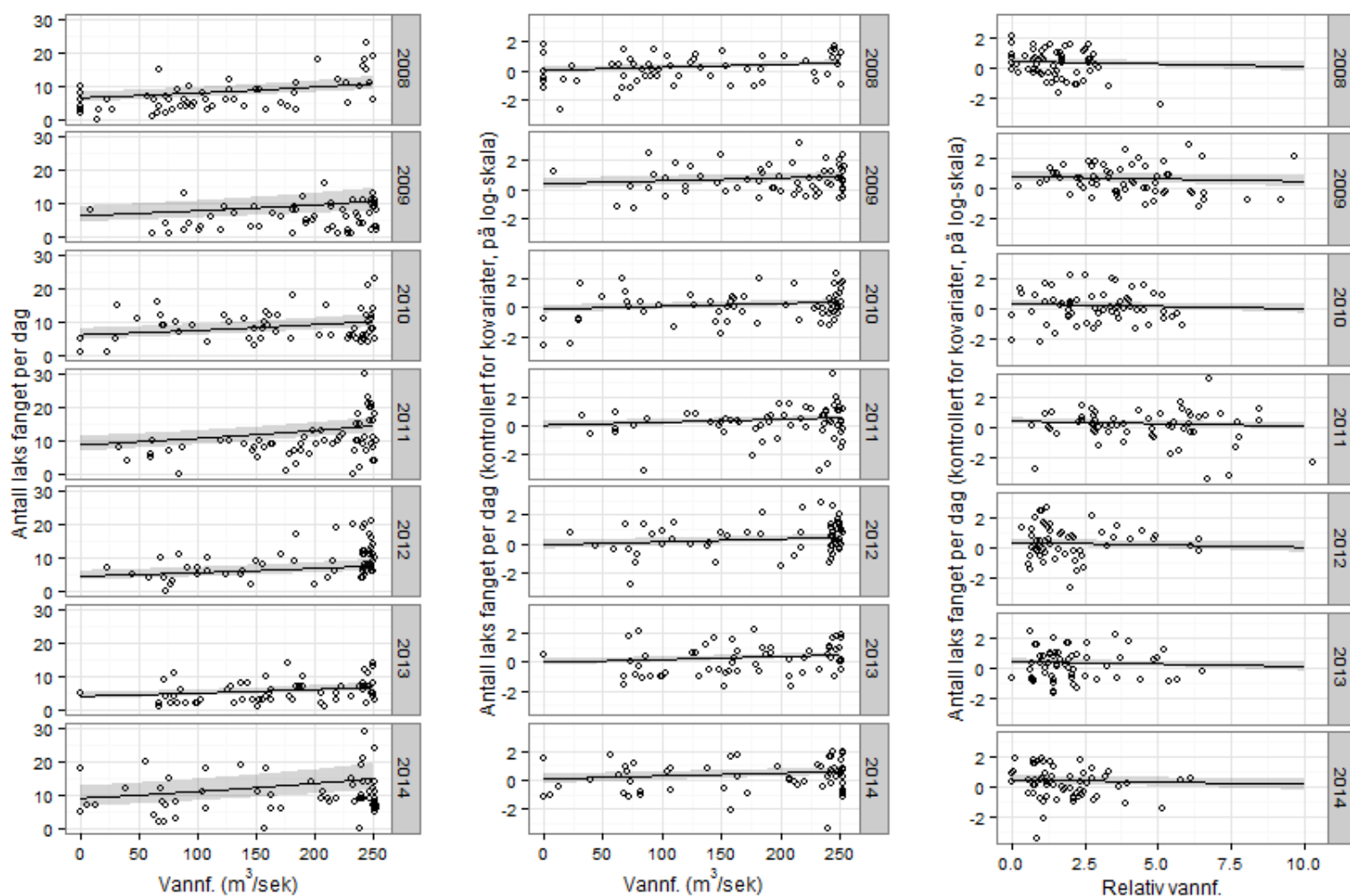


Vurdering av Langvatn kraftverk som et potensielt vandringshinder for laks og sjøaure i Ranaelva

Geir H. Bolstad og Ola Ugedal



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

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

NINA Temahefte

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

NINA Fakta

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

Annen publisering

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

Vurdering av Langvatn kraftverk som et potensielt vandringshinder for laks og sjøaure i Ranaelva

Geir H. Bolstad
Ola Ugedal

Bolstad, G. H. & Ugedal O. 2015. Vurdering av Langvatn kraftverk som et potensielt vandringshinder for laks og sjøaure i Ranaelva. NINA Rapport 1180. 28 s.

Trondheim, september 2014

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2808-4

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

Norunn S. Myklebust

KVALITETSSIKRET AV

Eva B. Thorstad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningsleder Ingeborg Palm Helland (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)

Statkraft Energi AS

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER

Sjur Gammelsrud

FORSIDEBILDE

Hovedresultat (Figur 10)

NØKKEWORD

Mo i Rana, Rana, Nordland, Ranaelva, Langvatn kraftverk, vandringshinder, laks, sjøaure, vassdragsregulering, fangststatistikk

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

Postboks 5685 Sluppen
7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00

NINA Tromsø

Framsenteret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00

NINA Lillehammer

Fakkelgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00

www.nina.no

Sammendrag

Bolstad, G. H. & Ugedal O. 2015. Vurdering av Langvatn kraftverk som et potensielt vandringshinder for laks og sjøaure i Ranaelva. NINA Rapport 1180. 28 s.

Langvatn kraftverk har utløp i munningsområdet til Ranaelva. Vannføringen gjennom dette kraftverket er ofte større enn i Ranaelva i perioden når anadrome laksefisk vandrer opp i elva. Kraftverket er derfor et potensielt vandringshinder for anadrome laksefisk, hvis fisken tiltrekkes vannføringen fra kraftverket og dermed forsinkes i oppvandringen i elva. Etter oppdrag fra Statkraft Energi AS har Norsk institutt for naturforskning (NINA) foretatt en statistisk analyse av fangststatistikk for å belyse dette spørsmålet. Det er i utgangspunktet vanskelig å avgjøre om og i hvor stor grad et potensielt vandringshinder påvirker oppvandringen til sjøvandrende laksefisk i et vassdrag ved bruk av fangststatistikk, men om produksjonsvannføringen til Langvatn kraftverk har hatt vesentlig betydning for oppvandringen av laks og sjøaure i Ranaelva forventet vi at dette også skulle påvirke fangstene i vassdraget.

I den statistiske analysen ble det tatt utgangspunkt i rapporterte daglige fangster av laks og sjøaure for årene 2008 - 2014. De statistiske modellene ble bygd rundt en generalisert additiv modell (GAM). Dette ble gjort for å kontrollere for tidsmessige endringer i fangst gjennom sesongen. Hovedvariablene, som var ulike mål på produksjonsvannføringen ved Langvatn kraftverk, ble modellert som lineære effekter på toppen av denne modellen. I tillegg inkluderte de statistiske modellene lineære tilleggsvariabler, for å kontrollere for andre faktorer som kunne tenkes å påvirke fangsten.

Denne analysen viser at produksjonsvannføringen til Langvatn kraftverk hadde en negativ effekt på dagsfangst av laks hvis vannføringen gjennom kraftverket var stor i forhold til vannføringen i elva. Dette kan tyde på at Langvatn kraftverk virker som et vandringshinder, i den forstand at det forsinkes oppvandringen av laks når det går mye vann gjennom kraftverket i forhold til i elva. Samtidig hadde mengden vann gjennom Langvatn kraftverk i dagene før en positiv effekt på dagsfangst av både laks og sjøaure, og påvirket slik sett sannsynligvis oppgangen av fisk i elva positivt. Vannføringen gjennom Langvatn kraftverk er ofte den dominerende kilden til ferskvannstilførsel innerst i Ranaelva, og det er derfor mulig at den positive sammenhengen mellom fangstene i elva og driften av kraftverket er et uttrykk for at oppvandringen i elva påvirkes positivt av generelt stor ferskvannstilførsel i munningsområdet. Den positive sammenhengen mellom fangster i elva og vannføring gjennom Langvatn kraftverk gjør at det synes lite sannsynlig at kraftverket er et vandringshinder som *vesentlig* forsinkes oppvandringen i elva. For å konkludere med sikkerhet på spørsmålet om Langvatn kraftverk påvirker vandringsmønsteret til laks og sjøaure anbefaler vi at andre metoder, som telemetri, tas i bruk.

I de siste årene er det gjennomført kortvarige stans av Langvatn kraftverk etter henvendelse fra Rana laksefiskeforening ved tre anledninger for å stimulere til oppgang av laks i elva. Disse tre stansene ser ikke ut til å ha hatt vesentlig betydning for fangstene av laks de påfølgende dagene.

Geir H. Bolstad og Ola Ugedal. Norsk institutt for naturforskning (NINA), Postboks 5686, Sluppen, NO-7485 Trondheim.

E-post: geir.bolstad@nina.no,

Innhold

Sammendrag	3
Innhold	4
Forord	5
1 Bakgrunn	6
2 Områdebeskrivelse	7
3 Materiale og metoder	10
3.1 Datagrunnlag	10
3.1.1 Fangster	10
3.1.2 Vannføring i fiskesesongen	12
3.1.3 Vanntemperatur	15
3.2 Statistiske analyser	16
4 Resultat	19
5 Diskusjon	24
6 Konklusjon	26
7 Referanser	27

Forord

Etter oppdrag fra Statkraft Energi AS har Norsk institutt for naturforskning (NINA) foretatt en statistisk analyse av fangststatistikken for Ranaelva med det formål og belyse om Langvatn kraftverk kan være et vandringshinder for laks og sjøaure i vassdraget. Statkraft skaffet til veie data for vannføring i Ranaelva og driftsvannføringer gjennom Langvatn kraftverk og Rana kraftverk. Sjur Gammelsrud har vært vår kontaktperson hos oppdragsgiveren. Ånund Kvambekk ved Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) skaffet til veie vanntemperaturmålinger fra målestasjonene ved Reinsfossen og i Rana kraftverk.

Alle involverte takkes for et godt samarbeid og sin deltakelse under gjennomføring av prosjektet.

Trondheim, september 2015

Geir H. Bolstad
Prosjektleder

1 Bakgrunn

I forbindelse med vilkårsrevisjon av Langvatn- og Ranareguleringene har Rana kommune tatt opp problemstillingen med at laks kan bli stående utenfor utløpet fra Langvatn kraftverk i lengre tid. Miljødirektoratet har fulgt opp saken med å kreve at Statkraft fremskaffer dokumentasjon på om:

- a) Langvatn kraftverk fungerer som et hinder – eventuelt forsinker – oppvandring av laks forbi utløpet av kraftverket
- b) dersom Langvatn kraftverk hinder oppvandring av laks, fungerer da stans av kraftverket etter henvendelse fra Rana laksefiskeforening tilfredsstillende (dvs. rask oppvandring av laks).

Statkraft har bedt om at disse problemstillingene vurderes gjennom å analysere fangstdata fra Ranaelva opp mot kjøring og stans av Langvatn kraftverk. I denne rapporten har vi gjennomført en statistisk analyse av slike fangstdata.

I utgangspunktet er det ved hjelp av fangststatistikk vanskelig å sikkert avgjøre om og i hvor stor grad et potensielt vandringshinder påvirker oppvandringen til sjøvandrende laksefisk i et vassdrag. Oppvandring av laks og sjøaure i elver er avhengig av tidspunkt på året og fysiske forhold i elva som vannføring, vanntemperatur og lysforhold (tid på døgnet) (Banks 1969, Jonsson, 1991, Thorstad mfl. 2008). Fangsten av anadrome fisk i et vassdraget vil være avhengig av om og hvor mye fisk som er tilstede der det fiskes. Laksen og sjøaurens oppvandringsmønster i elva og de fysiske forholdene som påvirker dette vil dermed også ha betydning for fangsten. Utøvelsen av fisket kan også direkte påvirkes av fysiske forhold som vannføring og vanntemperatur. I tillegg vil fangstinnsatsen og eventuelle begrensninger og reguleringer av denne (antall fiskere, personlige kvoter, døgnkvoter osv.) kunne ha stor betydning for fangsten.

