høsten 2023 bekrefter NORCE LFI Bergen (Haraldstad mfl. 2022) sin antagelse om at dødeligheten av gytefisk høsten 2022 ikke hadde vesentlig betydning for rekrutteringen dette året fordi mye av den syke fisken fikk gytt før den døde. Det er derfor ikke sannsynlig at dødelighet av gytefisk i 2023 vil påvirke rekrutteringen.

Basert på gytefisktellingerne til NORCE LFI Bergen er det mulig å vurdere om det var nok gytefisk på strekningen i 2022 og 2023, det vil si sannsynligheten for at et lokalt gytebestandsmål for strekningen ble nådd. Mandalselva har et gytebestandsmål på 5155 kg hunnfisk, med et intervall på 3866 til 7733 kg. I henhold til estimatene i miljødesignprosjektet (Forseth mfl. 2020) skal minstevannstrekningen i full produksjon etter tiltakene kunne produsere 10 % av smolten i vassdraget og vi antar derfor et lokalt gytebestandsmål (avrundet) på 520 kg (390-770 kg). Det er på grunn av dårlig sikt utfordrende å observere gytefisk på strekningen og vi antok at mellom 40 og 60 % av laksen som var på strekningen ble observert under drivtellingerne. Videre brukte vi de samme hunnfiskandelene blant små-, mellom- og storlaksen som Vitenskapelig råd for lakseforvaltning bruker i vurderinger av oppnåelse av gytebestandsmål i hele vassdraget (se informasjon om enkeltvassdrag hos www.vitenskapsradet.no). Gjennomsnittsvektene for de samme størrelsesgruppene ble beregnet fra fangstene på strekningen. Med disse forutsetningene beregnet vi en gytebestand på mellom 353 og 529 kg hunnfisk i 2022 og mellom 655 og 981 kg hunnfisk i 2023. Dette innebærer at det lokale gytebestandsmålet (modalverdien på 520 kg) mest sannsynlig ikke ble nådd i 2022 (oppnåelsesprosent mellom 68 og 102 %), men avviket var neppe stort. Årsaken er relativt stor dødelighet på grunn av soppsykdom og måloppnåelsen kan ha vært bedre enn vi har beregnet om mye av fisken hadde gytt før den døde. I 2023 derimot ble sannsynligvis gytebestandsmålet nådd med god margin (126-188 %). Denne vurderingen innebærer at årsyngeltettheten i 2023 kan ha vært påvirket av for få gytefisk høsten 2022.

2.4.4 Vurdering av måloppnåelse og effekter av 2021 reglementet

Til tross for at det oppsto flere hendelser som kan ha påvirket rekrutteringen og ungfiskproduksjonen i minstevannstrekninger er det generelle bildet at ungfiskproduksjonen har økt etter tiltakene. Det er tettheten av eldre laksunger som har hatt den klareste økningen, men tettheten av presmolt har også økt fra et nivå på rundt 2,5 fisk til rundt 5 fisk pr. 100 m², noe som tilsier en dobling av smoltproduksjonen. Dette er i samsvar med forventningene i miljødesignprosjektet (Forseth mfl. 2020). I tillegg er det slik at arealet som faktisk produserer lakseunger sannsynligvis har økt på strekningen etter at tersklene ble fjernet, og selv om vi har fisket på mange stasjoner så vil ikke nødvendigvis stasjonsnettet fanget opp endringer i fiskeproduksjon på en god nok måte. Det er derfor mulig at ungfisk- og smoltproduksjonen på strekningen har økt mer enn økningene i tetthet av årsyngel, eldre lakseunger og presmolt tilsier. Vi konkluderer derfor at den forventede doblingen eller mer av smoltproduksjonen på strekning sannsynligvis har blitt nådd.

Den store variasjonen i ungfisktettheten mellom år og de mange hendelsene som kan ha påvirket tetthetene gjør at det ikke er mulig på noen god måte å analysere om 2021 reglementet har påvirket ungfiskproduksjonen. Det er imidlertid ikke noen resultater som tilsier at 2021 reglementet har påvirket ungfiskproduksjonen negativt.

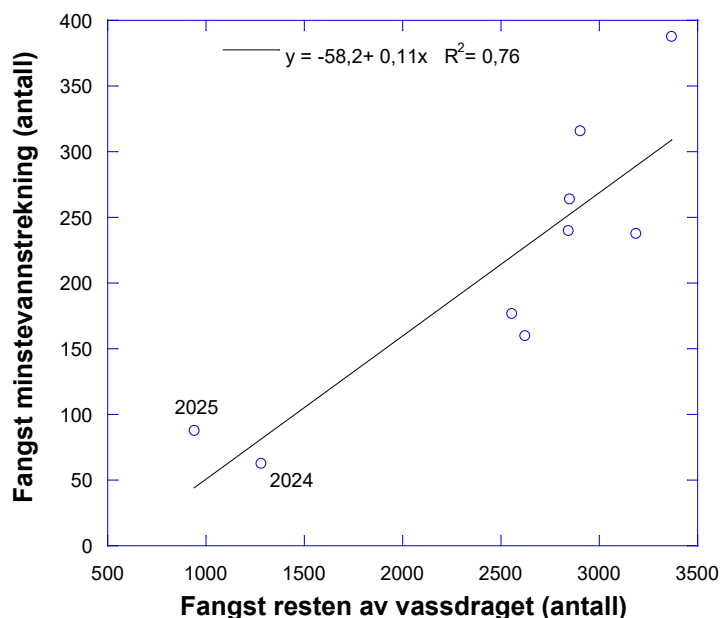
2.5 Fangster i minstevannstrekningen

Etter at det ble åpnet for ordinært fiske på strekningen i 2017 har det årlig blitt rapportert fangster (**tabell 5**) på mellom 63 laks (samlet vekt 179 kg) og 388 laks (1487 kg). Det var lavest fangst i 2024 og høyest i 2018. Fangstene i minstevannstrekningen har i gjennomsnitt utgjort 7,7 % av totalfangstene i vassdraget (på antallsbasis), med en variasjon fra 5,1 % i 2024 til 10,3 % i 2018. Fangstandelen i minstevannstrekningen har vært høyere på vektbasis (gjennomsnitt på 9,3 %) fordi gjennomsnittsvekten på laks fanget på denne strekningen har vært høyere enn i totalfangstene alle år. Det er ingen tidstrend i fangstene knyttet til innføring av det nye reglementet fra 2021, men fangstene ble betydelig lavere i 2024 og 2025 enn i forgående år. Denne reduksjonen i fangst sees imidlertid også i totalfangsten i vassdraget (**tabell 5**). Det er en god korrelasjon mellom fangstene i minstevannstrekningen og fangstene i resten av vassdraget (**figur 19**). De to dårligste fangstårene var de samme (2024 og 2025) i både minstevannstrekningen og i resten av vassdraget. De lave fangstene i 2024 og 2025 kan knyttes både til redusert innsig av laks og til innstramminger i fiskeregler som en følge av denne reduksjonen. I henhold til beregninger gjennomført av Vitenskapelig råd for lakseforvaltning sank antallet laks som returnerte fra havet til Mandalselva fra ca. 6800 laks i 2023 til ca. 4100 laks i 2024 (**figur 20**). Dette er del av en regional trend med redusert innsig av laks i de senere år,

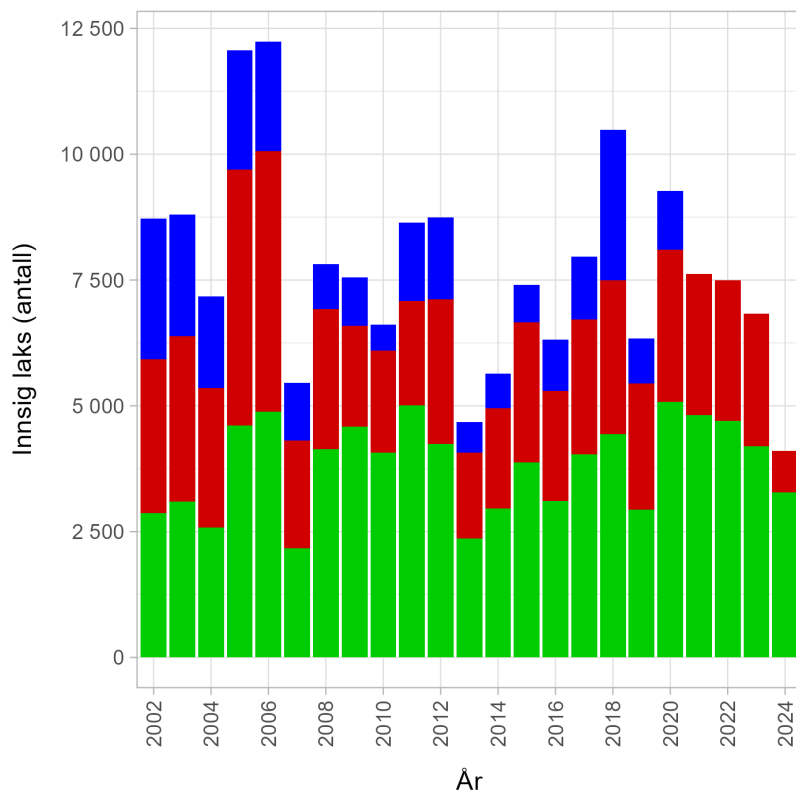
og særlig for mellom- og storlaks (VRL 2025). I 2024 ble også fisket stengt fra 23. juni til 11. juli, og det ble innført strengere kvoter etter gjenåpning. Det var også i 2024 at fangstene i minstevannstrekningen utgjorde den laveste andelen av totalfangsten (5,1 %, **tabell 5**) noe som trolig kan tilskrives sen oppvandring til området på grunn av forsinkelser ved Haugefossen (se kapittel 2.3). De strenge kvotene fra 2024 ble videreført i 2025 og lokalforvaltningen rapporterer om redusert kortsalg noe som kan ha påvirket fangstutbyttet i 2025. Analysene av innsigets størrelse i 2025 har per januar 2026 ikke blitt gjennomført.