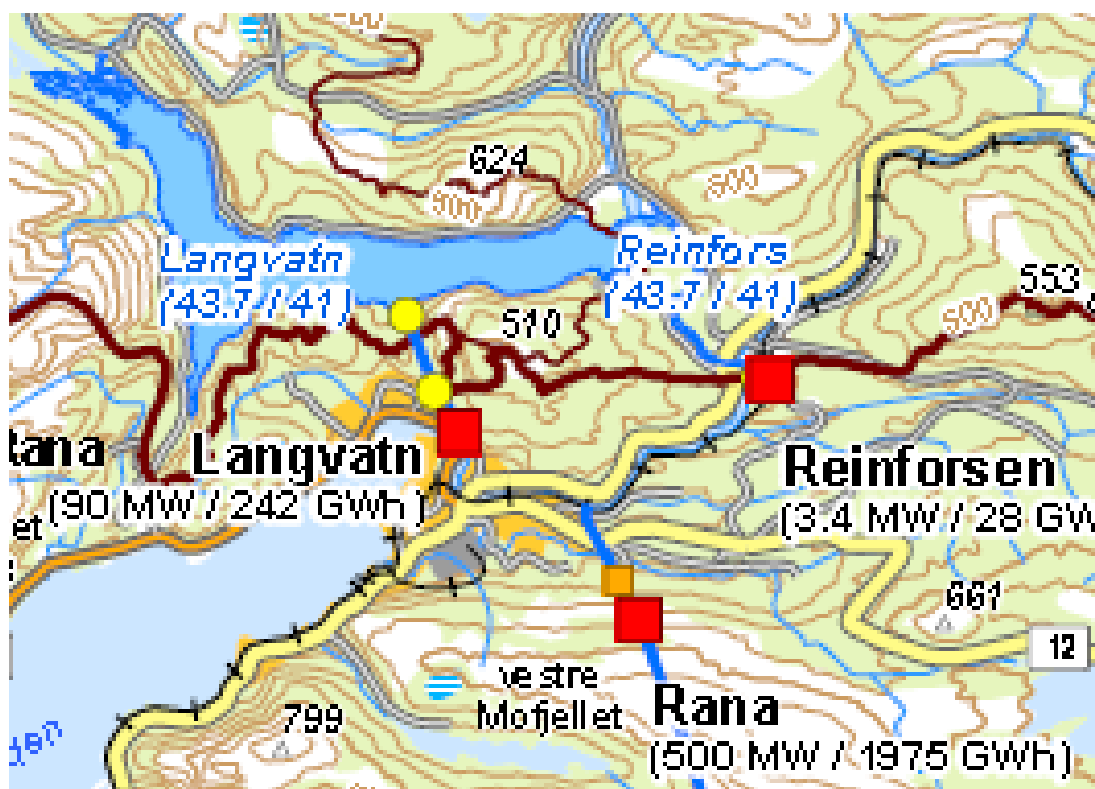
Ved bruk av statistisk analyse estimerte vi effekten av endringer i kraftproduksjon ved Langvatn kraftverk på antall fangede fisk samme dag og i dagene etter. Siden det er mange tilleggsfaktorer som kan påvirke antall fangede fisker inkluderte vi flere tilleggsvariabler i analysen. Noen av disse variablene (f. eks. tidspunkt på året) var svært ikke-lineære og ble analysert ved bruk av GAM (generalized additive model), mens de fleste ble tatt hensyn til med lineære effekter. Til sammen ble dette en komplisert modell som krever mye informasjon fra dataene for å kunne gi sikre svar.

Hvis produksjonen ved Langvatn kraftverk har hatt vesentlig betydning for oppvandringen av laks og sjøaure i Ranaelva forventet vi at dette også skulle gi utslag i fangstene i vassdraget slik at en statistisk analyse av hvordan fangstene varierer med produksjonen i kraftverket og andre relevante fysiske mål vil gi en pekepinn på om Langvatn kraftverk er et *vesentlig* vandringshinder for laks og sjøaure i elva. Ut fra resultatene fra de statistiske analysene av fangststatistikken gjennomførte vi en vurdering av om det er sannsynlig at driften av Langvatn kraftverk har påvirket oppgangen av anadrome fisk i Ranaelva.

2 Områdebeskrivelse

Ranaelva har utløp innerst i Ranfjorden i Nordland. Ranaelva er i dag lakseførende opp til Reinforsen, om lag 11 km fra munningen. Flo og fjære virker opp til Sjøforsen, om lag 2 km fra munningen, og elva er relativt flat opp til Kobbforsen (Fjeldstad 2015). Kobbforsen ligger om lag 10 km fra sjøen og har et fall på ca. 7 meter over en strekning på et par hundre meter. Kobbforsen var stoppested for oppvandrende laksefisk inntil det ble bygd laksetrapp (Johnsen mfl. 1999). Bygginga laksetrapp ble påbegynt i 1936 og trappa er senere ombygd og i tillegg er det gjort sprengningsarbeider i selve fossen (Fjeldstad 2015). Fisken kan i dag passere Kobbforsen. Om lag 2 km ovenfor Kobbforsen ligger Reinforsen med et fall på ca. 29 meter. Her ble det bygd fisketrapp i 1957, noe som åpnet en lengre elvestrekning på oversida for anadrom fisk. Trappa i Reinforsen ble stengt for oppvandring på midten av 1980-tallet for å brakklegge områdene oppstrøms for lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*.

Ranavassdraget er omfattende berørt av vassdragsregulering, og fem kraftverk har utløp i vassdraget. Tre av disse har utløp i vandringsveien for sjøvandrende laksefisk, enten i munningssonen eller i hovedelva (**figur 1**). Langvatn kraftverk utnytter fallet fra Langvatn og har utløp i munningssonen til Ranaelva. Langvatnet drenerer naturlig til Ranaelva gjennom Langvassåga som munner ut rett ovenfor Reinforsen. Ved full drift av Langvatn kraftverk går imidlertid vannmassene fra Ranaelva inn i Langvatn, slik at Langvassåga faktisk kan renne begge veier. Langvatn kraftverk har to turbiner med en samlet slukeevne på i overkant av 250 m³/s.



Figur 1. Ranaelva med beliggenhet av de tre kraftverkene (markert som røde kvadrat) som har utløp i vandringsveien for sjøvandrende laksefisk i vassdraget, enten i munningssonen eller i hovedelva.

Reinforsen kraftverk utnytter fallet i Reinforsen og har utløp i Ranaelva rett under fossen. I tiden 20. mai til 15. september skal minst 20 m³/s slippes i Reinforsen og eventuell produksjonsvannføring i Reinforsen kraftverk kommer i tillegg til dette slippet.

Rana kraftverk utnytter fallet frå Storakersvatn og har utløp i Ranaelva om lag 4 km fra sjøen (Kanstad-Hanssen & Lamberg 2014). Dette kraftverket er det største i Nordland med hensyn på produksjon av elektrisitet og har fire Francisturbiner med en samlet slukeevne på om lag 110 m³/s.

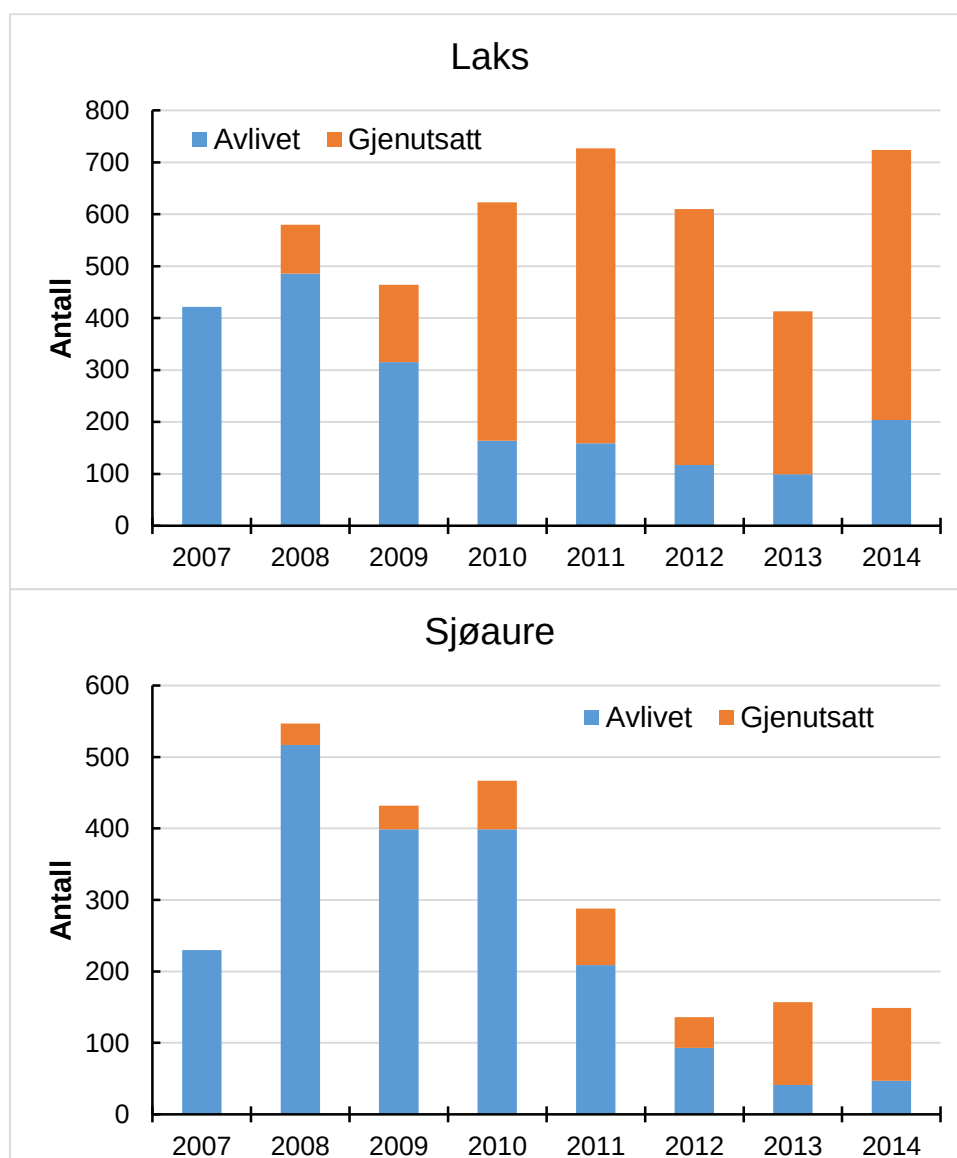
Ranaelva får også tilførsel av vann fra to sideelver nedenfor Reinforsen. Plura munner ut i Ranaelva ved Kobbforsen, mens Tverråga munner ut i Ranaelva ved Sjøforsen langt nede i elva. Plura har sterkt redusert vannføring som følge av kraftutbyggingen i vassdraget, og middelvannføringen ved utløpet i Ranaelva er beregnet til 4,1 m³/s (Sjur Gammelsrud pers. med.). Vannføringen i Tverråga er også påvirket av reguleringene i vassdraget.

Fiskebestander og fangst

Lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* ble påvist i Ranaelva i 1979 og analyser av tidligere innsamlet ungfiskmateriale tyder på at parasitten var tilstede allerede i 1975 (Johnsen mfl. 1999). Ranaelva ble rotenonbehandlet i 2003 og 2004 for å utrydde *Gyrodactylus salaris*. Laksebestanden i vassdraget ble reetablert med utsetting av smolt, settefisk og øyerogn fra 2005 (Moen mfl. 2011). Det har også vært drevet utsetting av aureyngel i årene etter rotenonbehandlingen. Ranaelva har vært åpen for sportsfiske i alle år etter rotenonbehandlingen. *Gyrodactylus salaris* ble påvist på ny i vassdraget i begynnelsen av september 2014, og vassdraget ble rotenonbehandlet på nytt i begynnelsen av oktober samme år.

I denne rapporten har vi analysert fangstopplysninger fra Ranaelva for perioden 2007 - 2014. Disse åtte årene har årlig rapportert fangst av laks i Ranaelva variert fra 413 (i 2007) til 727 (i 2011) med et gjennomsnitt på 570 individer (**figur 2**). Fangsten av sjøaure har variert fra 136 (i 2012) til 547 (i 2008) med et gjennomsnitt på 301 individer. I de siste fire årene har det også blitt fanget et økende antall sjørøye i vassdraget, med største fangst, 107 individer, i 2014.