Tabell 5. Fangst av laks i antall og vekt (kg) i minstevannstrekningen mellom Dam Manflå og Kleveland bru (minste) sammenlignet med fangst i hele Mandalselva. Andelen av totalfangsten gjort på minstevannstrekningen er gitt, både basert på antall og vekt. Gjennomsnittsvekt på laksen fanget på strekningen er også sammenlignet med snittet i resten av elva. Data er hentet [scantura - Fangstrapport](#) der «Delområde 4 – nedom Manflåvann» er fangsten på minstevannstrekningen.

År	Antall minste	Vekt minste	Antall hele	Vekt hele	% minste antall	% minste vekt	Snittvekt minste	Snittvekt hele
2017	264	1093	3111	10416	8,5	10,5	4,1	3,3
2018	388	1487	3754	11504	10,3	12,9	3,8	3,0
2019	160	663	2781	8034	5,8	8,3	4,1	2,8
2020	238	790	3424	9032	7,0	8,7	3,3	2,6
2021	240	787	3083	9680	7,8	8,1	3,3	3,1
2022	316	1123	3218	9263	9,8	12,1	3,6	2,9
2023	177	682	2731	9127	6,5	7,5	3,9	3,3
2024	63	179	1342	3471	5,1	5,2	2,8	2,6
2025	93	312	1045	3085	8,9	10,1	3,4	3,0



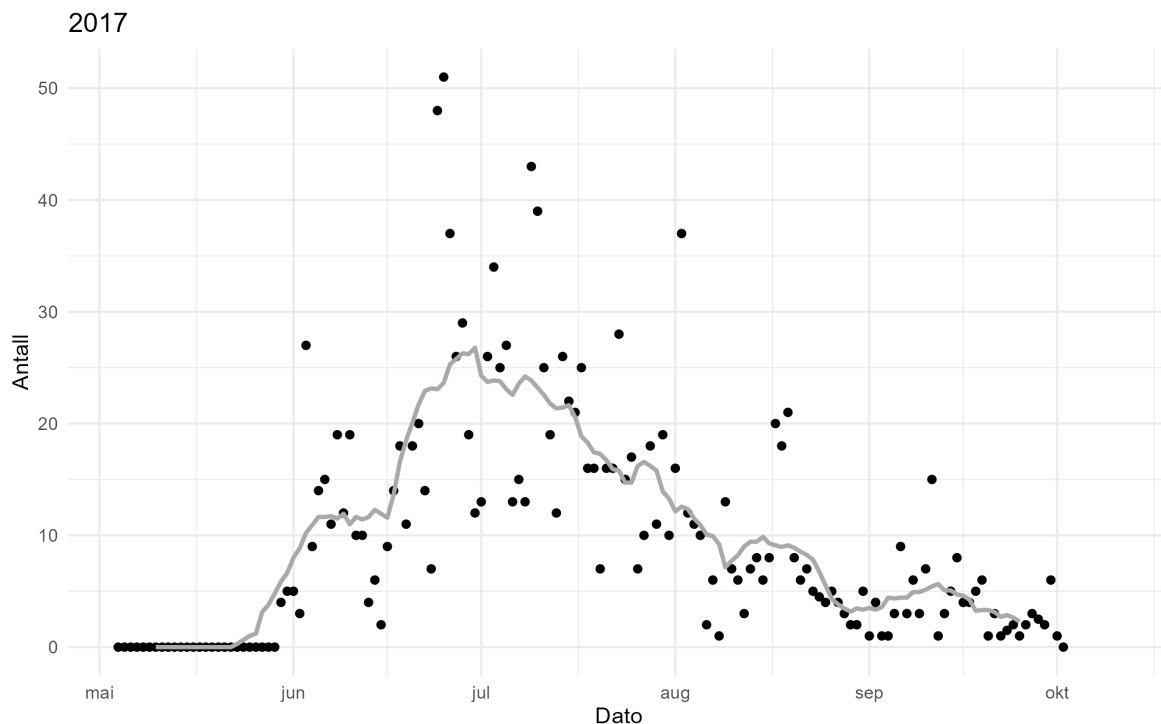
Figur 19. Rapporterte fangster av laks (i antall) i minstevannstrekningen plottet mot fangstene i resten av vassdraget for årene 2017-2025. De to dårligste fangståra er markert. Fangsten i resten av vassdraget forklarer 76 % av variasjonen i fangst mellom år i minstevannstrekningen.



Figur 20. Innsiget av laks hjemhørende i Mandalselva (høyden på søylene) og hvor mye som er avlivet i sjølaksefiske (blå del) og i elvfisket (rød del) og hvor mange laks som er igjen i gytebestanden (grønn del) for årene 2002-2024. Figuren er fra <https://www.vitenskapsradet.no/VurderingAvEnkeltbestander/#/map>.

Vi har tidligere sett på daglige fangster i minstevannstrekningen under ulike vannføringsforhold for å vurdere om 2021 reglementet har påvirket fangstmulighetene negativt, uten å finne noe klart mønster (Forseth 2024). Det nye reglementet tilsier isolert mer stabile vannføringsforhold i løpet av fiskesesongen fordi trappetrinn slipp i 2013 reglementet ble erstattet av faste slipp i 2021 reglementet. Det er en alminnelig oppfatning blant fiskerne at stabile vannføringsforhold er negativt for fiske. Det vil imidlertid fortsatt være vannføringsøkninger på strekningen knyttet til flommer som er høyere enn slukekapasiteten i Laudal kraftverk (110 m³/s) slik at det er usannsynlig at vannføringen er lik slippkravene gjennom en hel sesong.