Det har vært sterke restriksjoner på uttaket av laksefisk i vassdraget i årene etter rotenonbehandlingen (Anonym 2015). I de siste årene har derfor en stor andel av fisken blitt gjenutsatt etter fangst (fang og slipp). I årene 2009 - 2014 ble mer enn 70 % av laksen gjenutsatt etter fangst (**figur 2**). Andelen av sjøauren som ble gjenutsatt har gjennomgående vært lavere enn hos laks, men i 2013 og 2014 ble det også for auren rapportert om at om lag 70 % av fangsten ble gjenutsatt. Undersøkelser i Ranaelva i 2012 og 2013 tyder på at 8 % av laksen som gjenutsettes blir fanget på nytt i samme sesong (Uglem mfl. 2015). Det er ikke gjort undersøkelser på hvor stor denne andelen er for gjenutsatt sjøaure i Ranaelva, eller i andre vassdrag i Norge for den del etter det vi kjenner til.



Figur 2. Rapportert fangst av laks og sjøaure i Ranaelva i perioden 2007 - 2014. Det er skilt mellom avlivet og gjenutsatt fisk i årene 2008 - 2014. Fangsttallene er hentet fra offisiell statistikk (www.fangstrapport.no).

3 Materiale og metoder

3.1 Datagrunnlag

Følgende data ble brukt til de statistiske analysene: a) Fangstatistikk for perioden 2007 - 2014 (fra www.scantura.no) som la grunnlag for variablene antall laks og sjøaure fanget pr. døgn (**figur 3** og **4**, og **tabell 1**). b) Produksjonsvannføring (m³/s, døgngjennomsnitt) i Langvatn kraftverk og Rana kraftverk, samt vannføring i Meforsen (m³/s, døgngjennomsnitt) øverst på lakseførende strekning (**figur 5, 6** og **7**). c) Temperaturmålinger (°C, døgngjennomsnitt) fra Rana kraftverk og Reinforsen kraftverk (**figur 8**).

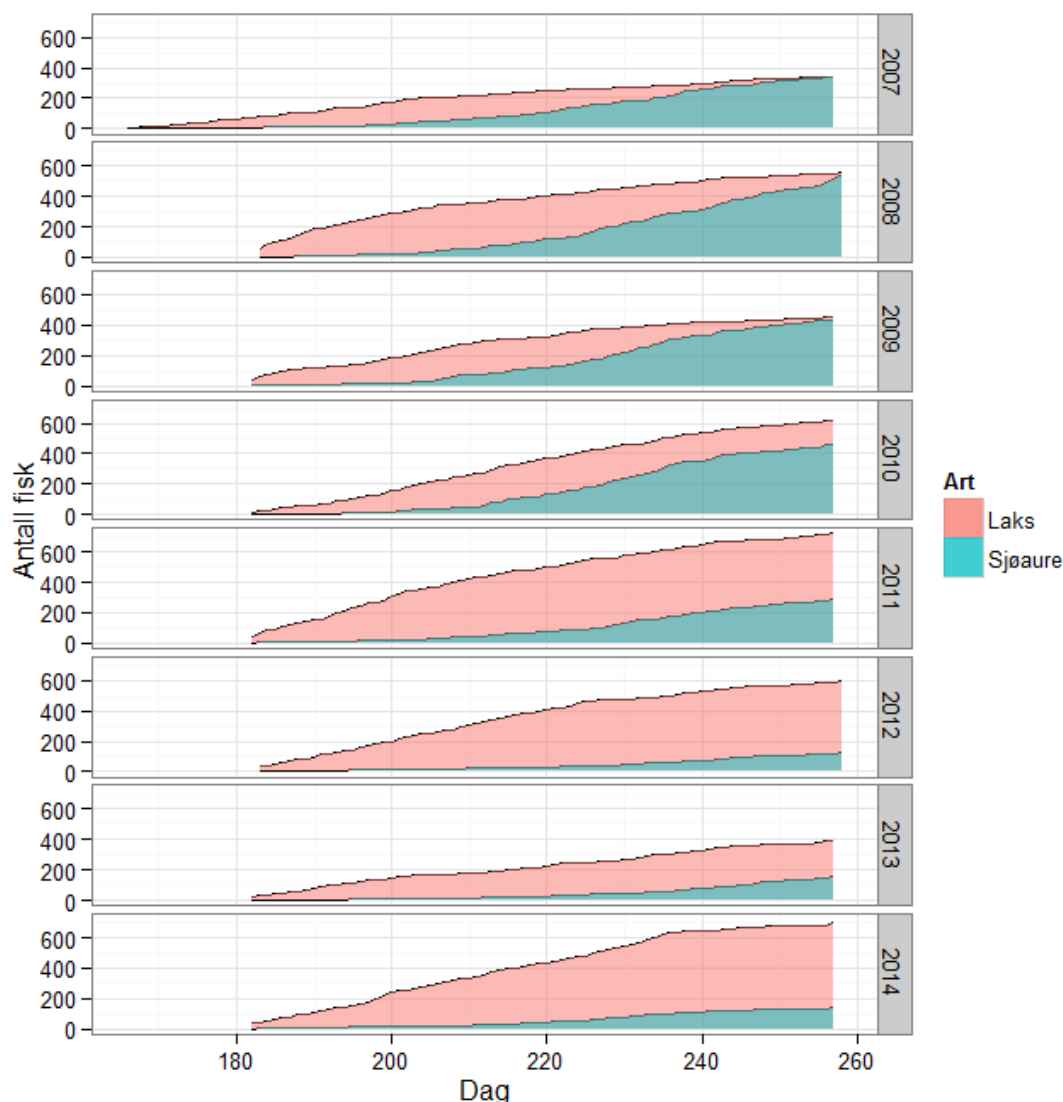
3.1.1 Fangster

Fiskesesongen i Ranaelva varte fra 15. juni til og med 14. september i 2007, mens sesongen i årene 2008 - 2014 varte fra 1. juli til og med 14. september. Utvikling i fangsten av laks og sjøaure var markert forskjellig gjennom sesongen, noe som er i tråd med fangstutvikling av de to artene i andre norske elver (**figur 3**). I 2007 ble 21 % av laksen og 2 % av sjøauren fanget før 1. juli, noe som tyder på at oppgangen av laks i Ranaelva vanligvis er godt i gang i de årene fiske-sesongen har startet 1. juli (**tabell 1**). I årene 2008 - 2014 ble, med unntak av i 2010, den største årlige dagsfangsten av laks rapportert ved sesongstart. Dette tyder også på at det i de aller fleste år skjer en vesentlig oppgang av laks i løpet av juni.

Tabell 1. Utvikling i fangst av laks og sjøaure gjennom sesongen i årene 2007 - 2014 basert på rapporterte fangster i Scantura. Gjennomsnittlig fangst pr. døgn (SD i parentes), maksimum fangst pr. døgn og dato for maksimum fangst er også gitt. Vi gjør oppmerksom på at fangstene rapportert på Scantura i 2007 ikke er i overenstemmelse med offisiell fangststatistikk.

År	n	Fangstutvikling gjennom sesongen					Fangst pr. døgn	Maksimum	
		10 %	25 %	50%	75%	90 %		n	Dato
Laks									
2007	338	24. jun.	03. jul.	18. jul.	10. aug.	30. aug.	3,6 (2,8)	15	17. jul.
2008	558	02. jul.	06. jul.	17. jul.	11. aug.	27. aug.	7,3 (7,6)	51	01. jul.
2009	452	02. jul.	08. jul.	24. jul.	11. aug.	25. aug.	6,0 (6,0)	43	01. jul.
2010	618	09. jul.	19. jul.	02. aug.	21. aug.	31. aug.	8,1 (4,9)	23	21. jul.
2011	729	03. jul.	11. jul.	23. jul.	13. aug.	29. aug.	9,6 (7,6)	51	01. jul.
2012	610	04. jul.	14. jul.	28. jul.	11. aug.	29. aug.	8,0 (5,9)	35	01. jul.
2013	414	03. jul.	11. jul.	03. aug.	21. aug.	02. sep.	5,5 (4,0)	24	01. jul.
2014	724	04. jul.	16. jul.	31. jul.	16. aug.	25. aug.	9,5 (7,1)	40	01. jul.
Sjøaure									
2007	335	21. jul.	03. aug.	17. aug.	28. aug.	06. sep.	3,6 (3,7)	17	26. aug.
2008	545	29. jul.	11. aug.	22. aug.	04. sep.	13. sep.	7,2 (6,6)	36	14. sep.
2009	432	25. jul.	05. aug.	18. aug.	27. aug.	04. sep.	5,7 (5,4)	19	22. aug.
2010	464	30. jul.	07. aug.	18. aug.	27. aug.	08. sep.	6,1 (5,8)	24	23. aug.
2011	288	25. jul.	07. aug.	19. aug.	30. aug.	08. sep.	3,8 (3,3)	16	18. aug.
2012	135	31. jul.	09. aug.	24. aug.	03. sep.	11. sep.	1,8 (1,9)	8	31. aug.
2013	158	29. jul.	13. aug.	27. aug.	05. sep.	11. sep.	2,1 (2,4)	11	05. sep.
2014	149	14. jul.	05. aug.	16. aug.	25. aug.	12. sep.	2,0 (2,2)	10	14. sep.

I årene 2007 - 2014 ble halvparten av årsfangsten av laks i Ranaelva vanligvis tatt før 1. august, og mer enn 90 % av laksen ble vanligvis fanget innen utgangen av august (**tabell 1**). Halvparten av årsfangsten av sjøaure ble vanligvis nådd 3 - 4 uker senere i sesongen enn for laks, og de største dagsfangstene ble tatt mot slutten av august eller i september.



Figur 3. Årlig kumulativ fangst (inkludert gjenutsatt fisk) av laks og sjøaure i Ranaelva i årene 2007 - 2014 (fra www.scantura.no).

Siden vi primært var interessert i påvirkning av Langvatn kraftverk på oppgang av laks ekskluderte vi følgende data der fangsten i stor grad påvirket av andre faktorer: Vi ekskluderte data for de to første dagene i fiskesesongen for laks siden disse gjennomgående var vesentlig høyere enn senere i denne måneden. Vi ekskluderte også data fra og med 1. september siden det ble fanget lite laks i perioden etter dette. For sjøaure ekskluderte vi data før 20. juli, siden det ble fanget lite sjøaure før dette tidspunktet, og siste dag i fiskesesongen, siden fangstene i flere år var vesentlig høyere denne dagen enn tidligere i september. Data fra 2007 ble også ekskludert i den endelige analysen fordi det ikke var overensstemmelse mellom dataene rapportert til Scantura og offisiell fangststatistikk. Datasettet som ble brukt i den endelige analysen inneholdt totalt 3404 fangster av laks fanget innenfor en periode på 416 dager over 7 år, og 1975 fangster av sjøaure fanget innenfor en periode på 388 dager over 7 år.



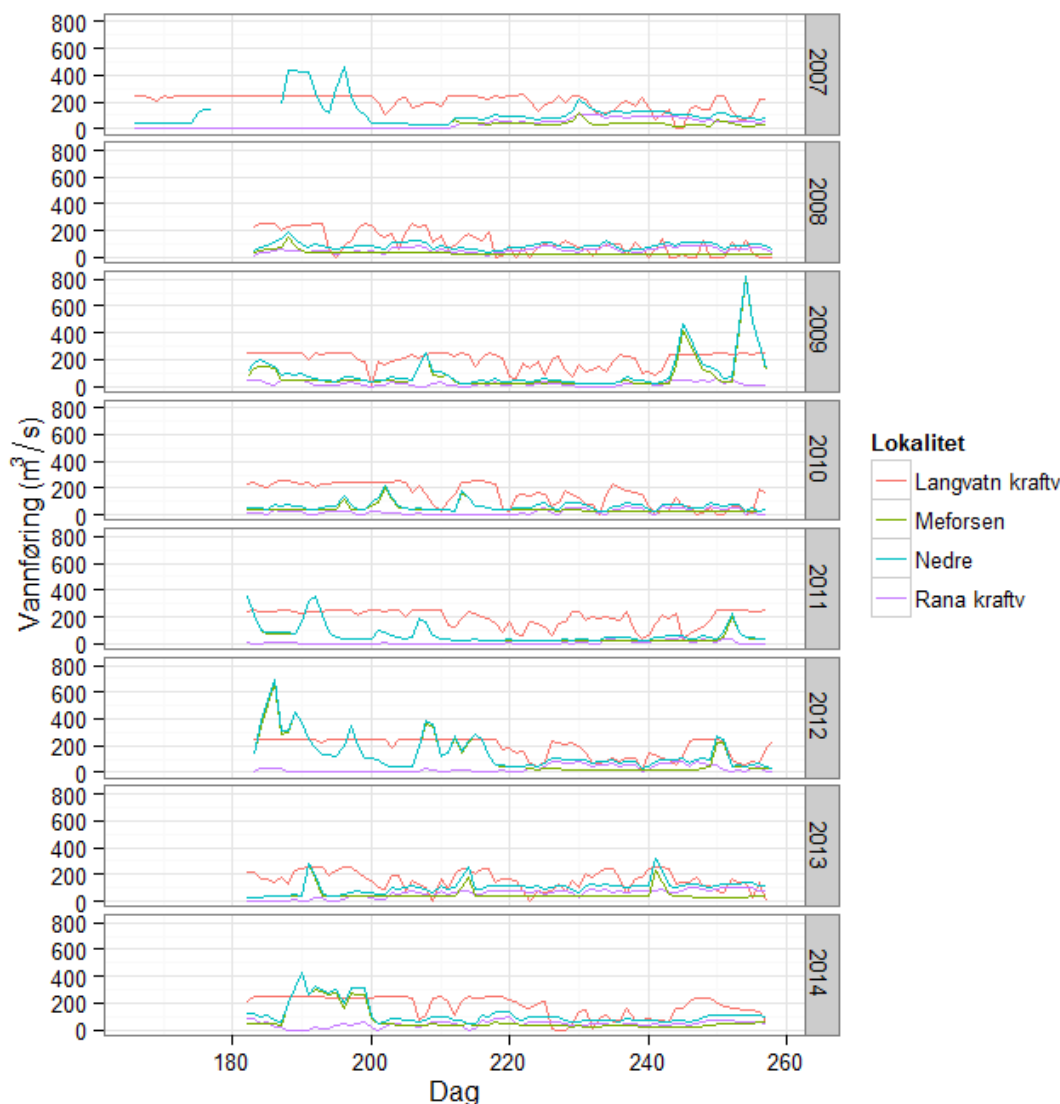
Figur 4. Dagsfangst for laks og sjøaure i Ranaelva. Overlappende kurver er vist med blanding av de to fargene som representerer laks og sjøaure. Merk de høye fangstene av laks de to første dagene i fiskesesongen (med unntak av 2007). Disse fangstene av laks ble utelatt i de statistiske modellene (se metode).

3.1.2 Vannføring i fiskesesongen

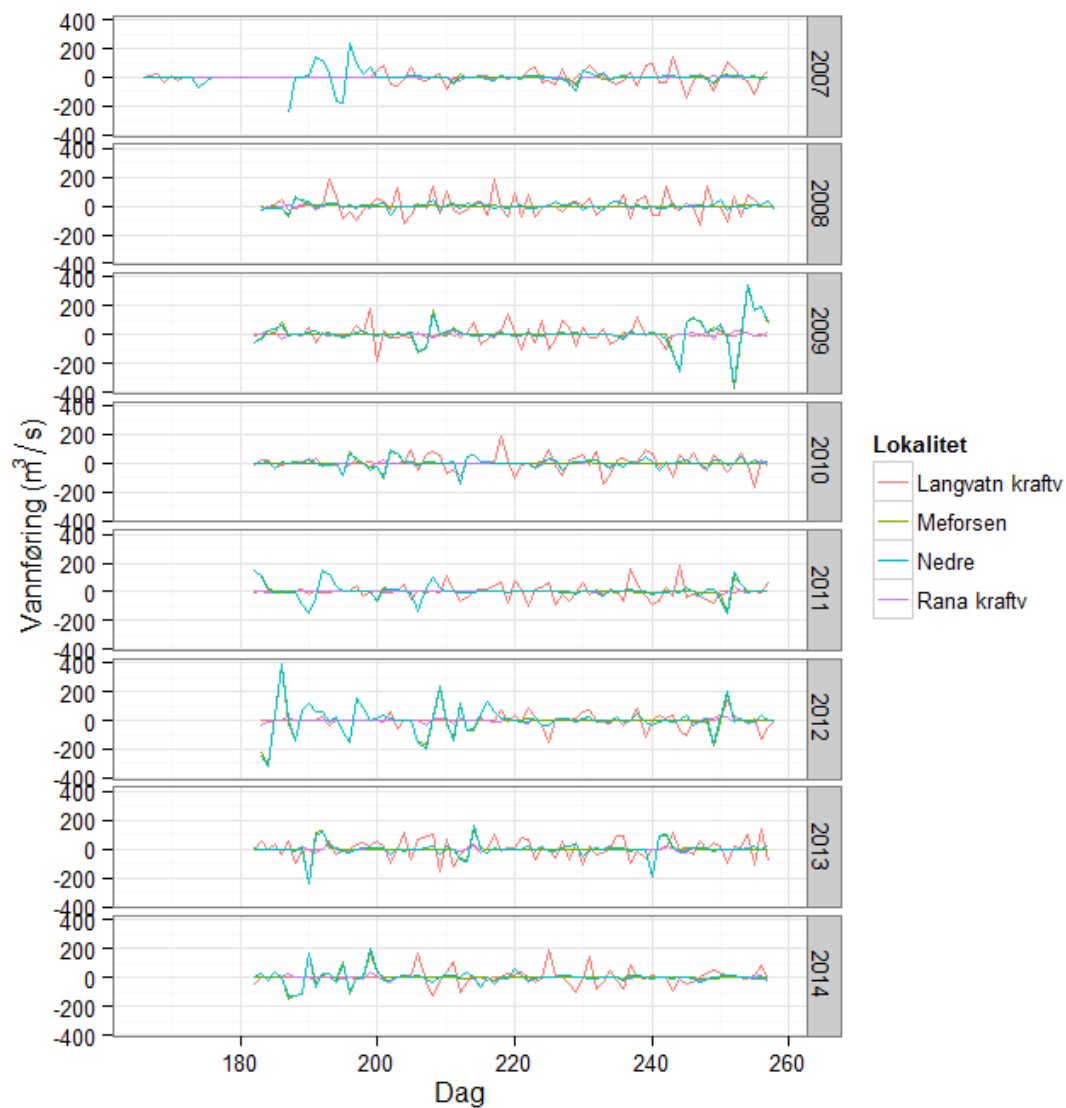
Oppvandringen av fisk i Ranaelva kan påvirkes av vannføringen i elva, som er bestemt av vannføringen fra de øvre deler av vassdraget og driften av kraftverkene. I tillegg vil vannføringen gjennom Langvatn kraftverk, som har utløp i munningsområdet av Ranaelva, kunne påvirke oppvandringen i elva. Vi har benyttet flere vannføringsmål i de statistiske analysene (**figur 5, 6, og 7**) med grunnlag i produksjonsvannføring (m^3/s , døgngjennomsnitt) i Langvatn kraftverk og Rana kraftverk, samt vannføring i Meforsen (m^3/s , døgngjennomsnitt) øverst på dagens lakseførende strekning (**figur 5**).

Det var produksjon ved Langvatn kraftverk størsteparten av tiden i fiskesesongene 2008 - 2014 (**figur 5**). Antall døgn med liten eller ingen vannføring gjennom kraftverket ($< 5 \text{ m}^3/\text{s}$) varierte fra

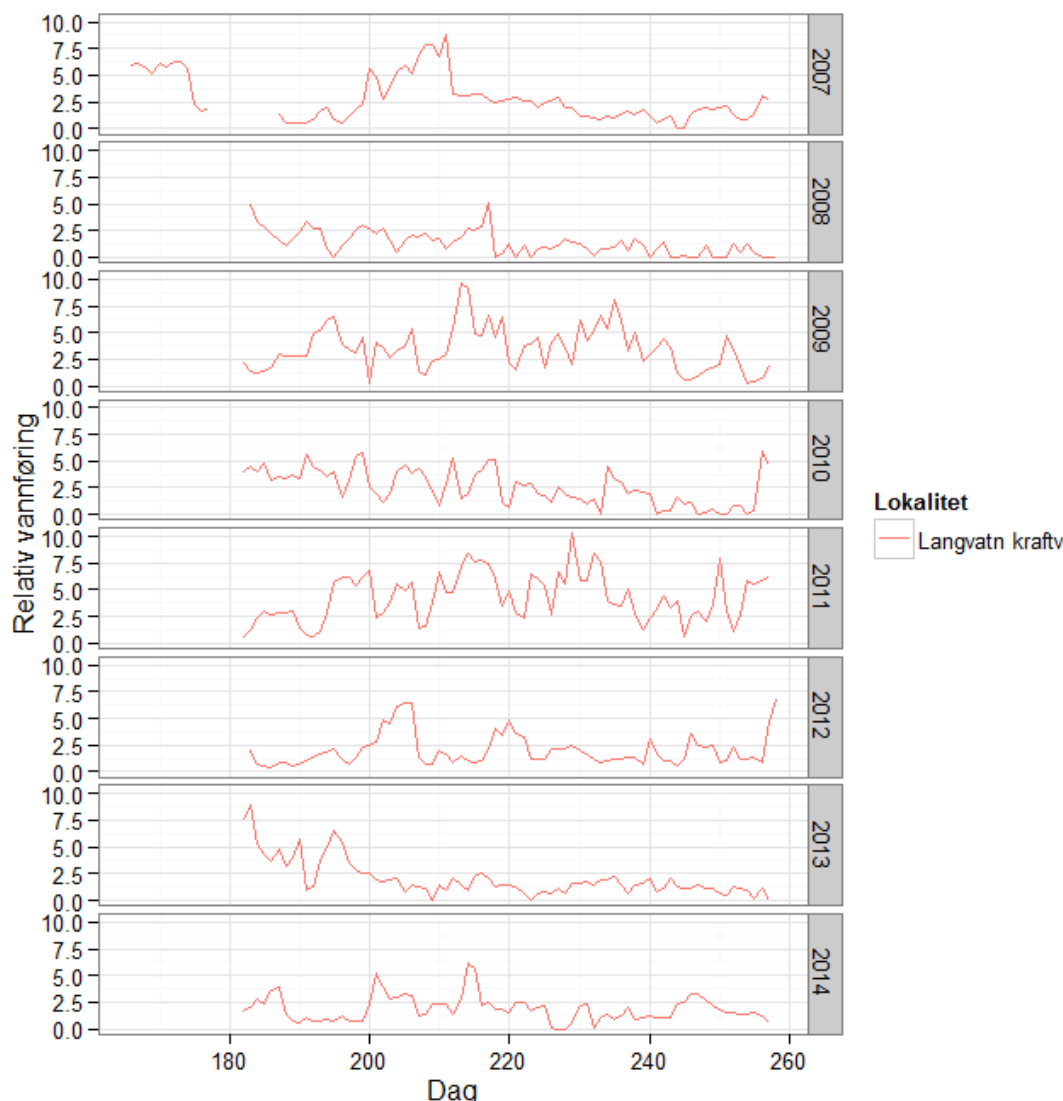
0 til 6 per år med unntak av i 2008 da det var 15 døgn uten vannføring gjennom kraftverket. Antall døgn med liten eller ingen vannføring gjennom Rana kraftverk varierte fra 7 til 47 døgn per år med unntak av i 2008 da vannføringen var større enn 5 m³/s i hele fiskesesongen. Vannføringen gjennom Langvatn kraftverk i fiskesesongen (gjennomsnitt per år fra 111 til 202 m³/s) var gjennomgående vesentlig høyere enn gjennom Rana kraftverk (gjennomsnitt per år fra 8 til 57 m³/s), og med unntak av kortere perioder med stor vannføring fra de øvre deler av Ranaelva var vannføringen gjennom Langvatn kraftverk den største ferskvannskilden i munningsområdet av Ranaelva (**figur 5** og **7**). Vårt mål på vannføring i nedre deler av Ranaelva (summen av vannføring målt ved Meforsen og vannføringen gjennom Rana kraftverk) undervurderer imidlertid ferskvannsbidraget fra Ranaelva i munningsområdet fordi vannføringen fra sideelvene Plura og Tverråga kommer i tillegg.