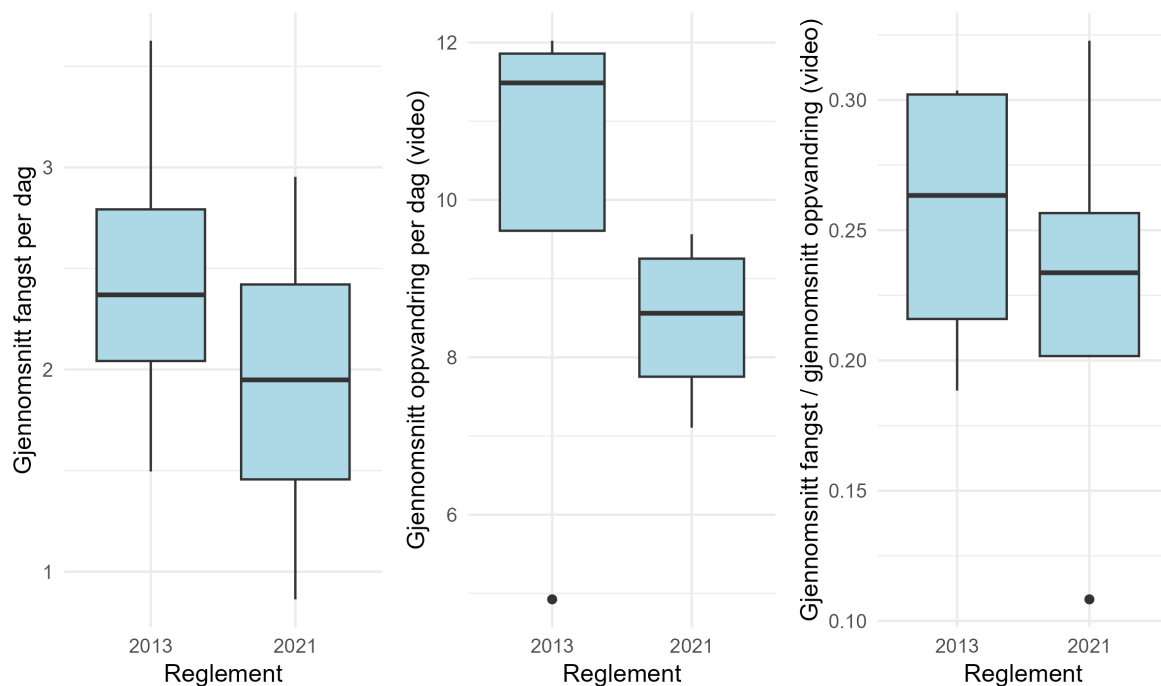
I denne rapporten gjennomfører vi statistiske analyser for å undersøke effekten av vannføringsforhold på fangst og fangstsannsynlighet, og om 2021 reglementet har påvirket sannsynligheten negativt. Sammenligningen av de to reglementene er basert på årene 2017-2020 for 2013 reglementet og 2021-2024 for 2021 reglementet (videotellingene for 2025 er ikke klare per januar 2026). For å kunne beregne daglig fangstsannsynlighet må vi ha kunnskap om hvor mye fisk som er tilgjengelig for fangst hver dag. Det beste estimatet vi har for dette er videotellingene i Dam Manflå (se kapittel 2.3). Om vi antar at all fisk vandrer raskt gjennom minstevannstrekningen blir daglig fangstsannsynligheten lik fangst delt på registrert oppvandring i video. Imidlertid vil nok ikke all fisk vandre rett gjennom strekningen med samme hastighet. Noen fisk kan bruke lengre tid og noen avslutter sin vandring og skal gyte på strekningen. Vi glattet derfor ut de daglige oppvandringstallene i video for å oppnå en mer sannsynlig tilgjengelighetskurve gjennom sesongen (se eksempel i **figur 21**). Daglig fangstsannsynlighet blir da lik daglig fangst delt på glattet daglig oppvandring og man unngår tilfeller der daglig fangst er større enn oppvandringen.



Figur 21. Daglig antall laks registrert i video i Dam Manflå gjennom sesongen 2017 (hvite punkter) og et glattet forløp (ved hjelp av kernel filter, sorte punkter).

Vi analyserte først daglige fangster direkte ved hjelp av en *negativ binominal blandet modell* med daglig gjennomsnittlig vannføring og vannføringsendring fra dagen før som faste effekter og år som tilfeldig effekt. Vi fant at gjennomsnittlig vannføring ikke påvirket fangsten signifikant ($p=0,55$) mens endring i vannføring ga en signifikant effekt ($p=0,017$) slik at fangstene økte svakt med økende endring i vannføring fra dagen før. Deretter analyserte vi daglig fangstsannsynlighet med en *gamma blandet modell* med de samme forklaringsvariabler som for fangst. Resultatene ble de samme som for fangst, med ingen effekt av vannføring ($p=0,53$) og en svak effekt av endring i vannføring ($p=0,02$). Analysene bekrefter derfor delvis fiskernes oppfatning av at endringer i vannføring gir bedre fiske, men effekten er svært liten. Vi sjekket også for timesbaserte variasjoner innen hvert døgn, men disse viste ingen effekter på fangst eller fangstsannsynlighet.

Til slutt så vi på årlige fangster og oppvandring over Dam Manflå og sammenlignet gjennomsnittlig fangst per dag, oppvandring per dag og fangster delt på oppvandring (fangsteffektivitet) under de to reglementene. Vi brukte fangster fra 1. juni til 15. september for årene 2017-2023 og til 31. august for 2024 (det ble ikke åpnet for utvidet fisketid dette året). I tillegg var fisket stengt fra 23. juni til 11. juli i 2024, og data fra denne perioden ble tatt ut. Oppvandrende laks før 1. juni ble ikke tatt med. Median gjennomsnittlig fangst per døgn ble redusert med nesten 18 % fra årene med 2013 reglementet til årene med 2021 reglementet (**figur 22**), men samtidig ble median antall laks som vandret opp per døgn redusert med ca. 25 %. Dette medførte at den gjennomsnittlige fangsteffektiviteten bare ble redusert med ca. 11 % etter innføring av det nye reglementet. Noe lavere fangsteffektivitet i de senere år må også sees i lys av at det i 2024 i tillegg til kortere fisketid også ble innført strengere kvoter, med en døgnkvote som ble redusert fra to til en laks fra 19. juni. Etter gjenåpningen 11. juli ble det også innført en sesongkvote på fem laks, døgnkvoten ble endret til en laks under 65 cm (fisket skal stoppes når en laks er avlivet) og det ble innført en kvote på to gjenutsatt laks per døgn. Dette er endringer som både kan ha påvirket fangsteffektiviteten og innsatsen, og fangsten ble den laveste i tidsserien.



Figur 22. Gjennomsnittlig rapportert fangst av laks per dag i minstevannstrekningen, gjennomsnittlig oppvandring per dag i video i Dam Manflå og fangst delt på oppvandring (fangsteffektivitet) under 2013 reglementet (2017-2020) og 2021 reglementet (2021-2024).

Analysene av fangster i minstevannstrekningen fra Dam Manflå til Laudal viser at strekningen har blitt et viktig fiskeområde i Mandalselva. Noe mer stabile vannføringsforhold i løpet fisesesongen under 2021 reglementet enn 2013 reglementet kan ha påvirket fisket noe, men effekten er liten. Det er primært redusert innsig og strengere fiskeregler som har gjort at fangstene har blitt lavere på strekningen de siste åra.

2.6 Vannføringsforhold og strandingsfare

I miljødesignprosjektet ble det basert på vurderinger av sammenhenger mellom vannføring og vanddekt areal utviklet forslag til driftsstrategier (kalt miljøtilpasset kraftversdrift) som minimerer risikoen for stranding av ungfisk nedstrøms både Bjelland og Laudal kraftverk (Forseth mfl. 2020). Forslagene kombinerer kunnskap om ved hvilke vannføringsintervall som gir store tørrlagte arealer langs elvebreddene og i hvilke perioder av året at ungfisken er spesielt sårbar. Nedtappingshastighetene er basert på endringer i vannføring, men er lagd slik at hastigheten i endring i vannstand skal være under den anbefalte grensen på 10-15 cm per time (Bakken mfl. 2016) på strandingsutsatte strekninger nedstrøms kraftverkene (Fjeldstad mfl. 2017, Forseth mfl. 2020). Nedenfor presenterer vi forslagene som ble utviklet og bruker vannføringsdata til å vurdere om der har vært ugunstige driftsituasjoner som kan ha gitt stranding av ungfisk av laks og sjørørret i årene fra 2020 (da miljødesign rapporten ble publisert) og fram til 2025.

2.6.1 Laudal kraftverk

For Laudal kraftverk konkluderte Forseth mfl. (2020) at det i hovedsak er vannføringer under 20 m³/s som gir særlig tørrlagte arealer langs elvebreddene og at drift på høyere vannføringer i mindre grad gir strandingsfare eller andre negative effekter for ungfisken på strekningen. Med mål om å redusere stranding og andre negative effekter av ordinær drift av kraftverket ble følgende driftsstrategi med fire restriksjoner foreslått:

Vannføringsreduksjon fra utløpet av Laudal kraftverk	Tiltak i Laudal kraftverk
110-90 m ³ /s	Ingen restriksjoner
1: Fra 90 til 50 m ³ /s	Opp- og nedtappinger på mer enn 10-15 m ³ /s pr. time bør begrenses i de seks ukene etter at vanntemperaturen har passert 6° C om våren. Reduksjon bør skje med maksimalt 10 m ³ /s pr. time.
2: Fra 50 til 30 m ³ /s	Reduksjon bør ta minst 2 timer
3: Fra 30 til 20 m ³ /s	Reduksjon bør ta minst 2 timer
4: Vannstandsreduksjoner under 20 m ³ /s	Bør unngås.

Vi analyserte vannføringsdata fra stasjonene Laudal rett nedstrøms (ca. 100 m) utløpet av Laudal kraftverk og Kjølamo langt nedre i elva for årene 2013 til 2024 og talte opp antall hendelser med avvik fra de foreslåtte restriksjonene (nr. 1-4).