Figur 5. Vannføring (døgngjennomsnitt) ved ulike lokaliteter gjennom fiskesesongen. Lokaliteten navngitt «Nedre» er summen av vannføringen ved lokalitetene Rana kraftverk og Meforsen. Merk at det mangler noe data for Meforsen i 2007, og at produksjonsvannføringen ved Langvatn kraftverk var dominerende, spesielt i starten av sesongen.



Figur 6. Endring i vannføring (fra dagen før) ved ulike lokaliteter i Ranaelva gjennom fiske-sesongen. Døgngjennomsnittene vist i **figur 5** ligger til grunn for denne figuren.

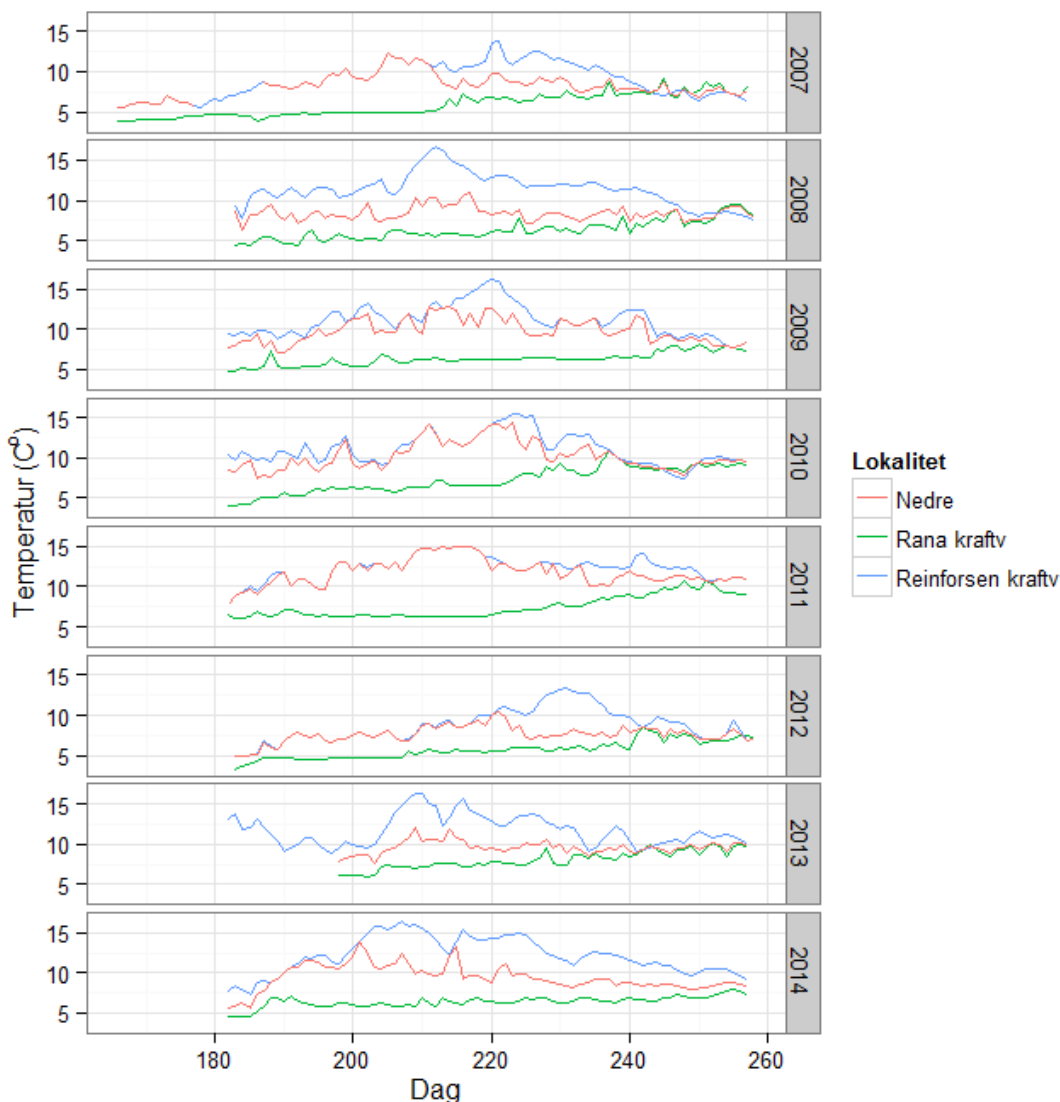


Figur 7. Produksjonsvannføringen i Langvatn kraftverk relativt til vannføringen nederst i Ranaelva gjennom fiskesesongen. Relativ vannføring er forholdet mellom produksjonsvannføringen i Langvatn kraftverk og beregnet vannføring nederst i Ranaelva (sum av produksjon i Rana kraftverk og vannføring målt i Meforsen). Døgn gjennomsnittene vist i **figur 5** ligger til grunn for denne figuren.

3.1.3 Vanntemperatur

Vi har benyttet to vanntemperaturmål i de statistiske analysene (**figur 8**). Utgangspunktet var målinger av vanntemperatur (°C, døgn gjennomsnitt) i Reinforsen kraftverk og Rana kraftverk. Dataene fra Rana kraftverk kan vise verdier som ikke er representative for temperaturen i kraftverksvannet når kraftverket står: enten temperaturen i stillestående vann i kraftverkstunellen eller temperaturen i ellevann fra Ranaelva som presses inn i tunellen (Ånund Kvambekk, NVE pers. med.). De mest åpenbare ikke representative verdiene i datasettet fra Rana kraftverk ble lukket ut før analysering. I de statistiske analysene ble vanntemperaturen i Reinforsen kraftverk benyttet som et mål på vanntemperaturen på lakseførende strekning oppstrøms utløpet av Rana kraftverk. I tillegg beregnet vi vanntemperaturen i nedre deler av Ranaelva, det vil si nedstrøms utløpet av Rana kraftverk, som den gjennomsnittlige temperaturen målt i Reinforsen og Rana kraftverk vektet med hensyn på vannføring. Dette vektete temperaturmålet vil derfor i liten grad påvirkes av ikke representative verdier i tilfeller hvor Rana kraftverk ikke produserer.

Vanntemperaturen i produksjonsvannet gjennom Rana kraftverk i fiskesesongen er vesentlig lavere enn vanntemperaturen målt i Reinforsen kraftverk (**figur 8**).



Figur 8. Vanntemperatur ved ulike lokaliteter i Ranaelva. Lokaliteten navngitt «Nedre» er gjennomsnittet av vanntemperaturen målt ved Reinforsen og Rana kraftverk (vektet etter vannføring).

3.2 Statistiske analyser

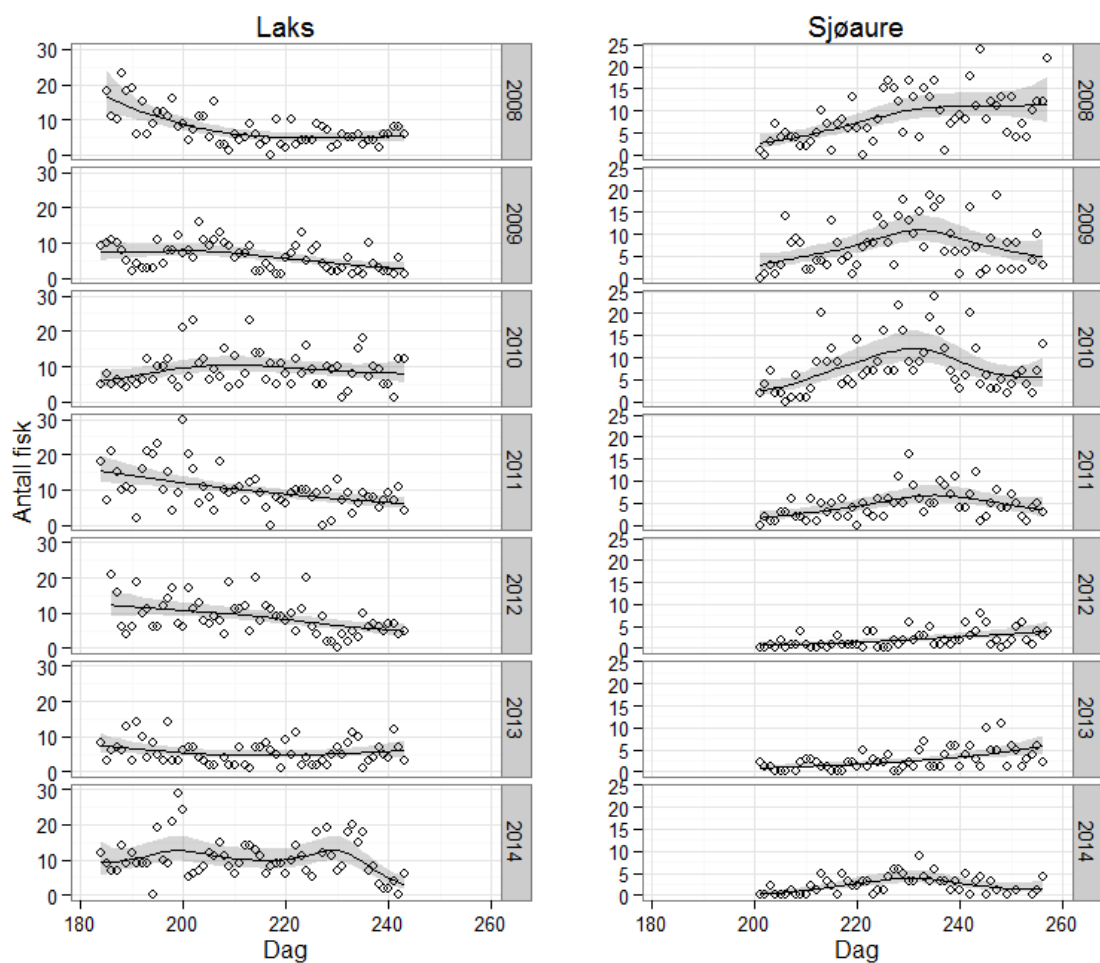
Antall fisk fanget varierte gjennom fangstsesongen og mellom år (**Figur 4**). De temporære trendene i denne variasjonen ble kontrollert for i analysen gjennom å inkludere fangst per døgn som en kontinuerlig variabel i en generalisert additiv modell (GAM; Zuur mfl. 2009). Variasjon mellom år ble kontrollert for ved at de temporære funksjonene ble modellert som uavhengige for de ulike årene (altså en funksjon per år, se **Figur 9**). De andre variablene i analysen ble lagt til som lineære effekter på toppen av denne modellen. Residualene ble modellert ut fra en negativ-binomisk modell med log-link på grunn av fordelingen til responsvariabelen.

De viktigste variablene i analysen var ulike mål på produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk, relativ produksjonsvannføring i forhold til vannføring i elva, og endring i produksjonsvannføring i

Langvatn kraftverk. Relativ produksjonsvannføring ble definert som forholdet mellom produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk og beregnet vannføring nederst i Ranaelva. De ulike målene som ble prøvd ut var gjennomsnittlig produksjonsvannføring og relativ produksjonsvannføring samme dag og i dagene før fangst (opptil fem dager før fangst), gjennomsnittlig vannføring over flere dager før fangst (to, tre, fire og fem dager før fangst), samt endringen i vannføring fra et døgn til det neste samme dag og dagene før (opptil fire dager før) og maksimal endring i disse periodene. Vi inkluderte de variablene som best forklarte variasjon i fangst ved å bruke *Akaike's informasjons kriterium* (AIC - et mål på hvor godt en statistisk modell beskriver de data den bygger på). Dette førte til at den lineære effekten av *produksjonsvannføring to dager før fangst* og *relativ produksjonsvannføring samme dag som fangst* ble inkludert i den endelige modellen for laks, mens *gjennomsnittlig produksjonsvannføring over tre dager før fangst* ble inkludert i modellen for sjøaure.

Vi brukte også AIC til å forbedre modellen med tilleggsvariabler. Følgene tilleggsvariabler ble vurdert: ulike mål på vannføring og endring i vannføring målt i øvre del av lakseførende strekning i Ranaelva (Meforsen), produksjonsvannføring i Rana kraftverk og vannføring i nedre del av Ranaelva (summen av målingene ved Meforsen og Rana kraftverk). De ulike målene på disse variablene var de samme som for produksjonsvannføringen i Rana kraftverk. Vi vurderte også vanntemperatur samme dag som fangst målt i øvre del av lakseførende strekning (Reinforsen kraftverk) og ved Rana kraftverk, samt et mål på vanntemperatur i nedre del av elva (gjennomsnittet av målingene ved Reinforsen og Rana kraftverk vektet på vannføringen). Etter vurdering ved bruk av AIC hadde modellen for laks tilleggsvariablene *endring i vannføring fra dagen før i nedre del av elva* og *temperatur* målt i Reinforsen kraftverk. Modellen for sjøaure hadde tilleggsvariablene *maksimal endring i vannføring opp til to dager før fangst* målt ved Meforsen og *temperatur* i nedre del av elva.

Alle statistiske analyser ble gjort med bruk av programvarepakken *mgcv* (Wood 2006, 2011) som er implementert i statistikkprogrammet R (R Core Team 2015).



Figur 9. Fangst per døgn av laks og sjøaure (åpne punkt) med prediksjoner fra GAM-modellene (heltrukket linje, med 95 % konfidensintervall i grå).

4 Resultat

Statistisk analyse av fangstdata

Det var en klar positiv effekt av produksjonsvannføringen i Langvatn kraftverk på fangst av laks og sjøaure i Ranaelva (**figur 10** og **11**). Styrken av denne effekten kan illustreres ved å beregne fangsten av de to artene ved ulike produksjonsvannføringer i de endelige statistiske modellene (**tabell 2** og **3**). I henhold til disse modellene vil en økt gjennomsnittlig produksjonsvannføring i kraftverket på 50 m³/s over de tre foregående dagene gi en økning av fangst på om lag 11 % for laks og 18 % for sjøaure. Dette vil si at i et typisk år vil en forvente at dagsfangsten øker med fire laks og fire sjøaurer når en sammenligner ingen produksjonsvannføring de tre foregående dagene med full produksjonsvannføring (250 m³/s). For laks var det i tillegg en negativ effekt på fangst av relativ vannføring mellom kraftverket og elva (**figur 10**, **tabell 2**, marginalt statistisk signifikant). Når produksjonsvannføringen i Langvatn kraftverk var 2,5 ganger større enn vannføringen nederst i Ranaelva var dagsfangsten 8 % mindre sammenlignet med ingen produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk. Vi fant ingen slik effekt i modellen for sjøaure.

I tillegg til effekten av produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk fant vi en tydelig negativ effekt av vanntemperatur på fangsten av både laks og sjøaure (**tabell 2** og **3**). Ved en økning i vanntemperatur på en grad forventes fangsten å minke med 8 % for både laks og sjøaure. Vi fant også en positiv effekt på fangst av endring i vannføring i Ranaelva. En stigning av vannføring i nedre del av elva på 50 m³/s fra gjennomsnittlig vannføring gav en økning på 9 % i fangst av laks (**tabell 2** og **3**). En maksimal stigning over to døgn på 50 m³/s ved Meforsen gav en økning på 7 % i fangst av sjøaure (**tabell 2** og **3**).

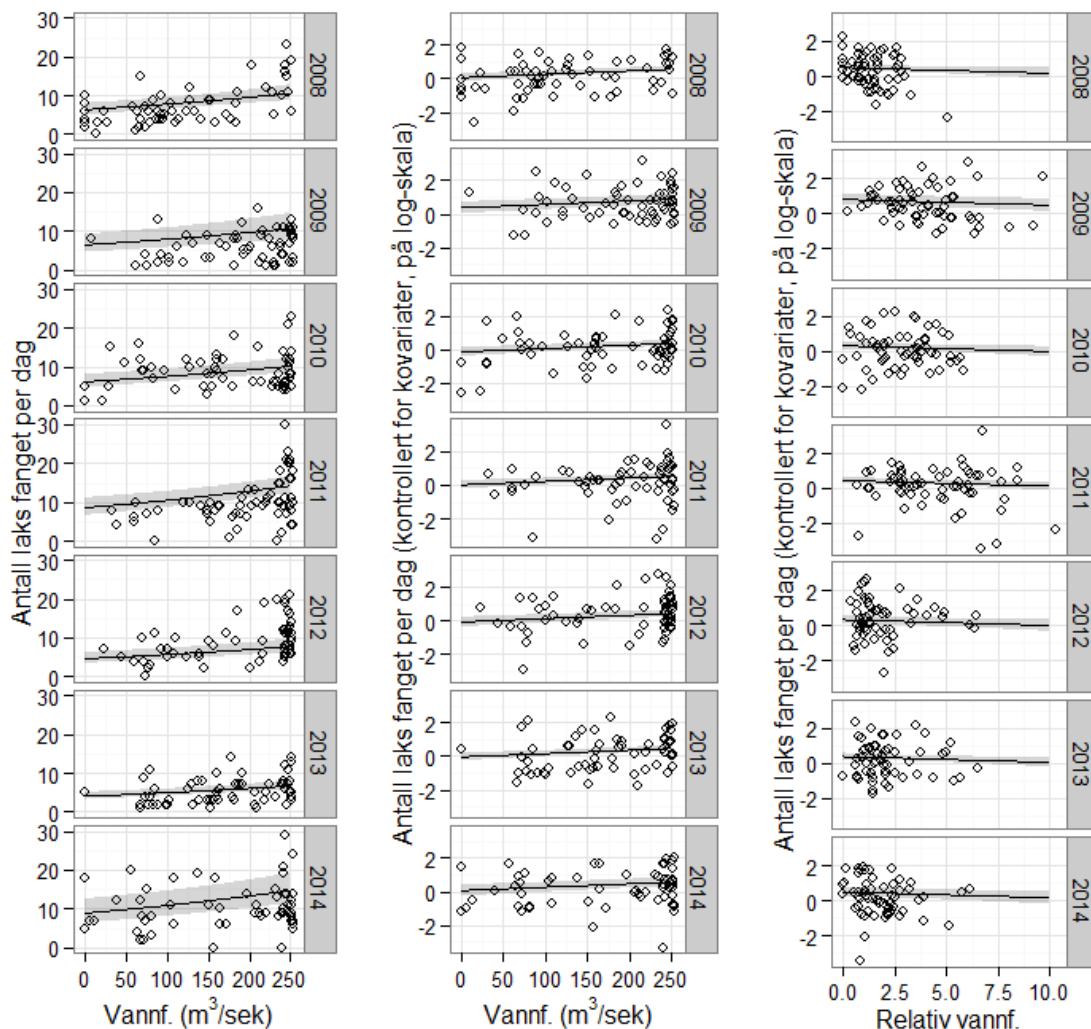
Resultatene var robuste både mot endringer i datagrunnlag og spesifisering av variabler. Analyser gjort på hele datamateriale (hele sesongen og inkludering av 2007) gav like resultater og de samme biologiske konklusjonene. Vi prøvde ut mange mål på produksjonsvannføring og vannføring i elv. Flere av disse målene var relativt like, og det spilte liten rolle hvilke mål som ble brukt i modellen. For eksempel var effekten av produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk to dager før veldig lik av effekten av et gjennomsnitt av produksjonsvannføringen over to eller tre dager før. I tillegg var resultatene ganske like for laks og sjøaure. Her er det verdt å notere at effekten av relativ vannføring var negativ også hos sjøaure, selv om usikkerheten i denne parameteren var større enn hos laks og inkludering av denne parameteren i modellen ble ikke favorisert av AIC. Det at resultatene i stor grad er kvalitativt like for laks og sjøaure og robuste mot endringer i datagrunnlaget innenfor art er en styrke for studien.

Vi gjør oppmerksom på at analysene ikke inkluderte fangsttynnsats, slike at dette kunne ikke kontrolleres direkte for i modellene (utover ekskludering av de to første og siste dager av fangstsesongen). Det vil kunne påvirke resultatene om fangsttynnsatsen er korrelert med noen av forklaringsvariablene. Langvarige endringer i fangsttynnsats er imidlertid indirekte kontrollert for gjennom de ikke-lineære temporære effektene i modellene (vist i **Figur 9**).

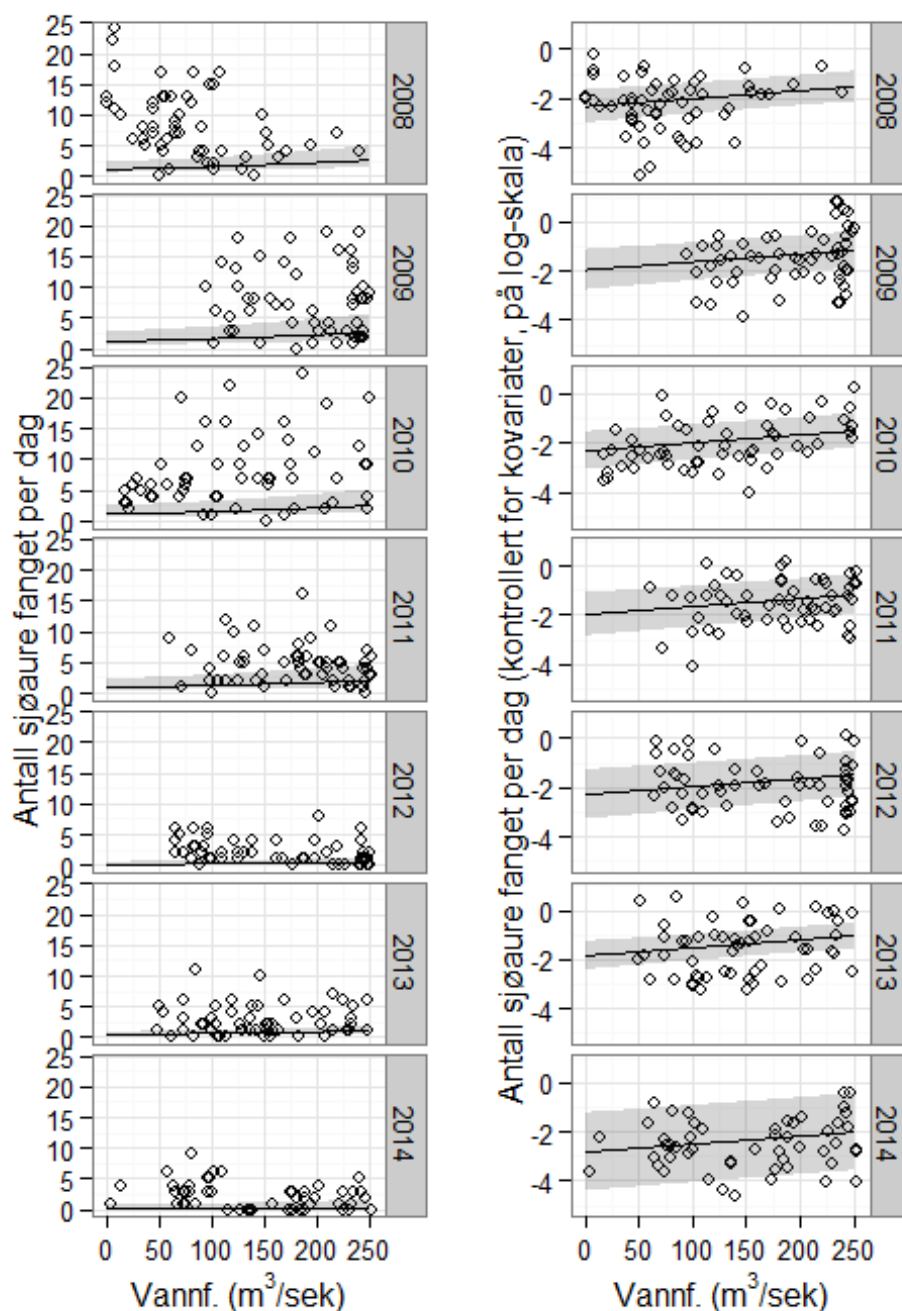
Stans av Langvatn kraftverk etter henvendelse fra Rana laksefiskeforening

I de siste årene er det gjennomført stans av kraftverket etter henvendelse fra Rana laksefiskeforening ved tre anledninger: 10. juli 2009 (tidspunkt for stans: Kl. 08-13); 4. juli 2010 (Kl. 10-14) og 21. juli 2012 (Kl. 07-13). Disse stansene er gjennomført for å stimulere til oppgang av laks i elva. Kraftverket har vært stanset på varslet lavest fjære slik at vannstrømmen fra elva blir sterkest mulig i munningsområdet. Ved alle tre anledninger har vannføringen gjennom Langvatn kraftverk vært om lag 250 m³/s i dagene før stans, det vil si tilnærmet full produksjon i kraftverket. Disse tre kortvarige stansene førte til at døgnvannføringen gjennom kraftverket ble redusert til om lag 200 m³/s disse tre dagene.