Det var primært for restriksjon 1 at avvik var relativt vanlig i øvre deler av strekningen (**tabell 6**). Dette er en restriksjon der både opp- og nedtappinger blir vurdert og er den restriksjonen der avvik har minst betydning. I vannføringsintervallet mellom 90 og 50 m³/s, som denne restriksjonen gjelder for, er endringene i vanddekt areal små og restriksjonen ble lagt inn for å redusere negative effekter av vannstandsendringer på fiskens energiforbruk (Bakken mfl. 2016) i den særlig viktige vekstperioden på forsommeren (Forseth mfl. 2020). Laudal målestasjon ligger rett nedstrøms utløpet av Laudal kraftverk og hastighetene for vannstandsendringene er raskest her. På målestasjonen ved Kjølamo som ligger langt nede i vassdraget er det avvik fra denne restriksjonen i bare tre av åra (**tabell 7**), noe som skyldes at raske vannstandsendringer ved utløpet av Laudal kraftverk gradvis dempes nedover i elva. Antallet avvik fra restriksjon 1 ved Laudal ser også ut til å ha avtatt med et gjennomsnitt på ca. 9,5 per år fram til og med 2020 og rett over tre per år i årene etter. Det var imidlertid syv slike hendelser i 2024.

Tabell 6. Antall avvik per år fra de fire restriksjonene forslått i miljødesignprosjekt (se ovenfor) basert på timesdata fra Laudal målestasjon (nr. 22.23.0.). For restriksjon 4 er også samlet antall timer med vannføringer under 20 m³/s oppgitt.

År	1	2	3	4, antall	4, timer
2013	22	0	0	2	5
2014	7	0	0	2	7
2015	9	0	0	1	18
2016	12	0	0	1	2
2017*	0	0	0	1	5
2018	1	1	0	7	36
2019	9	0	1	2	28
2020	16	0	0	5	14
2021	6	0	0	0	0
2022	0	0	0	6	285
2023	0	0	0	1	2
2024	7	0	0	0	0

*I 2017 var det flere hull i dataserien og analysene er ufullstendige

Tabell 7. Antall avvik per år fra de fire restriksjonene forslått i miljødesignprosjekt (se ovenfor) basert på timesdata fra Kjølamo målestasjon (nr. 22.4.0.). For restriksjon 4 er også samlet antall timer med vannføringer under 20 m³/s oppgitt.

År	1	2	3	4, antall	4, timer
2013	0	0	0	1	1
2014	1	0	0	1	4
2015	0	0	0	2	37
2016	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0
2018	0	0	0	0	0
2019	2	0	0	0	0
2020	0	0	0	0	0
2021	3	0	0	0	0
2022	0	0	0	6	164
2023	0	0	0	0	0
2024	0	0	0	0	0

For restriksjonene 2 og 3, som begge ble lagt inn for å hindre stranding av ungfisk var det i løpet av hele perioden bare totalt to hendelser målt ved Laudal og ingen målt ved Kjølamo (**tabell 6** og **7**).

Ved vannføringer under 20 m³/s tørregges det større områder langs elvebreddene ved nedtappinger. Med unntak av i 2024 har det vært vannføringer under 20 m³/s hvert år, med fra en til syv hendelser per år ved Laudal. Ved Kjølamo var slike hendelser mye sjeldnere, med åtte av 12 år uten noen episoder med vannføringer under 20 m³/s. Dette skyldes at restfelt bidrar med vannføring mellom utløp Laudal og Kjølamo målestasjon. Varigheten av hendelsene var generelt korte, med 285 timer fordelt på seks hendelser i 2022 som maksimum (gjennomsnittlig varighet på knappe to døgn). Laveste timesverdi ved disse hendelse var i gjennomsnitt knappe 17 m³/s, med et minimum på 11,5 m³/s i 2022. I 2022 var det en svært anstrengte kraftforsyningssituasjon i Sør-Norge og kraftselskapene ble oppfordret av myndighetene til å redusere tapping fra vannkraftmagasinene for å bidra til forsyningssikkerheten utover høsten og vinteren. Dette er nok

årsaken til at det ble så mange perioder med vannføringer under 20 m³/s og at laveste timesvannføring ble så lav dette året.

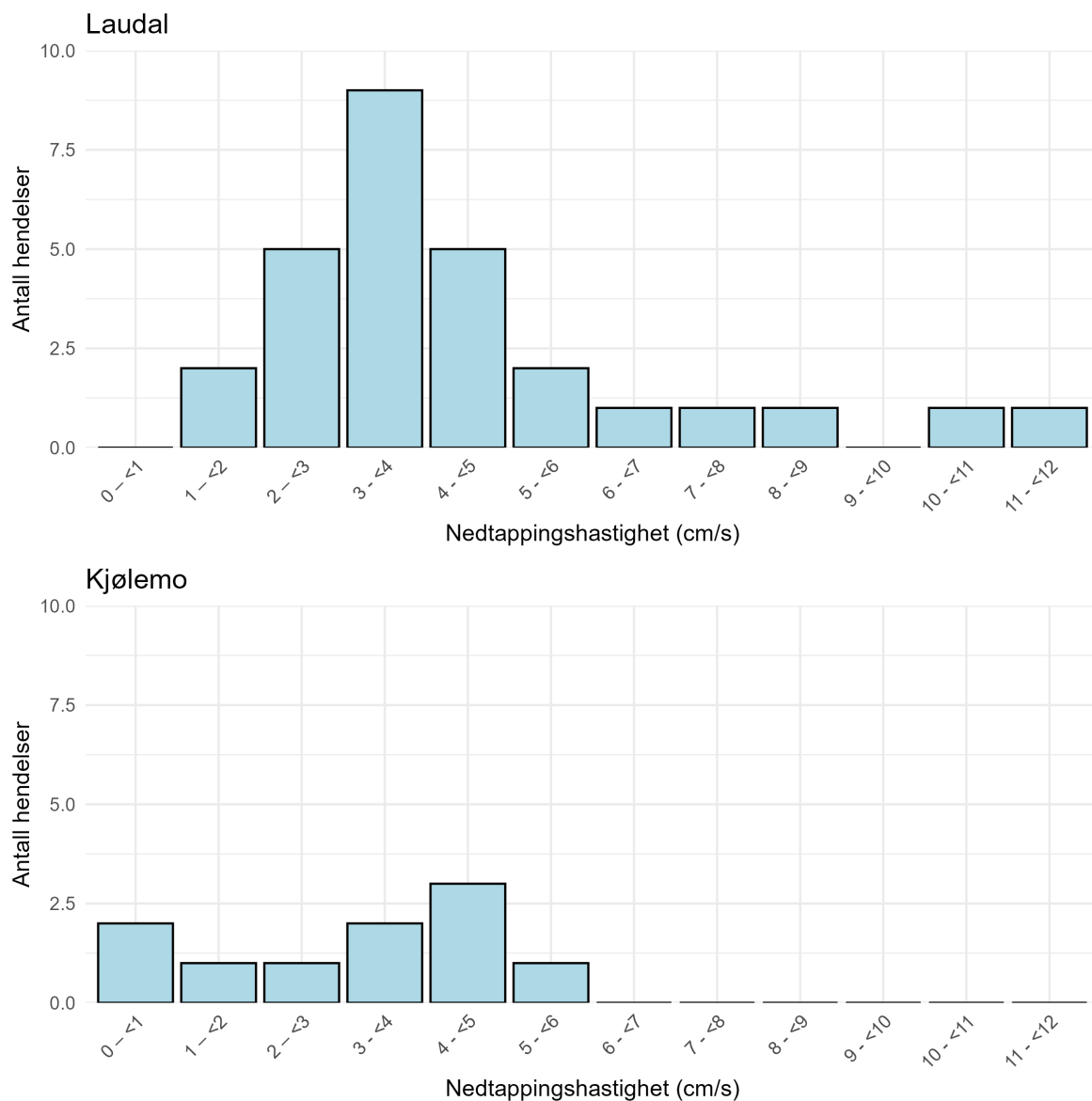
For at laks- og sjøørretunger skal strande må vannstanden synke så raskt at fisken ikke rekker å svømme unna til dypere områder. I Norge har det basert på eksperimentelle strandingsforsøk blitt etablert en tommelfingerregel som sier at stranding særlig oppstår når vannstanden i en nedtappingsepisode synker raskere enn 13 cm per time og at strandingsrisikoen er liten ved senkingshastigheter lavere enn 5 cm per time (Bakken mfl. 2016, 2021). Ved lave senkingshastigheter er det primært årsyngel som strander, mens ved høye hastigheter (over 13 cm per time) kan ungfisk av alle størrelser strande. Bestandseffektene er mindre når årsyngel strander, særlig for episoder som oppstår kort tid etter at yngelen har kommet opp av grusen, på grunn av sterk tetthetsregulering på dette stadiet (Hedger mfl. 2017).

For å vurdere om stranding har vært et vesentlig problem nedstrøms Laudal har vi sett på de episodene der vannføringen har kommet under 20 m³/s under nedtapping ved Laudal og Kjølemo målestasjoner (avvik fra restriksjon 4 i tabell 6 og 7). For begge disse stasjonene har vi timesverdier for vannstand og kan beregne senkingshastighetene ut fra vannstand ved start og slutt av nedtappingene. Vi fant ingen tilfeller der senkingshastighetene var større enn 13 cm per time og vanligste nedtappingshastighet var 3-4 cm/t ved Laudal og 4-5 cm/t ved Kjølemo (**figur 23**). Den raskeste nedtappingshastigheten var på 11,3 cm/t og oppsto ved Laudal målestasjon om formiddagen den 10. februar 2018 da vannføringen sank til 17,7 m³/s. Det er sannsynlig at det kan ha vært stranding i området nedstrøms kraftversutløpet under denne episoden. Dette kan også gjelde en episode i juli 2019, da senkingshastigheten var 10,4 cm/t. Stranding er imidlertid mindre sannsynlig om sommeren enn i dagslys om vinteren (Bakken mfl. 2021). Høyeste senkingshastighet ved Kjølemo målestasjon var 5,3 cm/t i august 2014, og forskjellene mellom de to stasjonene illustrerer den naturlige dempingen av nedtappingsbølgen nedover i vassdraget. I nedre deler av strekningen er derfor trolig stranding et minimalt problem.

Denne analysen er basert på senkingshastigheter ved to målestasjoner – Laudal rett nedstrøms kraftversutløpet og Kjølemo langt nede i vassdraget. Senkingshastigheten er avhengig av elveprofilen på stedet (bredde og form), og spørsmålet blir hvor representative stasjonene er for elvestrekningen som helhet. I en vitenskapelig artikkel har Hedger mfl. (2017) brukt denne strekningen i en modelleringsstudie av bestandseffekter av ulike strandingsbelastninger. I denne studien ble hele strekningen delt inn i ulike profiltyper. Laudal målestasjon ser ut til å ligge i et område med en V-form, mens nedstrøms områder er dominert av en kombinasjon av U og V-former. U-formede elveprofiler kan gi høyere tørrleggingsareal når vannføringen blir spesielt lav (under 20 m³/s). Dette kan tilsi at strandingsfaren er høyere i deler av nedstrøms områder enn det vi har vurdert basert på målingene fra Laudal. Samtidig er det imidlertid slik at senkingshastighetene relativt raskt reduseres nedstrøms målestasjonen som ligger rett nedstrøms kraftversutløpet.

Vi konkluderer derfor at stranding av laks- og ørretunger er et lite problem med minimale bestandseffekter for strekningen nedstrøms utløpet av Laudal kraftverk. Til tross for at forslaget til restriksjoner for variabel kraftversdrift og nedtappingshastigheter så langt ikke har blitt lagt inn i driftsinstruks for Laudal kraftverk så fant vi at det var få hendelser som kan ha medført stranding av ungfisk i Mandalselva nedstrøms utløpet, og det er en tendens til at raske fluktuasjoner i vannføring (restriksjon 1) har blitt sjeldnere etter at 2021 reglementet ble innført. Fra kraftselskapet har vi opplyst at dette trolig skyldes enklere manøvrering i 2021 reglementet, inklusive at fredagsstansen i kraftverket ble fjernet, og økt bevissthet om mulige skadevirkninger. I tillegg er finnes det allerede instruksjoner om å unngå vannføringer under 20 m³/s og for maksimal hastighet for nedregulering i kraftverket som skal hindre for raske vannstandsendringer. Imidlertid var det en god del episoder der vannføringen i relativt korte perioder har kommet under 20 m³/s, og dette er episoder vi anbefaler at unngås om man skal opprettholde den fordelene Mandalselva har som regulert vassdrag ved at vannføringen selv i tørre år holdes høyere enn den ville ha vært i uregulert tilstand.

For å klargjøre og forenkle restriksjon 1 foreslår vi basert på temperaturdata fra Kjølamo for årene 2013 til 2024 at den sårbare seksukers perioden defineres som en fast periode fra 18. mai til 29. juni.



Figur 23. Frekvensfordeling av nedtapping-/senkingshastighet (cm/t) for nedtappingsforløp der vannføringen endte under $20 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Laudal (øvre figur) og Kjølamo (nedre figur) målestasjoner.

2.6.2 Bjelland kraftverk

Forseth mfl. (2020) konkluderte at det i hovedsak er vannføringer under 15-20 m³/s som gir særlig tørrlagte arealer langs elvebreddene og at drift på høyere vannføringer i mindre grad gir strandingsfare eller andre negative effekter for ungfisken på strekningen nedstrøms utløpet av Bjelland kraftverk. Med mål om å redusere stranding og andre negative effekter av ordinær drift av kraftverket ble følgende driftsstrategi foreslått:

Vannføringsreduksjon fra utløpet av Bjelland kraftverk	Driftssituasjon	Tiltak i Bjelland kraftverk
80-45 m ³ /s	Normal drift	Ingen restriksjoner
1: fra 45 til 30 m ³ /s	Normal drift	Opp- og nedtappinger på mer enn 10-15 m ³ /s pr. time bør begrenses i de seks ukene etter at vanntemperaturen har passert 6° C om våren. Reduksjon bør skje med maksimalt 10 m ³ /s pr. time.
2: fra 30 til 20 m ³ /s	Normal drift	Reduksjon bør ta minst 2 timer
3: fra 20 til 15 m ³ /s	Planlagt stans	Reduksjon bør ta minst 2 timer
4: fra 15 til 10 m ³ /s	Planlagt stans	Reduksjon bør ta minst 2 timer
5: Vannstandsreduksjoner under 10 m ³ /s		Bør unngås.

Dette forslaget ble i 2020 lagt inn i kraftverkets driftsinstruks.

Basert på vannføringsdata fra kraftverket og målestasjonen Sundet i minstevannstrekningen har vi sett på timesverdier for vannføringene nedstrøms utløpet av Bjelland kraftverk. Summen av driftsvannføringen i kraftverket og målt vannføring ved Sundet skal gi en god representasjon av vannføringen nedstrøms kraftverket.

Som for Laudal kraftverk var det for restriksjon 1 (opp- og nedkjøring i sårbar periode) at det var flest avvik fra anbefalt kjøring, og dette er restriksjonen som har minst effekt på ungfiskproduksjonen i området (**tabell 8**). Det var 15 slike avvik i 2018, generelt få eller ingen i de andre årene, men det har vært noen avvik også etter at restriksjonen ble innført. For de andre restriksjonene har det ikke vært noen avvik etter 2014. Analysene er basert på data ved kraftverksutløpet og som for strekningen nedsøms Laudal vil alle endringer i vannføring dempes nedover strekningen mot utløpet i Manflåvann. Driften av Bjelland kraftverk skal derfor i svært liten grad gi strandings-episoder eller raske vannstadsendringer av betydning for ungfiskproduksjonen på strekning fra utløpet av kraftverket ned til utløpet i Manflåvann. Det er potensial for forbedringer for restriksjon 1, som anbefaler at både opptrappinger og nedtrappinger større enn 10-15 m³/s bør begrenset i den viktigste vekstperioden for laksungene. For å klargjøre og forenkle denne restriksjonen foreslår vi at den sårbare perioden på samme måte som for Laudal kraftverk defineres som en fast periode 18. mai til 29. juni

Tabell 8. Antall avvik per år fra de fem restriksjonene innført etter anbefaling fra miljødesignprosjekt (se ovenfor) basert på sum av timesdata fra Sundet målestasjon og vannføring gjennom Bjelland kraftverk. For restriksjon 5 er det antall timer med vannføringer under 10 m³/s som er gitt.

	1	2	3	4	5, timer
2013*	4	2	2	0	0
2014	2	3	2	1	1
2015	2	0	0	0	0
2016	1	0	0	0	0
2017	2	0	0	0	0
2018	13	0	0	0	0
2019	2	0	0	0	0
2020	2	0	0	0	0
2021	3	0	0	0	0
2022	0	0	0	0	0
2023	0	0	0	0	0
2024	2	0	0	0	0

*Dataserien i 2013 starter 15. april.

2.7 Sykdom

2.7.1 Saprolegniose

Etter lokale observasjoner av død og soppbefengt gytefisk og tilsvarende observasjoner under gytefisktellinger på minstevannstrekningen og lengre nede i Mandalselva (Haraldstad mfl. 2022) ble det høsten 2022 tatt prøver som ble analysert hos Veterinærinstituttet. Det ble påvist at fisken var infisert av eggsporesoppen *Saprolegnia parasitica* som kan gi sykdommen saprolegniose. Det har vært rapportert om spredte utbrudd med til dels betydelig dødelighet i flere vassdrag over mange år (Johnsen & Ugedal 2001) og det ble dokumentert lignende utbrudd i Songdalselva i Agder (2021 og 2022), og i vassdrag i Rogaland og Trøndelag i 2022 (Veterinærinstituttet). Parasitten finnes trolig i mange vassdrag og det er usikkert hva det er som utløser sykdom, men stress, andre sykdommer eller miljøfaktorer er mulige forklaringer (oppsummert i Johnsen & Ugedal 2001).