Der er ikke datagrunnlag for å si noe sikkert om effekten av stans i kraftverket på fangsten, men utviklingen av fangst av laks per døgn i tidsperioden rundt disse kortvarige stansene tyder ikke på at dette tiltaket har hatt vesentlig betydning for fangsten av laks i Ranaelva de påfølgende dagene. Ved alle tre anledningene var imidlertid fangsten av laks det døgnet kraftverket ble stoppet noe høyere enn dagen før stans (**figur 12**). Merk at dette kan skyldes systematisk endring i fangstinnsetts.



Figur 10. Effekten av produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk på dagsfangst av **laks** (heltrukke linje, med 95 % konfidensintervall i grå). Panelet til venstre viser effekten av produksjonsvannføringen to dager før fangst med de faktiske dagsfangstene vist som åpne rundinger. Panelet i midten viser denne effekten på log-skala der dagsfangstene (åpne rundinger) er kontrollert for alle variabler, med unntak av produksjonsvannføringen. Det høyre panelet viser effekten av relativ produksjonsvannføring samme dag som fangst.



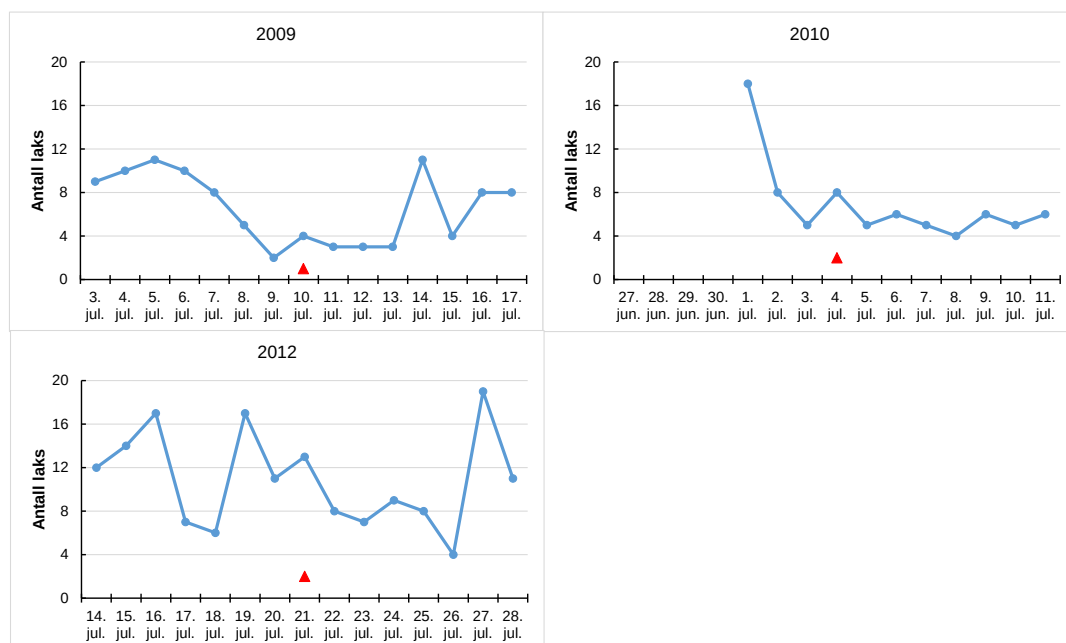
Figur 11. Effekten av produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk på dagsfangst av **sjøaure** (heltrukke linje, med 95 % konfidensintervall i grå). Panelet til venstre viser effekten på naturlig skala med de faktiske dagsfangstene vist som åpne rundinger. Panelet til høyre viser effekten på log-skala der dagsfangstene (åpne rundinger) er kontrollert for alle variabler, med unntak av produksjonsvannføringen til Langvatn kraftverk.

Tabell 2. Parameterestimatene til modellen for laks. Estimaten er på naturlig log-skala, altså responsvariabelen er log antall fisk. Alle lineære variabler er sentrert på gjennomsnittet, med unntak av produksjonsvannføring og relativ produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk, mens den temporære effekten er sentrert på dag 200 (20. juli). Dette medfører at estimatene for skjæringspunktene de ulike årene (2008 - 2014) er oppgitt som forventet fangst i log antall fisk på dag 200 med ingen produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk, ingen endring i vannføring ved Meforsen og gjennomsnittlig vanntemperatur ved Reinforsen.

	Estimat	Std. Feil	z-verdi	P-verdi
2008	1,7944	0,0923	19,4515	<0,0001
2009	1,4880	0,1314	11,3212	<0,0001
2010	1,9431	0,1101	17,6523	<0,0001
2011	2,1224	0,1352	15,6984	<0,0001
2012	1,6090	0,1171	13,7392	<0,0001
2013	1,4462	0,1124	12,8614	<0,0001
2014	2,1042	0,1104	19,0576	<0,0001
Produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk to dager før fangst (m ³ /s)	0,0020	0,0005	4,4807	<0,0001
Relativ produksjons- vannføring i Langvatn kraftverk	-0,0325	0,0173	-1,8757	0,0607
Endring i vannføring i nedre del av Ranaelva (m ³ /s)	0,0018	0,0004	4,0738	<0,0001
Temperatur ved Reinforsen (°C)	-0,0806	0,0195	-4,1388	<0,0001

Tabell 3. Parameterestimatene til modellen for sjøaure. Estimaten er på naturlig log-skala, altså responsvariabelen er log antall fisk. Alle lineære variabler er sentrert på gjennomsnittet, med unntak av produksjonsvannføring til Langvatn kraftverk, mens den temporære effekten er sentrert på dag 230 (19. august). Dette medfører at estimata for skjæringspunktene de ulike årene (2008 - 2014) er oppgitt som forventet fangst i log antall fisk på dag 230 med ingen produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk, ingen endring i vannføring ved Meforsen og gjennomsnittlig vanntemperatur.

	Estimat	Std. Feil	z-verdi	P-verdi
2008	1,6935	0,1081	15,6626	<0,0001
2009	1,3415	0,1677	8,0010	<0,0001
2010	1,6274	0,1305	12,4742	<0,0001
2011	1,0972	0,1894	5,7944	<0,0001
2012	-0,1168	0,1918	-0,6091	0,5425
2013	0,3490	0,1617	2,1585	0,0309
2014	0,1022	0,1765	0,5788	0,5627
Produksjonsvannføring i Langvatn kraftverk, gjennomsnittet over tre dager før fangst (m^3/s)	0,0032	0,0008	4,2760	0,0000
Maksimal endring i vannføring opp til to dager før fangst ved Meforsen (m^3/s)	0,0013	0,0005	2,5941	0,0095
Temperatur i nedre del av Ranaelva ($^{\circ}\text{C}$)	-0,0835	0,0393	-2,1252	0,0336



Figur 12. Fangst av laks pr. døgn i forbindelse med kortvarige stans av Langvatn kraftverk for å bedre oppgangsforholdene for laksefisk i Ranaelva. Dato for stans er markert med rød trekant og fangster er gitt for en 7-dagers periode før og etter denne datoen.

5 Diskusjon

Den statistiske analysen viser at fangsten av både laks og sjøaure i Ranaelva ble påvirket av driften ved Langvatn kraftverk. Analysene ga imidlertid et noe tvetydig svar på hvordan driften av kraftverket påvirker fangsten. For begge artene var det en positiv sammenheng mellom fangstene i elva og vannføringen gjennom Langvatn kraftverk i dagene før (altså jo mer vann i kraftverket jo større fangst av laks). For laks ble det imidlertid funnet at det var en negativ påvirkning på fangstene den/de nærmeste dagene hvis vannføringen gjennom Langvatn kraftverk var stor i forhold til vannføringen i elva. Denne negative effekten ble også funnet for sjøaure, men ikke like sterk som for laks. Fangstene av laks var også positivt påvirket av vannføringen i nedre del av Ranaelva, mens fangstene av sjøaure var positivt påvirket av en økning av vannføringen i Meforsen.

Hvis vi antar at fangstene i Ranaelva har sammenheng med oppvandringen av fisk, overensstemmer disse resultatene til en viss grad med kunnskap om laksevandring i større vassdrag. I en gjennomgang av litteratur om vandring hos laks peker Thorstad mfl. (2008) på at flere undersøkelser tyder på at vannføring kan ha en sterkere innflytelse på laksens tilbøyelighet til å gå opp i elva fra sjøen enn på selve oppvandringen i elva. Disse undersøkelsene er gjennomført i større elver hvor vannføringen i seg selv ikke er noen fysisk begrensning for vandringen i selve elva. En mulig biologisk forklaring på dette er at størrelsen på ferskvannstilførselen til fjorden kan være viktig for laksens orientering og gjenkjenning av heimeelva, slik at den vandrer raskere i denne siste del av sjøfasen ved større ferskvannstilførsel (Thorstad mfl. 2008). Vannføringen gjennom Langvatn kraftverk er med dagens reguleringsregime ofte den dominerende kilden til ferskvannstilførsel innerst i Rana fjorden, og det er derfor mulig at den positive sammenhengen mellom fangstene i elva og driften av Langvatn kraftverk er et uttrykk for at oppvandringen i elva påvirkes positivt av stor ferskvannstilførsel i munningsområdet. Den positive sammenhengen mellom fangster i elva og vannføring gjennom Langvatn kraftverk gjør at det synes lite sannsynlig at kraftverket er et vandringshinder som *vesentlig* forsinker oppvandringen i elva.

De statistiske analysene tyder imidlertid også på at hvis vannføringen gjennom Rana kraftverk blir for dominerende i munningsområdet så kan dette påvirke fangstene i elva negativt. Dette kan tyde på at laksen og sjøauren kan bli forsinket i oppvandringen i slike tilfeller, kanskje fordi de tiltrekkes kraftverksutløpet.

Undersøkelser av fiskevandring i flere vassdrag tyder på at kraftverksutløp i elver som har redusert vannføring på strekningen ovenfor utløpet, fører til forsinkelser i oppvandring av laks (Thorstad mfl. 2003, 2006a, 2008). Undersøkelser tyder på at sammenhengen mellom vandring og vannføringer gjennom kraftverket og på strekninger med fraført vann er kompleks og at det kan være vanskelig å forutsi ved hvilke miljøforhold (som for eksempel forholdet mellom vannføring gjennom kraftstasjonen og vannføring fra restfeltet) vandring skjer forbi slike utløp (Thorstad mfl. 2008). Laksens motivasjon ser i mange tilfeller ut til å være mest avgjørende for når den passerer slike utløp og går videre oppover i elva (Thorstad mfl. 2003, 2006a, 2008). Forholdene i munningsområdet i Ranaelva kan i noen grad sammenliknes med forholdene i vassdrag med kraftverksutløp i selve elva i den forstand at vannføringen i hovedelva er redusert og at vannføringen gjennom Langvatn kraftverk i sesongen for oppvandring av laks og sjøaure i lengre perioder er høyere enn i hovedelva. En vesentlig forskjell kan imidlertid være at Langvatn kraftverk har utløp i munningsområdet av Ranaelva slik at fisken møter dette mulige vandringshindret når den skal ta fatt på oppvandringen i ferskvann. Dette kan for eksempel bety at fiskens motivasjon for videre vandring er høy og at den derfor ikke påvirkes av kraftverksutløpet i samme grad som et vandringshinder den møter lengre opp i en elv.