Selv om det under gytefisktellingsene på minstevannstrekningen høsten 2022 ble funnet 23 døde gytefisk og anslått at 80-90 % av den levende gytefisk hadde soppangrep, vurderte NORCE LFI Bergen (Haraldstad mfl. 2022) at dødeligheten av gytefisk høsten 2022 ikke hadde vesentlig betydning for rekrutteringen dette året. Tettheten av årsyngel under elfiske høsten 2023 støtter denne vurderingen, med tettheter innenfor det normale. I gytefisktellingsene i 2023 ble det observert få laks med soppangrep (17 av 143 laks, tilsvarende 12 %) og det ble bare observert en død og en døende hunnlaks med sopp. Dette viser at selv om det kan ha vært saprolegniose også i 2023, så var utbruddet betydelig mindre. Selv om saprolegniose ikke nødvendigvis påvirker rekrutteringen negativt vil ekstra dødelighet hos gytefisk kunne redusere mengden flergangsgytere i vassdraget.

Det kan ut fra generell kunnskap ikke utelukkes at gytefisk på minstevannstrekningen er mer utsatt for saprolegniose enn fisk lengre nede i Mandalselva, men det kan også være andre stressfaktorer (vannkjemiske, fiske og fang og slipp) som bidrar og den generelle klimautviklingen med tørre og varme somre kan være viktige utløsende faktorer. De rapporterte utbruddene av denne sykdommen kommer fra både uregulerte og regulerte vassdrag, i ulike deler av landet, men særlig i Sør-Norge (Johnsen & Ugedal 2001 og meldinger fra Veterinærinstituttet i senere år). Etter vår vurdering er det usannsynlig at forskjellene i vannslipp mellom 2013 og 2021 reglementene er store nok til å ha bidratt til økt risiko for sykdomsutbrudd.

2.7.2 Proliferativ nyresyke PKD

Sommeren 2023 ble det på gytefisk i Mandalselva Villakssenter gjort funn som antydde forekomst av parasitten *Tetracapsuloides bryosalmonae* (et slimsporedyr, i slekt med nesledyr) som kan gi sykdommen proliferativ nyresyke (PKD). Dette er en sykdom som kan gi betydelig dødelighet på ungfisk av både laks og ørret, og særlig årsyngel (Sterud mfl. 2007). Med bakgrunn i de overraskende lave årsyngeltetthetene på minstevannstrekningen ble det bestemt at det i forbindelse med elektrisk fiske høsten 2023 skulle samles inn prøver for å undersøke forekomst av parasitten (genetiske analyser) og eventuell sykdom (histologiske undersøkelser). Det ble totalt tatt 50 prøver (av ettårige lakseunger) fra fem stasjoner på minstevannstrekninger, tre stasjoner nedstrøms Laudal (stasjoner som brukes i kalkingsovervåkingen) samt i sidebekkene Høyeåna (utløp ved Øyslebø) og Lågåna (utløp ved Laudal). Prøvene ble sendt til Veterinærinstituttet for analyser.

Ved hjelp av genetiske analyser påviste Veterinærinstituttet PKD-parasitten i 21 av de 50 fiskene. Syv av fiskene med parasitter var fanget i minstevannstrekningen, 11 fisk på stasjoner i Mandalselva nedstrøms Laudal (ned til nedstrøms Øyslebø, ned for juvet), to fisk fra Lågåna og en fisk fra Høyeåna. Dette viser at parasitten trolig forekommer i alle fall i hele vassdraget nedstrøms Manflåvann. I de histologiske undersøkelsene ser man etter PKX celler som er en indikasjon på PKD samt at man ser etter vevsforandringer i nyret som er forenelige med sykdommen. I fem av fiskene ble det påvist PKX-celler og i tre var det mistanke om slike celler. Disse fiskene hadde også forandringer i nyret som er forenelig med sykdom. Fiskene kom fra to stasjoner i hovedelva og fra Høyeåna. I minstevannstrekningen var det en fisk som hadde mulige forandringer i nyret forenelig med sykdom. I mange av fiskene ble det observert slimsporedyr, men dette trenger ikke å være PKD parasitten. Veterinærinstituttet undersøker nå dette nærmere ved hjelp av andre metoder.

Konklusjonen er at PKD parasitten finnes i vassdraget og at i alle fall nedstrøms Laudal var det ungfisk som hadde eller hadde hatt sykdommen i 2023. I minstevannstrekningen var det en fisk med indikasjoner på sykdom. Basert på de omfattende undersøkelsene i Åbjøra (Sterud mfl. 2007) og andre studier (for eksempel Tops mfl. 2006) er det sannsynlig at et eventuelt større sykdomsutbrudd oppstår i løpet av sommeren (vanntemperaturer over 15 °C er ansett som nedre grense for utbrudd; Sterud mfl. 2007 og referanser i denne) og slik sett var tidspunkt for prøvetaking ikke ideelt. Selv om det ikke kan dokumenteres, er det mulig at de overraskende lave tetthetene av årsyngel på minstevannstrekningen i 2022 kan ha oppstått på grunn av et utbrudd av PKD og høy dødelighet hos årsyngel dette året.

PKD parasitten har mosdyr (små dyr som lever i kolonier) som hovedvert. Fra mosdyrene produseres sporer som spres gjennom vannet og kan infisere fisk. Faren for sykdom er derfor avhengig av forekomst av mosdyr, om disse er infisert og når de slipper ut parasittsporer. Parasitten kan spres mellom vassdrag via hvile- eller spredningsstadiet til mosdyr (stratoblaste) som kan spres for eksempel med fjærdrakten til vannfugler. Vi kjenner ikke til at det er gjort noen kartlegging av mosdyr i Mandalsvassdraget, men flere av artene foretrekker stilleflytende deler av elver, som det finnes mye av i Mandalselva. Utløpet av Manflåvann kan være en mulig lokalitet for mosdyr, men dyra kan forekomme i mange deler av vassdraget.

Etter påvisning av stor dødelighet på grunn av PKD i Åbjøra sør i Nordland (Sterud mfl. 2007) har det blitt gjennomført flere undersøkelser om forekomst av PKD-parasitten i vassdrag i Norge (blant annet Forseth mfl. 2007; Mo & Jørgensen 2017). Disse viser at parasitten forekommer i vassdrag i hele Norge, og ble også funnet med høy forekomst (prevalens) hos laks i flere av de store elvene i Agder (Mo & Jørgensen 2017). Mo & Jørgensen (2017) påviste i 2008 også parasitten i en av 54 laksunger og 14 av 20 ørretunger fra Mandalselva. Påvisningen av parasitten i fisk fra Mandalselva i 2023 er altså ikke den første påvisningen av parasitten i vassdraget.

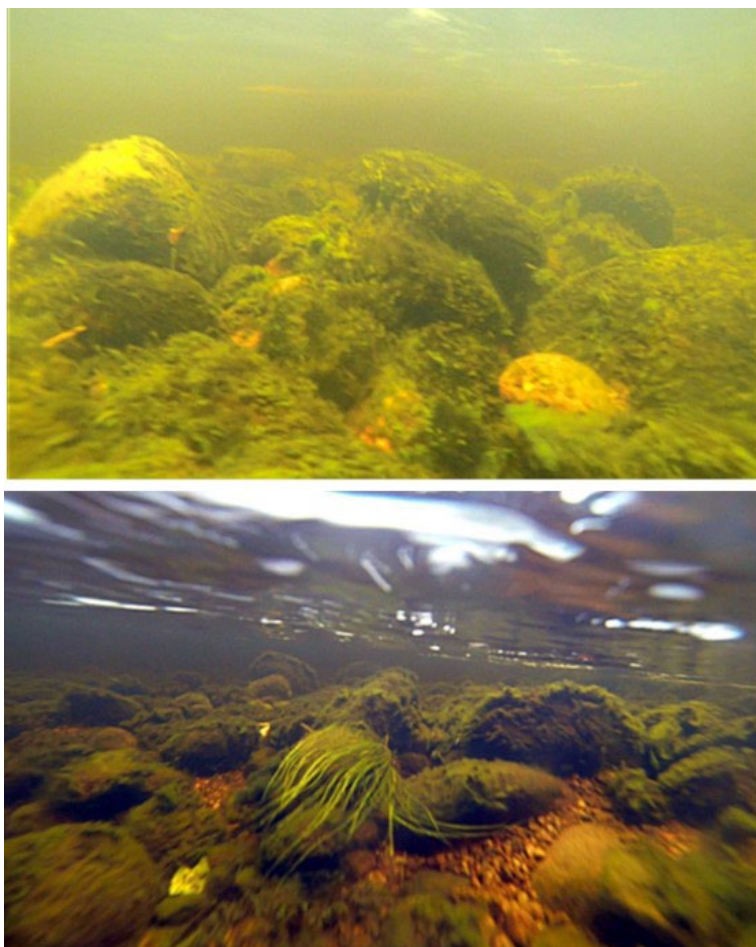
Selv om det ikke kan utelukkes at lav vannføring på minstevannstrekningen kan øke konsentrasjonen av parasittsporer og dermed smitterisikoen for PKD parasitten, så gir mønsteret for mulig

sykdom i 2023 (nesten all fisk med flere tegn til sykdom ble fanget nedstrøms Laudal eller i sidebekker) ikke støtte for denne muligheten. I Mandalselva, både før og etter regulering, og i de aller fleste vassdrag på Sørlandet er vanntemperaturene om sommeren godt over nedre grense (vanntemperaturer på 15 °C) for utbrudd. Temperaturen i minstevannstrekningen er styrt av temperaturen i overflatevannet i Manflåvann. Oppvarmingen på den korte stekningen ned til Kleveland vil være liten og små forskjeller i sommervannføring vil ha svært liten effekt på vanntemperaturen. Det er mulig at det er variasjon i mengde mosdyr mellom år (dette er dyr som er sterkt påvirket av isganger, flom og tørke) som gjør at det kan bli sykdomsutbrudd ett år og ikke et annet.

Etter vår vurdering vil PKD utbrudd være et fenomen som man bare må forholde seg til, og som kan bidra til å forklare variasjoner i rekruttering mellom år. Det finnes ikke akseptable tiltak som kan gjennomføres for å redusere risikoen for i Mandalselva eller i andre vassdrag på Sørlandet.

2.8 Begroing på minstevannstrekningen

I løpet av 2023 kom det inn flere meldinger fra fiskere om at det var sterk begroing på minstevannstrekningen som påvirket fisket negativt, og at begroingen var sterkere enn lengre nede i elva. Som respons på dette bestilte Å Energi en undersøkelse av strekningen fra Terrateknikk AS med mål om å avklare i hvilken grad strekningen er utsatt for begroing og/eller gjenauring av elvebunnen (Kviljo 2023). Det ble gjennomført en befaring (vading og noe graving i substrat) på utvalgte deler av strekningen 21. oktober 2023. Det ble rapportert om begroing med moser og alger på det meste av hard bunnen (berg og stabile steiner), og en mørk og glatt elvebunn. Det ble ikke observert at finmateriale fyller igjen de viktige hulrommene i bunnssubstratet. Forholdene ble dokumentert med bilder (**figur 24**).



Figur 24. To av bildene tatt av Tor Kviljo som viser eksempler på begroing på minstevannstrekningen i september 2023. Fra Kviljo 2023.

Vi har vurdert disse og de andre bildene i rapporten og konferert med kollegaer som arbeider med lignende problemstillinger. Etter vår vurdering er dette normal begroing som vil være positivt for bunndyrproduksjon og dermed for fiskeproduksjonen på strekningen. Fra gytefisktellingerne i 2023 rapporterer NORCE LFI Bergen at alle kjente gyteplasser var i bruk med omfattende graving i substratet og det er derfor ikke noe som tyder på at begroingen er til hinder for gyting.

Vekst av moser og alger er i tillegg til mengden næringsstoffer sterkt påvirket av lys, og den lavere vannføringen på minstevannstrekningen kan bidra til større begroing her enn lengre nede. Det er imidlertid fortsatt betydelige flommer årlig på strekningen (med vannføringer fra 150 til over 400 m³/s, se også **figur 13**) som vil renske strekningen og det vil være en balanse mellom begroing ved stabile vannføringsforhold og rensk ved flommer. Det er derfor å forvente at begroingen vil variere fra år til år og gjennom året.

Med utgangspunkt i beskrivelsene og bildene i rapporten fra Tor Kviljo er det vår vurdering at begroingen på strekningen er positivt for fiskeproduksjonen og at begroingen primært påvirker fiskemulighetene ved at det er vanskeligere å vade og at alger kan feste seg på redskap.

3 Vurdering av måloppnåelse for tiltak og evaluering av manøvreringsreglement

Formålet med de årlige undersøkelsene fra 2019 og utover har vært å dokumentere effekten av tiltakene som har blitt gjennomført i regi av Miljødesignprosjektet og andre prosjekter (habitattiltak på minstevannstrekningen og tiltak for å redusere innvandringen av smolt i Laudal kraftverk), samt i en femårsperiode å vurdere effekten av det nye prøvereglementet som ble innført fra våren 2021. 2021 reglementet innebar endret vannslipp på minstevannstrekningen fra Dam Manflå til utløp Laudal kraftverk, nye prosedyrer for slipp av vann for å sikre at smolt vandrer forbi inntaket til Laudal kraftverk og at kraftverket ikke lengre stoppes en gang i uka som ble innført i 2013 reglementet for å bedre innvandringen av voksenlaks til minstevannstrekningen.

Hovedfunnene kan oppsummeres slik:

- Selv om det har vært flere hendelser som har påvirket fiskeproduksjonen på minstevannstrekningen etter habitattiltakene (storflom og sykdomsutbrudd) viser kartleggingen så langt at produksjonen har økt og at det er sannsynlig at smoltproduksjonen i samsvar med målet har blitt doblet.
- Modellen som predikerer start og varighet av vannslipp for å sikre at smolt ikke vandrer inn i Laudal kraftverk har fungert godt og ser ut til å forutsi smoltutvandringen på en god måte. Tre år med validering mot videoobservasjoner viser godt samsvar mellom prediksjoner og observasjoner.
- Det nye slippregimet for smolt ved Laudal kraftverk medførte 21 dagers slipp for årene 2021 til 2023 og 28 dagers slipp i 2024 og 2025. Med den omfattende kunnskapen vi nå har om smoltutvandringen i Mandalselva er det opplagt at disse slippene har gitt bedre resultat for nedvandring forbi inntaket enn 2013 reglementet med 14 dagers slipp. Modellmessige sammenligninger av 2013 og 2021 reglementene viste at 70 til 85 % av smolten kan vandre forbi under det nye reglementet mens bare i gjennomsnitt en tredjedel kan ha vandret forbi under 2013 reglementet. Selv om estimatene av forbyvandring skal tolkes med forsiktighet, forsterker denne sammenligningen konklusjonen om at 2021 reglementet er betydelig bedre for nedvandring av smolt.
- Ledegjerdet som ble installert oppstrøms inntaket til Laudal kraftverk våren 2021 bidrar vesentlig til at færre smolt vandrer inn kraftverket. Med gjennomført utfylling og planlagt forlenging av grindene i ledegjerdet i 2026 forventes det en ytterligere forbedring. Det er overveiende sannsynlig at de samlede tiltakene ved Laudal vil gjøre at mønsterpraksismålet med minst 90 % overlevelse for nedvandrende smolt vil bli nådd.
- Overvåking av oppvandring av gytefisk gjennom luka i Dam Manflå og vurderinger av fangster på minstevannstrekningen og strekningen nedstrøms viser svært jevn oppvandring til, og gjennom minstevannstrekningen. Det er ingen tegn til at fjerning av ukentlig stans i Laudal kraftverk og endret minstevannbestemmelse gjennom sommeren har påvirket vandringen inn i og gjennom minstevannstrekningen på en måte som har betydning for fiskens oppvandring til de øvre delene av vassdraget.
- Fra en situasjon uten laksefiske på minstevannstrekningen før 2017, har fisket på strekningen blitt betydelig med årlige fangster på mellom 179 og 1123 kg, og fangstene har i perioden 2017 til 2025 i gjennomsnitt utgjort nesten 7 % av totalfangstene i vassdraget. Fangstene har blitt markant redusert etter 2022, men dette er et resultat av en kombinasjon av redusert innsig av laks til Mandalselva og regionen for øvrig, og innførte restriksjoner på fiske. Andelen av totalfangsten tatt i minstevannstrekningen har ikke endret seg.
- Endringer i vannslipp i 2021 reglementet med faste slipp i stedet for gradert slipp med mer variasjon har bare i liten grad påvirket fisket og reduserte fangster i senere år er knyttet til redusert innsig av laks og strengere fiskeregler.
- Stranding av laks- og ørretunger er et lite problem med minimale bestandseffekter både for strekningen nedstrøms utløpet av Laudal kraftverk og Bjelland kraftverk. Innførte

restriksjoner (Bjelland) og enklere manøvrering (Laudal) har gjort at det er svært få potensielle strandingsepisoder.