Fangsten av anadrome fisk i et vassdraget vil være avhengig av om og hvor mye fisk som er tilstede der det fiskes. Laksen og sjøaurens oppvandringsmønster i elva og de fysiske forholdene som påvirker dette vil dermed også nødvendigvis ha betydning for fangsten. Det er alminnelig antatt at det er en sammenheng mellom fangst av laks og sjøaure og oppvandring av fisk, det vil

si at fisken er mer bitevillig og lettere å fange når den er på vei opp elva. Flere telemetriundersøkelser, hvor laks fanget i kilenøter i sjøen nært elvemunningen har blitt merket med radiosendere og senere gjenfanget i elva, har vist at laksen gjerne blir beskattet i løpet av de første tre ukene etter at den har gått opp i elva (se oppsummering av slike studier fra norske vassdrag i Thorstad mfl. 2011). Dette tyder på at laksen er mest fangbar i oppvandringsfasen, og at de blir mindre fangbare etter at de har ankommet stedet nær gyteplassene hvor de gjerne blir stående i ro i flere uker og måneder frem mot gyting (Økland mfl. 2001). Disse studiene er gjennomført i større vassdrag med få eller ingen vandringshindre i de nedre deler (Namsen: Thorstad mfl. 2006b, 2011; Altaelva: Jensen mfl. 2009; Tana: Erkinaro mfl. 1999, Karppinen mfl. 2004).

Ranaelva er en stor elv med få naturlige vandringshindre i den nederste delen av elva som kan forsinke oppvandringen vesentlig. Opp til Reinforsen, dagens stopp for oppvandring, så er det bare om lag 12 km. Avstanden fra munningen og opp til Kobbforsen, den nederste store fossen, er på bare om lag 10 km. Vi vet ikke hvor raskt laksen og sjøauren vandrer i Ranaelva. Undersøkelser i andre større vassdrag uten vesentlige vandringshindre viser at maksimale vandringshastigheter for laks kan være større enn 10 km pr. dag (oppsummert i Thorstad mfl. 2008). Undersøkelsene viser også at det er stor individuell variasjon i vandringshastighet, men gjennomsnittshastighet for vandring er vanligvis på fra 1,5 km pr. dag eller raskere (Heggberget mfl. 1996, Finstad mfl. 2005, Thorstad mfl. 2008). Hvis disse vandringshastighetene også har gyldighet i nedre deler av Ranaelva vil laksen kunne være tilgjengelig på hele lakseførende strekning i løpet av få dager etter at den har vandret inn i elva. Vi har vesentlig mindre kunnskap om vandringsatferd til sjøaure i norske elver. I Lærdalselva vandret laks direkte og raskt opp til gyteområdene sine, mens sjøaure hadde en mer uregelmessig og dermed langsommere oppvandring til gyteområdene (Finstad mfl. 2005).

Vi benyttet fangstene på hele den androme strekningen i vår endelige statistiske analyse. Det er mulig at fangstene i den nederste delen av elva gjenspeiler oppvandringen av laks og sjøaure forbi Langvatn kraftverk på en bedre måte enn fangstene i hele elva. Fangstopplysningene på Scantura inneholder bare delvis presis informasjon om hvor i elva fisken er fanget, og graden av detaljer omkring fangststed har variert med årene i perioden 2007 - 2014. Fordi vi ikke hadde mulighet til å inkludere presis fangstinformasjon på en konsistent måte valgte vi i den endelige statistiske analysen å bruke alle fangstene innenfor den tidsperioden som ble valgt ut. I en tidligere statistisk analyse forsøkte vi imidlertid å luke ut fangster av laks som med sikkerhet var tatt øverst i elva (Kobbforsen og oppover). En slik statistisk analyse ga om lag samme resultat som den endelige statistiske analysen med hensyn på hvilke fysiske forhold som påvirket fangsten, men den negative betydningen av vannføringsratio for fangstene av laks var mer markert og sterkere i denne analysen.

Fangststatistikk kan være vanskelig å bruke for å studere miljøforhold som påvirker oppvandring av fisk fordi variasjoner i fiskens bitevillighet ikke bare er knyttet til vandringsaktivitet, men kan påvirkes av flere andre faktorer (Alabaster 1970, Solomon mfl. 1999). Utøvelsen av fisket kan også direkte påvirkes av fysiske forhold som vannføring og vanntemperatur slik at fangstinnsats kan være korrelert med noen av de andre forklaringsvariablene i den statistiske modellen. I tillegg vil fangstinnsatsen og eventuelle begrensninger og reguleringer av denne (antall fiskere, personlige kvoter, døgnkvoter osv.) kunne ha stor betydning for fangsten. I Ranaelva har det vært sterke begrensninger på uttaket av anadrom fisk etter rotenonbehandlingen, og i de siste årene er mesteparten av fisken gjenutsatt etter fangst. Vi har ikke kunnskap om hvordan slike sterke begrensninger på uttaket av laksefisk påvirker fangstinnsatsen og om eventuelle sammenhenger mellom fangst og oppvandring også påvirkes av dette.

6 Konklusjon

Den statistiske analysen viser at produksjonsvannføringen til Langvatn kraftverk relativt til vannføringen nederst i Ranaelva hadde en negativ effekt på dagsfangst av laks. Dette kan tyde på at Langvatn kraftverk under noen forhold virker som et vandringshinder, i den forstand at det forsinker oppvandringen av laks (og kanskje også sjøaure). Samtidig har produksjonsvannføringen i Langvatn kraftverk i dagene før en positiv effekt på dagsfangst av både laks og sjøaure, og påvirker slik sett sannsynligvis oppgangen av fisk i elva positivt. Den positive sammenhengen mellom fangster i elva og vannføring gjennom Langvatn kraftverk gjør at det synes lite sannsynlig at kraftverket er et vandringshinder som *vesentlig* forsinker oppvandringen i elva. I de siste årene er det gjennomført kortvarige stans av Langvatn kraftverk etter henvendelse fra Rana laksefiskeforening ved tre anledninger for å stimulere til oppgang av laks i elva. Disse tre stansene ser ikke ut til å ha hatt vesentlig betydning for fangstene av laks de påfølgende dagene.

Dette er en studie basert på fangststatistikk, som er et indirekte mål på oppvandring av fisk i elva. Ulempen med å bruke indirekte mål er at de ofte er påvirket av andre uobserverte faktorer og korrelasjonen med det biologiske fenomenet en ønsker å studere ikke nødvendigvis er høy. For å fastslå vandringsmønster til laks og sjøaure med sikkerhet må andre metoder, som telemetri, tas i bruk. Med en slik metode vil vandringsmønsteret til fisken kunne observeres direkte.

7 Referanser

Anonym 2015. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr. 8b. 785 s.

Alabaster, J.S. 1970. River flow and upstream movement and catch of migratory salmonids. *Journal of Fish Biology* 2:1-13.

Banks J.W. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal of Fish Biology* 1:85-136.

Erkinaro, J., Økland, F., Moen, K. & Niemelä, E. 1999. Return migration of the Atlantic salmon in the Tana River: distribution and exploitation of radiotagged multi-seawinter salmon. *Boreal Environment Research* 4: 115-124.

Finstad, A.G., Økland, F., Thorstad, E.B., & Heggberget, T. 2005. Comparing upriver spawning migration of Atlantic salmon *Salmo salar* and sea trout *Salmo trutta*. *Journal of Fish Biology* 67: 919-930.

Fjeldstad, H.-P. 2015. Fiskevandring forbi Reinsforsen i Rana - Tiltaksstudie. SINTEF Rapport TR A7454. 19 s.

Heggberget, T.G., Økland, F. & Ugedal, O. 1996. Prespawning migratory behaviour of wild and farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a north Norwegian river. *Aquaculture Research* 27: 313-322.

Jensen, J.L.A., Rikardsen, A.H., Næsje, T.F., Thorstad, E.B., Halttunen, E., Suhr, A.H. & Leinan, I. 2010. Fangstrater, oppvandring og fordeling av laks i Altaelva. NINA Rapport 595. 58 s.

Johnsen, B.O., Jensen, A.J. & Møkkelgjerd, P.I. 1999. *Gyrodactylus salaris* på laks i norske vassdrag, statusrapport ved inngangen til år 2000. NINA Oppdragsmelding 617. 129 s.

Jonsson, N. 1991. Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. *Nordic Journal of Freshwater Research* 66:20-35.

Kanstad-Hanssen, Ø. & Lamberg, A. 2014. Overvåking av reetablerte laksebestander i Røssåga og Ranaelva i 2013. *Ferskvannsbiologen Rapport* 2014-03. 44 s.

Karppinen, P., Erkinaro, J., Niemelä, E., Moen, K. & Økland, F. 2004. Return migration of one-sea-winter Atlantic salmon in the River Tana. *Journal of Fish Biology* 64:1179-1192.

Moen, V., Holthe, E., Næss, T., Sæter, L. & Lo, H. 2011. Reetableringsprosjektet i Ranaelva og Røssåga 2005 - 2010. Sluttrapport. Veterinærinstituttet Rapport 18-2011. 54 s.

R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

Solomon, D.J., Sambrook, H.T. & Broad, K.J. 1999. Salmon migration and river flow. Results of tracking radio tagged salmon in six rivers in South West England. *Res Dev Publ* 4:1-110 (Environment Agency, Bristol)

Thorstad, E.B., Arnekleiv, J.V., Forseth, T., Sandlund, O.T., Jensen, A.J. & Næsje, T.F. 2006a. Fiskevandring og effekter av endringer i vannføring. S. 100-118, i: Saltveit, S.J. (red.). Økologiske forhold i vassdrag - konsekvenser av vannføringsendringer. Norges vassdrags- og energidirektorat.

Thorstad, E.B., Fiske, P., Staldvik, F. & Økland, F. 2011. Beskatning og bestandsstørrelse av laks i Namsenvassdraget. NINA Rapport 747. 32 s.

Thorstad, E.B., Rikstad, A. & Sandlund, O.T. 2006b. Kunnskapsstatus for laks og vannmiljø i Namsenvassdraget. Kunnskapssenter for Laks og Vannmiljø, Namsos, 64 s.

Thorstad, E.B., Økland, F., Aarestrup, K. & Heggberget, T.G. 2008. Factors affecting the within-river spawning migration of Atlantic salmon, with emphasis on human impacts. *Review Fish Biology and Fisheries* 18: 345-371.

Thorstad, E.B., Økland, F., Hvidsten, N.A., Fiske, P. & Aarestrup, K. 2003. Oppvandring av laks i forhold til redusert vannføring og lokkeflommer i regulerte vassdrag. NVE Miljøbasert vannføring Rapport nr. 2003-1. 52 s.

Uglem, I., Foldvik, A., Solem, Ø, Thorstad, E.B., Johansen, M.R. & Havn, T.B. 2015. Gjenfangst av gjenutsatt laks i Otra, Osen Vestre Hyen, Orkla, Gaula, Verdalselva, Ranaelva og Lakselva i 2012-2014. NINA Minirapport 537. 30 s.

Wood, S.N. 2006. Generalized additive models: an Introduction with R. Chapman and Hall.

Wood, S.N. 2011. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. *Journal of the Royal Statistical Society (B)* 73: 3-36.

Zuur, A.F., Leno, E.N., Walker, N.J., Saveliev, A.A. & Smith, G.M. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer.

Økland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R.S. & Thorstad, E.B. 2001. Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology* 59:862-874.



Norsk institutt for naturforskning (NINA) er et nasjonalt og internasjonalt kompetansesenter innen naturforskning. Vår kompetanse utøves gjennom forskning, utredningsarbeid, overvåking og konsekvensutredninger.

NINAs primære aktivitet er å drive anvendt forskning. Stikkord for forskningen er kvalitet og relevans, samarbeid med andre institusjoner, tverrfaglighet og økosystemtilnærming. Offentlig forvaltning, næringsliv og industri samt Norges forskningsråd og EU er blant NINAs oppdragsgivere og finansieringskilder.

Virksomheten er hovedsakelig rettet mot forskning på natur og samfunn, og NINA leverer et bredt spekter av tjenester gjennom forskningsprosjekter, miljøovervåking, utredninger og rådgiving.

ISSN:1504-3312
ISBN: 978-82-426-2808-4

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Hogskoleringen 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