Når det gjelder det midlertidige 2021 reglementet for Laudal kraftverk for perioden 2021 til 2025 kan det konkluderes at det nye vannføringsregimet er betydelig bedre for utvandring av smolt enn det forrige og at det ikke er dårligere for oppvandringen av voksenfisk eller ungfiskproduksjonen på minstevannstrekningen. Modellverktøyet for å forutsi smoltutvandringens start og varighet og dermed varigheten av smoltslippene framstår solid og er en bedre tilnærming enn slipp basert på fangster i et smolthjul slik det var i det forrige reglementet. Driftspersonell hos Å energi vannkraft beskriver 2021 reglementet som enklere å manøvrere etter og dette har redusert forekomst av vannføringsendringer som kan påvirke fiskebestandene negativt.

4 Referanser

- Bakken, T. H., Forseth, T. & Harby, A. (red.). 2016. Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. - NINA Temahefte 62. Norsk institutt for naturforskning.
- Bakken, T.H., Harby, A., Forseth, T., Ugedal, O., Sauterleute, J.F, Halleraker, J.H. & Alfredsen, K. 2023. Classification of hydropeaking impacts on Atlantic salmon populations in regulated rivers. *River Research and Applications*: 39, 313-325. DOI: 10.1002/rra.3917.
- Breukelaar, A. W., Ingendahl, D., Vriese, F. T., de Laak, G., Staas, S., & Klein Breteler, J. G. P. 2009. Route choices, migration speeds and daily migration activity of European silver eels *Anguilla anguilla* in the River Rhine, northwest Europe. *Journal of Fish Biology* 74: 2139–2157. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2009.02293.x
- Brujjs, M., & Durif, C. 2009. Silver eel migration and behaviour. I: G. Van den Thillart, S. Dufour & J. C. Rankin (Eds.), *Spawning migration of the European eel*. Fish and fisheries, 30. (pp. 65–95). Dordrecht: Springer Science + Business Media BV.
- Cullen, P., & McCarthy, T. K. 2003. Hydrometric and meteorological factors affecting the seaward migration of silver eels (*Anguilla anguilla*, L.) in the lower River Shannon. *Environmental Biology of Fishes* 67: 349–357.
- Cunjak, R.A., Prowse, T.D. & Parrich, D.L. 1998. Atlantic salmon (*Salmo salar*) in winter: 'The season of parr discontent'? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 55 (Suppl. 1): 161-180. Doi: 10.1139/d98-008
- Deelder, C. L. 1984. Synopsis of biological data on the eel *Anguilla Anguilla* (Linnaeus, 1758). FAO Fisheries Synopsis no. 80, revision 1: 1-73. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Fjeldstad, H-P., Forseth, T., Gabrielsen, S.E., Skår, B. & Sauterleute, J. 2017. Miljøtilpasset drift av Bjelland kraftverk. SINTEF Rapport TR A7605.
- Forseth T., Jørgensen A. & Mo T.A. 2007. Pilotkartlegging av PKD i norske laksevasdrag. NINA Rapport 259. Norsk institutt for naturforskning.
- Forseth, T. & Forsgren, E. (red.) 2008. El-fiskemetodikk – Gamle problemer og nye utfordringer. - NINA Rapport 488. Norsk institutt for naturforskning.
- Forseth, T., Fjeldstad, H-P., Gabrielsen, S.E., Skår, B., Lamberg, A., Hedger, R.D., Kvingedal, E. & Havn, T.B. 2020. Miljødesign Mandalselva. Samlet tiltaksplan og oppsummering. NINA rapport 1691. Norsk institutt for naturforskning.
- Frost, W. 1950. The eel fisheries of the River Bann, Northern Ireland, and observations on the age of the silver eels. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* 16 : 358–383.
- Haraldstad, T., Johansen, K., Isaksen, T.E. & Gabrielsen, S-E. 2022. Undersøkelser av fiskedød i Mandalselva høsten 2022. Upublisert notat av 31/11 2022
- Haraldstad, Ø., Vøllestad, L. A., & Jonsson, B. 1985. Descent of European silver eels, *Anguilla anguilla* L., in a Norwegian watercourse. *Journal of Fish Biology* 26: 37–41.
- Haro, A. 2003. Downstream migration of silver-phase anguillid eels. I: K. Aida, K. Tsukamoto, & K. Yamauchi (Eds.), *Eel Biology* (pp. 215–222). Tokyo: Springer-Verlag.
- Hedger, R.D., Sauterlaute, J.F., Sundt-Hansen, L.E.B., Forseth, T., Ugedal, O., Diserud, O.H. & Bakken, T.H. 2018. Modelling the effect of hydropeaking induced stranding mortality on Atlantic salmon population abundance. *Ecohydrology*: 11. <https://doi.org/10.1002/eco.1960>
- Holmqvist, E. & Engeland, K. 2018. Flomberegning for Mandalselva. Revisjon av rapport 19-2003. NVE Rapport 15-2018.
- Johnsen, B.O. & Ugedal, O. 2001. Soppinfeksjoner (*Saprolegnia* spp) på laksefisk i Norge – statusrapport. NINA Oppdragsmelding 716. Norsk institutt for naturforskning.

- Kjærås, H., Baktoft H., Silva, A.T., Gjelland, K.Ø., Økland, F., Mohammadreza, M., Albayrak, I., Lia, L., Boes, R.M. & Forseth, T. 2025. Full scale performance evaluation of a partial-depth floating fish guidance bar rack. *Ecological Engineering* 221: 107778. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107778>
- Kroglund, F., Gjelland, K.Ø., Gütterup, J., Haraldstad, T. & Hegeland, P.V 2013. Overvåking av ål i Storelva og evaluering av tiltak for nedvandring forbi Fosstveit kraftverk. Resultater fra undersøkelser i 2023. NIVA Rapport 6491-2013.
- Kroglund, F., Haraldstad, T., Gütterup, J., Hegeland, P.V. 2014. Evaluering av tiltak for nedvandrende blankål ved elvekraftverk. Resultater fra forsøk ved Fosstveit kraftverk, 2010- 2013. NIVA rapport 6722-2014.
- Kviljo, T. 2023. Undersøkelser av Mandalselva oppstrøms Laudal. Terrateknikk as, upublisert rapport av 061123
- Kvitvær, T. & Lamberg, A. 2022. Videoovervåking av oppvandrende laks og sjørret i utløpet av Mannflåvann i Mandalselva i 2021. SNA Notat 02/2022.
- Kvitvær, T. & Lamberg, A. 2023. Videoovervåking av oppvandrende laks og sjørret i utløpet av Mannflåvann i Mandalselva i 2022. SNA Notat 02/2022.
- Lamberg, A. & Økseberg, S. 2004. Kartlegging av oppvandrende laks i Haugefossen i Mandalselva i 2003. Rapport Lamberg Bio Marin Service & Øksenberg Biokonsult.
- Lowe, R. H. 1952. The influence of light and other factors on the seaward migration of the silver eel (*Anguilla anguilla* L.). *Journal of Animal Ecology*: 21, 275–309.
- Palstra, A.P., Guerrero, M.A., deLaak, G., Klein Breteler, J.G.G & van den Thillart, G.E.E.J.M. 2011. Temporal progression in migratory status and sexual maturation in European silver eels during downstream migration. *Fish Physiol. Biochem.* 37: 285-296.
- Sterud, E., Forseth, T., Ugedal, O., Poppe T.T., Jørgensen A., Bruheim, T., Fjeldstad, H-P. & Mo, T.A. 2007). Severe mortality in wild Atlantic salmon *Salmo salar* due to proliferative kidney disease (PKD) caused by *Tetracapsuloides bryosalmonae* (Myxozoa). *Diseases of Aquatic Organisms* 77: 191-198.
- Tops, S., Lockwood, W. & Okamura, B. 2006. Temperature-driven proliferation of *Tetracapsuloides bryosalmonae* in bryozoan hosts portend salmonid decline. *Dis. Aquat. Org.* 70: 227–236
- Ugedal, O., Larsen, B.M., Forseth, T. & Johnsen, B.O. 2006. Produksjonspotensial for laks i Mandalselva og vurdering av tap som følge av kraftutbygging. NINA Rapport 148. Norsk institutt for naturforskning.
- Vollset, K.W, Lennox, R.J., Lamberg, A., Skaala, Ø., Sandvik, A-D., Sægvog, H., Kvingedal, E., Kristensen, T., Jensen, A.J., Haraldstad, T., Barlaup, B.T. & Ugedal, O. 2021. Predicting the nationwide outmigration timing of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts along 12 degrees of latitude in Norway. *Diversity and Distributions* 27: 1383-1392
- VRL Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2025. Status for norske laksebestander i 2025. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 21.
- Wahli, T., Knuesel, R., Bernet, D., Segner, H., Pugovkin, D., Burkhardt Holm, P., Escher, M. & Schmidt-Posthaus, H. 2002. Proliferative kidney disease in Switzerland: Current state of knowledge. *Journal of Fish Diseases* 25: 491-500.

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

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

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

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-5553-0

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

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

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger