

Rapport

Opprusting og utvidelse av Reinforsen kraftverk i Ranaelva

Konsekvenser for vandring hos anadrom laksefisk forbi Reinforsen og forslag til tiltak for å sikre vandring

Forfattere

Hans-Petter Fjeldstad og
Morten Kraabøl (NINA)



Reinforsen kraftverk
Foto: Odd Thoresen, Statkraft

SINTEF Energi AS

Postadresse:
Postboks 4761 Sluppen
7465 TrondheimSentralbord: 73597200
Telefaks: 73597250energy.research@sintef.no
www.sintef.no/energi
Foretaksregister:
NO 939 350 675 MVA

Rapport

Opprusting og utvidelse av Reinforsen kraftverk i Ranaelva

Konsekvenser for vandring hos anadrom laksefisk forbi Reinforsen og forslag til tiltak for å sikre vandring

EMNEORD:Laks
Laksetrapp
Vannkraft
Fiskevandring
Fornybar energi
Smolt**VERSJON**

1

DATO

2016-03-10

FORFATTER

Hans-Petter Fjeldstad og Morten Kraabøl (NINA)

OPPDRAGSGIVER

Statkraft

OPPDRAGSGIVERS REF.

Odd Thoresen

PROSJEKTNR

502001328

ANTALL SIDER:

23

SAMMENDRAG

Prosjektets formål har vært å vurdere konsekvensene av en opprusting av Reinforsen Kraftverk på vandring hos anadrom laksefisk forbi Reinforsen i Ranaelva, samt å foreslå tiltak mot uheldige konsekvenser. To alternative kraftverksalternativ har vært vurdert: 1) En ny kraftstasjon tilsvarende dagens og 2) en ny kraftstasjon med noe større slukeevne, energiproduksjon, og med en ny utforming av utløpet. Alternativene har vært vurdert ut fra at dagens laksetrapp enten restaureres eller flyttes til samme side av elva som kraftverket. Med opprusting av kraftverket tilsvarende dagens utforming vil det spesielt være problemer knyttet til utløpskanalen som i dag tiltrekker seg fisk og antakelig både forsinker og hindrer oppvandring forbi fossen. Alternativ 2 vil i stor grad bøte på dette problemet ved at utløpet flyttes ut mot fossefoten. Her anbefales det at utløpet flyttes så nær inngangen til laksetrappa som mulig, enten dagens trapp blir restaurert eller at den flyttes til motsatt side. Det foreslås at utløpsåpningen forsynes med en varegrind med spalteåpning 3-4 cm slik at fisk ikke kan gå inn, alternativt at åpningen rettes oppover, slik at den skaper en oppvelling som fisken ikke foretrekker som vandringskorridor. I tillegg foreslås at det alltid bør gå en vannføring på 2-3 m³/s i fossen for å lokke til seg fisk til inngangen av den eksisterende laksetrappa.

Inntaket til kraftverket på oversiden av dammen bør forsynes med en fiskesperre som hindrer nedvandrende smolt og vinterstøping i å vandre ned gjennom turbinene. I tillegg bør det etableres en alternativ nedvandringsrute for fisk umiddelbart til side for denne fiskesperra.

UTARBEIDET AV

Hans-Petter Fjeldstad

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

Håkon Sundt

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Knut Samdal

SIGNATUR

**RAPPORTNR**

TR 7554

ISBN

978-82-594-3652-8

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	3
2	Vassdragsbeskrivelse	5
	Hydrologiske forhold i Reinforsen.....	6
	Vanntemperatur og fiskevandring i Reinforsen	8
	Laksevandring i trappa i Reinforsen	8
	Laksetrappas tilstand og framtidsplaner.....	10
	Nytt kraftverk i Reinforsen	11
3	Oppstrøms vandring av anadrom fisk forbi Reinforsen og det nye kraftverket	14
	Generelt om fisketrapper for anadrom fisk i Norge.....	14
	Konsekvenser av nytt Reinforsen kraftverk på vandring i laksetrappa.....	15
4	Forslag til tiltak for effektiv fiskeoppgang med nytt kraftverk	16
5	Forslag til tiltak for effektiv nedvandring av fisk med nytt kraftverk	18
6	Oppsummering og konklusjoner	19
7	Referanser og litteratur	22

1 Innledning

Statkraft ønsker å oppgradere og utvide Reinforsen kraftverk i Ranaelva. Det nye kraftverket vil, som i dag, ikke få eget eget reguleringsmagasin, men påvirkes av vannivået i Langvatnet, som er inntaksmagasin for Langvatnet kraftverk. Kraftverket utnytter fallet i Reinforsen, og dagens kraftverk har med visse modifikasjoner vært i drift i nesten 100 år. Reinforsen er et naturlig vandringshinder for anadrom laksefisk (laks, sjørret og sjørøye), men en laksetrapp bygget på 1950-tallet gjorde det potensielt mulig for disse artene å vandre forbi fossen og utnytte de betydelige produksjonsstrekningene på oversiden. På grunn av at lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* etablerte seg i vassdraget på slutten av 1970-tallet ble laksetrappa stengt, og i praksis har områdene ovenfor ikke hatt noen funksjon for fiskeproduksjon så langt. Det er ukjent om det i det hele tatt er fanget voksen laks oppstrøms Reinforsen. Trappa har likevel blitt brukt til fangst av stamfisk, og det foreligger godt dokumentert erfaring på trappas funksjon (Fjeldstad 2015). Parasitten ble erklært utryddet fra Ranaelva i 2009, men ble på nytt påvist høsten 2014. Foreløpig er det derfor ikke aktuelt å slippe laks forbi Reinforsen, men i forbindelse med planlegging av nytt kraftverk må det tas utgangspunkt i at fiskevandring forbi fossen vil bli aktuelt når parasitten er utryddet fra vassdraget.

Planene for endringer av kraftverket i Reinforsen vil hovedsakelig endre forholdene for fiskevandring ved at dagens kraftverksutløp flyttes nærmere fossen og turbinenes slukeevne økes. Vanntemperaturer eller vannkjemiske forhold i Ranaelva nedstrøms Reinforsen vil ikke påvirkes av et nytt kraftverk.

Målet med denne rapporten er å vurdere konsekvensene av endringene som et nytt kraftverk i Reinforsen vil ha på oppvandring av laks, sjørret og sjørøye, samt å vurdere tiltak for å oppnå sikker oppvandring for alle artene. Ved en eventuell framtidig naturlig produksjon av fisk på oversiden av fossen vil det være utfordringer knyttet til sikker nedvandring hos smolt og utgytt fisk (støing). Disse forholdene vil ikke endre seg i særlig grad i forhold til dagens kraftverk, men problemstillinger knyttet til nedvandring er drøftet som en egen del i rapporten.

Reinforsen og laksetrappa ble befart i sin helhet 27. november 2014 i forbindelse med en tilstandsvurdering av trappa (Fjeldstad 2015). På befaringen stilte representanter fra Rana Laksefiskerforening, grunneierlag og regulanten (Statkraft). Laksetrapptilsynets rapporter for perioden 1972-2007, til sammen 36 sesonger, har vært tilgjengelig som dokumentasjon for laksetrappas funksjon. Rapportene representerer svært viktig dokumentasjon, også med henblikk på observasjoner i forhold til kraftverksdriften som påvirker forholdene i Reinforsen. De inneholder data for fiskeoppgang, vanntemperatur, samt opplysninger om utfordringer og observasjoner fra denne perioden. Rapportene refereres i det videre som "Tilsynsrapportene". Forfatterne har

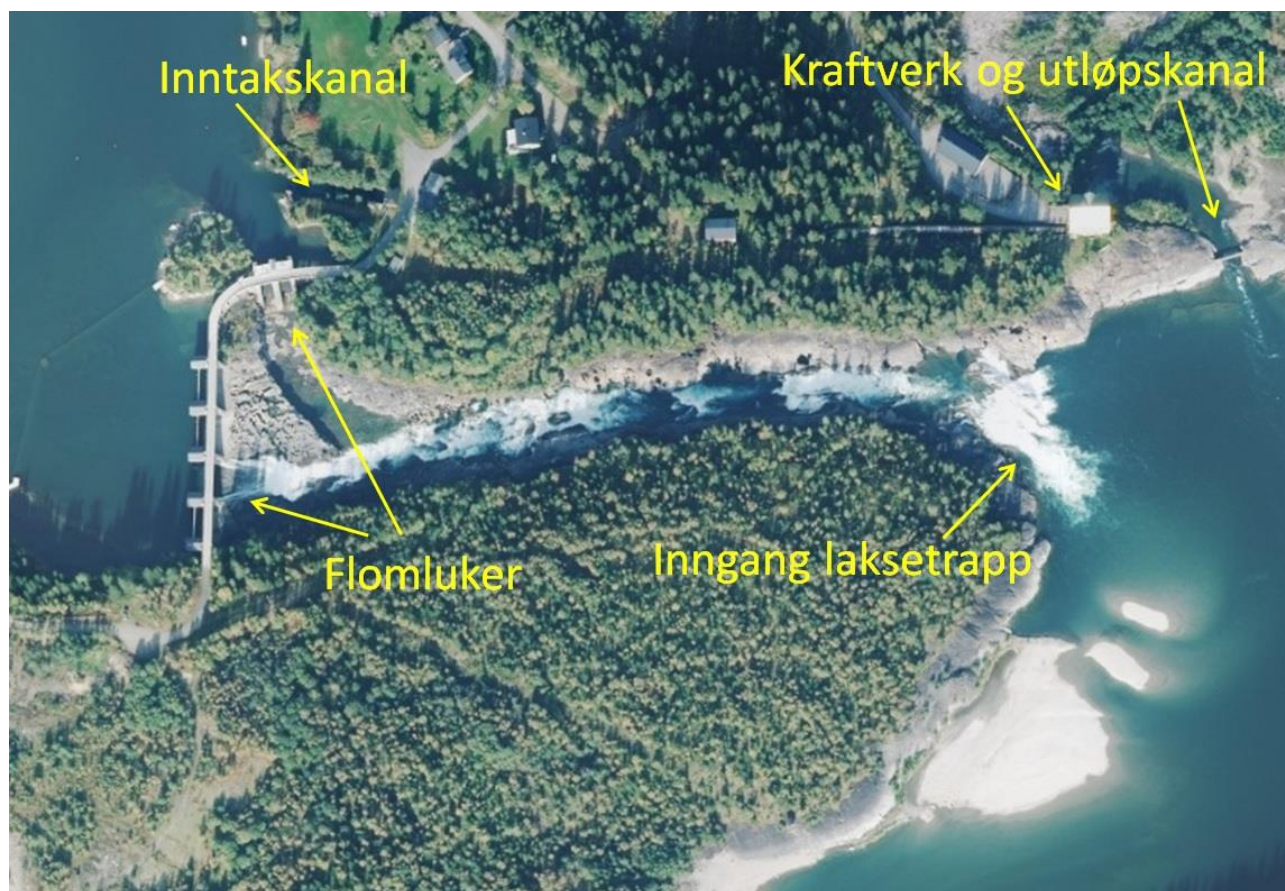
i tillegg benyttet oppdatert internasjonal litteratur for å beskrive hvordan en sikker vandring for laksefisk kan utformes i forhold til Reinforsen kraftverk.

2 Vassdragsbeskrivelse

Ranaelva er med sitt totale nedslagsfelt på 3790 km² ett av de største vassdragene i Nordland. De definerte mållartene laks, sjøørret og sjørøye kan vandre opp til det naturlige vandringshinderet Reinforsen, ca. 11 km fra sjøen. Fossen har et totalt fall på omkring 29 meter. Allerede i 1933 laget fiskerikonsulent Jon Bakke planer for ei fisketrapp forbi fossen, og etter nye planer i 1954 ble det i 1957 ferdigstilt en trapp gjennom en tunnel i fjellet på elvas sørside. Trappa var med sin lengde på ca. 450 meter landets lengste fisketrapp, og er fortsatt den trappa i Norge med flest kulper (105). Med bygging av trappa i Reinforsen ble en lang elvestrekning ovenfor åpnet for naturlig rekruttering, og etter flere justeringer av trappa ble det gjennom flere år registrert at flere hundre laks tok seg opp til tellekammeret øverst i trappa. Seint på 1970-tallet ble lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* oppdaget i Ranaelva, og trappa i Reinforsen ble følgelig stengt. Produksjonspotensialet på den uregulerte strekningen ovenfor Reinforsen for laks, sjøørret og sjørøye har derfor ennå ikke blitt realisert.

En snau kilometer ovenfor Reinforsen munner Langvassåga inn i Ranaelva. Med sitt nedslagsfelt på over 1100 km² er dette et stort vassdrag. Temperaturen i Langvassåga er lav som følge av tilsig fra breer, og om sommeren er vannet innimellom blakket av partikler fra breenes bevegelser. Før Langvassåga munner ut i Ranaelva renner den gjennom Langvatnet, og det er praktisk talt ikke fall mellom Langvatnet og samløpet i Ranaelva. Fra Langvatnet er det bygget kraftverkstunnel direkte til sjøen via Langvatnet kraftverk. Langvatnet fungerer som inntaksmagasin med et nivå på 41-44 moh, og i praksis er vannføringen i Langvassåga snudd, slik at vann fra Ranaelva renner inn i Langvatnet i deler av året. Langvatnet kraftverk har med sine to store Francisturbiner en slukeevne på over 250 m³/s og en årlig produksjon på ca. 250 GWh.

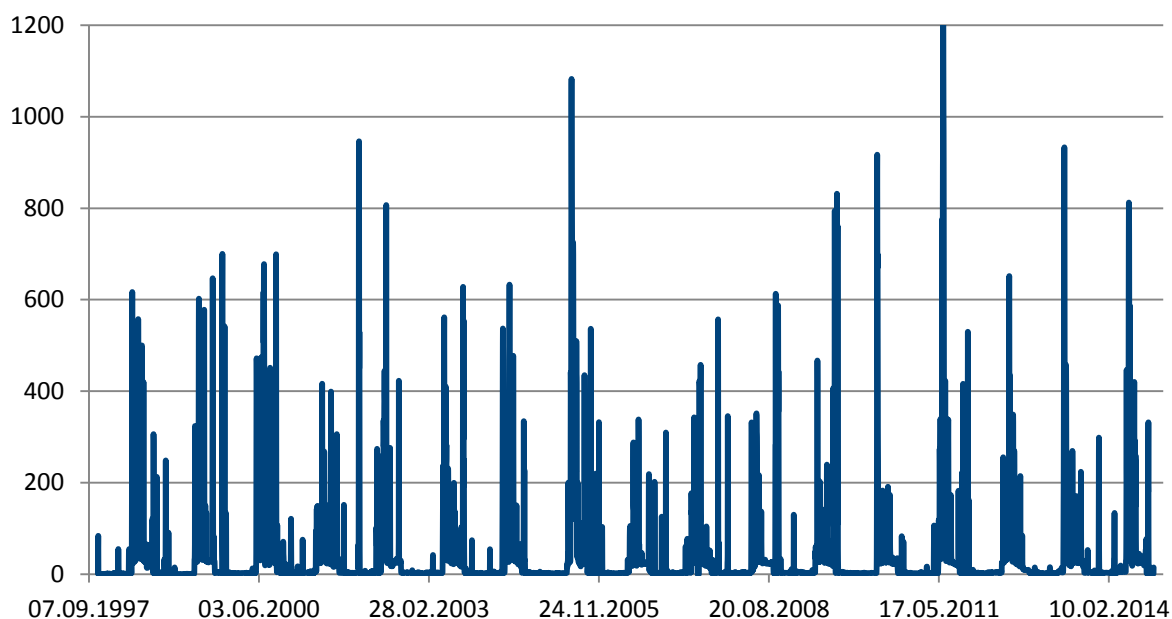
I Reinforsen er det et lite kraftverk (Reinforsen kraftverk, opprinnelig fra 1925), med to små Francisturbiner på tilsammen 3,4 MW (slukeevne totalt 20 m³/s) og en årlig produksjon på ca. 28 GWh. Som et konsesjonsvilkår er det krav om slipp av minstevann i Reinforsen og dermed den lakseførende delen av Ranaelva. Deler av denne vannføringen går gjennom Reinforsen kraftverk. Utløpet av stasjonen munner ut på motsatt side av elva for laksetrappa, og er periodevis uheldig for oppgang av fisk i trappa. Fisken kan observeres når den søker seg mot kraftverksutløpet og blir stående der. For mange år siden ble det etablert et gitter anslagsvis 100 meter nedenfor utløpet, med ønske om å hindre fisken i å komme inn mot stasjonen. Gitteret hadde antakeligvis en funksjon, men ved flom ble gitteret oversvømmet, og fisk som passerte kunne ikke returnere når vannstanden gikk ned. Gitteret er av den grunn fjernet, og utløpet oppleves fortsatt som attraktivt for oppvandrende fisk (Tor Næss, Statkraft, pers. medd.). Reinforsen er vist på Figur 1.



Figur 1. Reinforsen med Reinforsen kraftverk og laksetrappa på motsatt bredd.

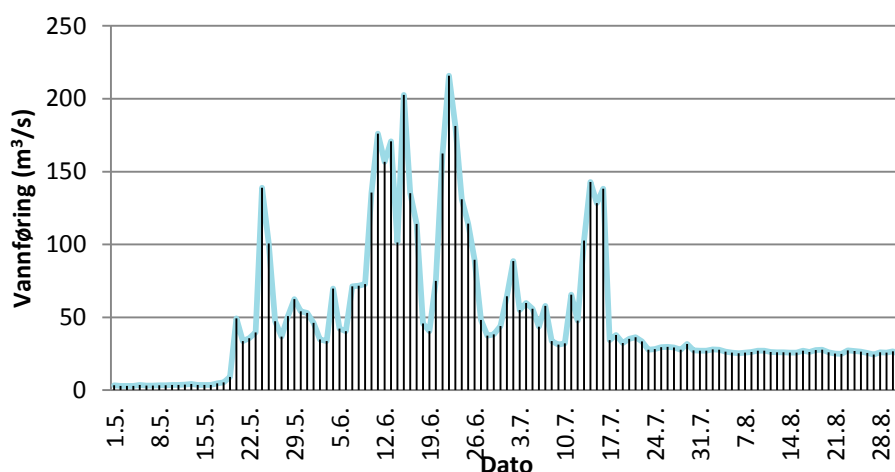
Hydrologiske forhold i Reinforsen

Til tross for betydelig vassdragsregulering i Ranaelva (via Langvatnet kraftverk) forekommer det årlige flommer på minst $300 \text{ m}^3/\text{s}$ over dammen i Reinforsen, og årlige flommer over $600 \text{ m}^3/\text{s}$ er vanlig. Flommer er mest vanlige i sommerhalvåret mellom mai og august (Figur 2). Det er et minstevannføringskrav om $10 \text{ m}^3/\text{s}$ i Ranaelva nedstrøms Reinforsen om vinteren (fra uke 38 til uke 20). Om sommeren er kravet $20 \text{ m}^3/\text{s}$. Vintervannføringen går i all hovedsak gjennom Reinforsen kraftverk, mens overløp over dammen (over kraftverkets slukeevne på $20 \text{ m}^3/\text{s}$) dominerer vannføringen i Reinforsen om sommeren



Figur2. Vannføring (m^3/s) over dammen i Reinforsen (flom og minstevannføring) i perioden 1997-2014. (Data fra Statkraft).

For perioden 1997-2014 (til og med oktober 2014) er det gjort en nærmere analyse av månedene mai-august, som er hovedperioden for både opp og nedvandring (smolt) hos laks. Resultatene viser at vårflommen vanligvis starter i andre halvdel av mai og at den største vannføringen forekommer i juni måned (Figur 3). Her er det naturligvis store variasjoner mellom år.



Figur 3. Medianverdier for vannføring over dammen i Reinforsen (flom og minstevannføring) i perioden 1997-2014 for månedene mai-august. (Basert på data fra Statkraft).

Vanntemperatur og fiskevandring i Reinforsen

Tabell 1 viser et sammendrag av vanntemperaturmålinger utført ved laksetrappa i Reinforsen for årene 1974-2007 (for flere detaljer, se Fjeldstad 2015). Tallene viser at vanntemperaturen i vassdraget er lav, og i kun to av årene var gjennomsnittstemperaturen over 8 grader i juni. Det normale i Reinforsen er at det i juni er en gjennomsnittstemperatur på 4-7 grader. Dette påvirker laksens oppvandring negativt, og lang tids erfaring tyder på at det må være minst 7-7,5° C i vannet før fisk kan/vil vandre opp trappa i Reinforsen. (Det er usikkert om sjøørret og sjørøye har de samme temperaturkravene). Fangstrappene i trappa viser også at det mange år ikke går fisk gjennom trappa før langt ut i juli. Vanntemperatur er antakelig en begrensende faktor for laksetrappas funksjon tidlig på sesongen. Samtidig kan det være gunstige vanntemperaturer fram til langt ut på høsten. De aller fleste år er det gode temperaturforhold for fiskevandring i trappa gjennom hele september, noe som også bekreftes av fangstdata i trappa.

Tabell 1. Gjennomsnittlig månedstemperatur i vannet (°C) målt ved laksetrappa i Reinforsen for årene 1974-2007 (Basert på daglige målinger dokumentert i Tilsynsrapportene)

	Juni	Juli	August	September	Oktober
Median	5,8	9,4	10,5	7,3	5,4

Laksevandring i trappa i Reinforsen

Oppvandringsforholdene i Ranaelva fra sjøen og opp til Reinforsen vurderes som gode selv om det periodevis kan være en relativt lav minstevannføring i oppgangsperioden. Forekomsten av hyppige og store flommer fungerer antakeligvis som effektive lokkeflommer som stimulerer fisk som oppholder seg i sjøen, samt gir gode oppvandringsforhold i elva.

Laksetrappa i Reinforsen sto ferdig i 1957, men i mange år var det stor misnøye over at lite fisk vandret gjennom trappa, og først i 1972, 15 år etter at trappa ble bygget, finner vi sikre opplysninger om at det ble fanget fisk i fella. I Tilsynsrapportene fra de påfølgende årene kan vi lese om daglige observasjoner der fisk går inn i trappa og en del kulper oppover. Likevel er det tydelig at fisken returnerer og svømmer ned i elva igjen. Ved mange anledninger ble trappa inspisert i sin fulle lengde, ofte i forbindelse med at vanntilførselen forsvant som følge av for lavt vannivå oppstrøms dammen. Det ble da observert fisk i noen av kulpene inne i fjellet, men fisken gikk tydeligvis ikke helt opp, og fisk ble ofte observert i dagesvis i enkelte av kulpene. Av konkrete problemer ble særlig følgende nevnt:

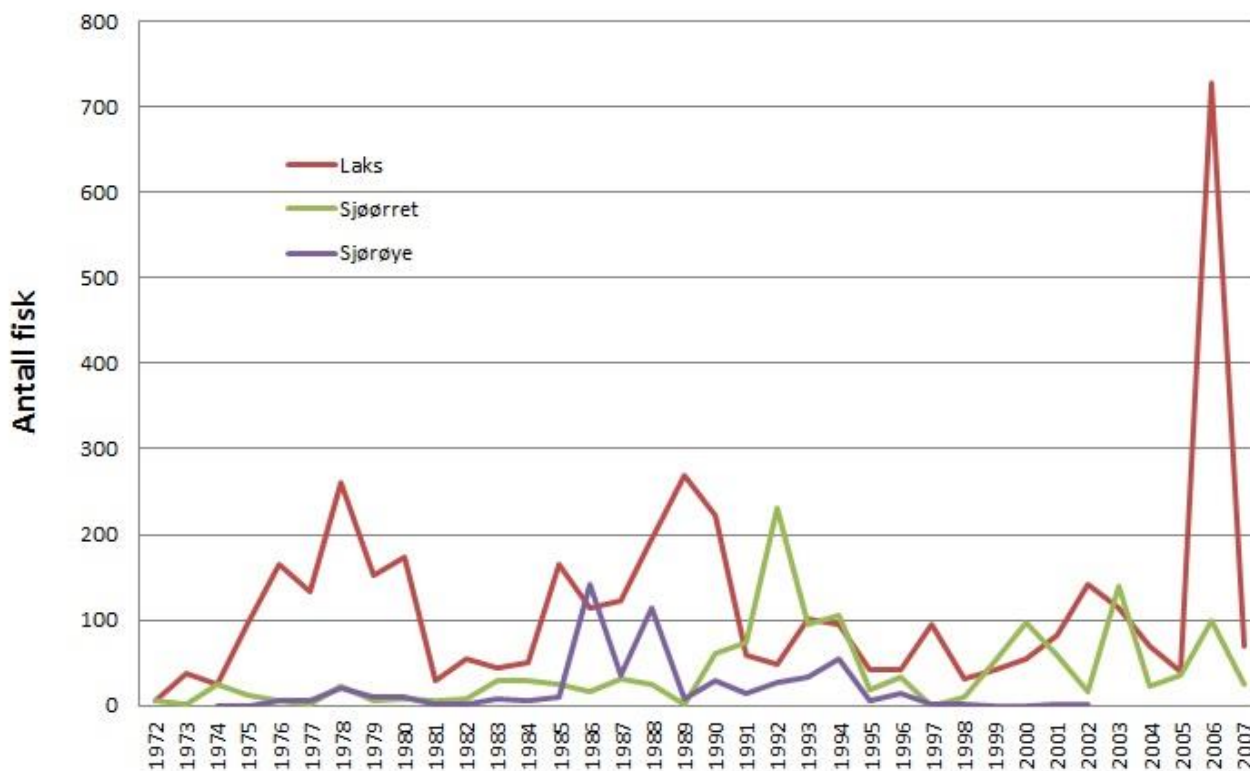
- Det var utilstrekkelig vanntilførselen i trappa, og den gikk stadig tørr eller hadde for lite vann. Her nevnes manglende samarbeid med regulant, samt at inntaksluka til trappa er for høy/grunn.
- Det manglet lys i trappa.

- Det var ugunstige vanntemperatur- eller vannføringsforhold i elva som påvirker fisken i hele vassdraget.
- Fisk samlet seg foran utløpet av kraftstasjonen på motsatt side av elva.

I forhold til Reinforsen kraftverk er det særlig det siste punktet som har vært problematisk.

Det nevnes i Tilsynsrapportene at vannføringen i Reinforsen helst ikke bør være høyere enn 150-160 m³/s, men at den også bør være minst 25-30 m³/s i Kobbfossen, rett nedenfor Reinforsen, for at trappa skal fungere godt. (I Kobbfossen har det tidligere vært utført sprengningsarbeider for å lette fiskens gang i fossen/stryket.) Dette er forhold som ikke påvirkes av Reinforsen kraftverk, da de store vannføringene skyldes flomspill, mens de lave vannføringene er bestemt av konsesjonskrav om minstevannføring i Ranaelva. Ellers nevnes det gjentatte ganger i Tilsynsrapportene at inngangen til trappa virker godt plassert, og dette støttes av uttalelser fra blant andre Bjarne Abrahamsen. Abrahamsen jobbet som byggeleder for bygging av laksetrappet i Direktoratet for jakt, viltstell og ferskvannsfiske fra det ble opprettet i 1965 og fram til sin død i 1979, og var kjent som en dyktig "trappemann".

Fra 1972 ble det gjort betydelige betongarbeider i trappa, og i 1974 gjøres de første forsøkene med kunstig lys i tunnelen. I tillegg settes det inn fisketeller et lite stykke opp i tunnelen. Telleren var tydeligvis ment som en kontroll på hva som gikk inn i trappa i forhold til hva som kom helt opp til fella. Det ble stadig diskutert om lys kunne forklare hvorfor trappa ikke fungert, og i 1976 ble det installert lysarmaturer i hele tunnelens lengde. Dette opplevdes veldig positivt, og antallet fisk som passerte trappa økte betydelig (Figur 4). En annen iakttagelse fra dette tidspunktet er at antall skader på oppvandrende fisk gikk drastisk ned. Før lys ble montert noterte man snuteskader på nærmest all fisk i trappa, og særlig på den store laksen. Etter lysmontering observerte man lite skader på fisken, og i tillegg observeres for første gang at sjørøye kunne forsere hele trappa. Når forholdene har vært høvelige har det altså gått et relativt stort antall laks, sjørøret og sjørøye i trappa. På midten eller slutten av 1970-tallet ble Ranaelva infisert av *Gyrodactylus salaris*. I tillegg nevnes i Tilsynsrapportene problemer skapt av hard beskatning gjennom drivgarnsfiske og ørretgarn, samt forurensing av Ranafjorden som grunner til skuffende fiskeoppgang. Flere av disse forholdene kan forklare svake perioder i kurven i Figur 4. Det ser ut til at 1985 var det første året at fiskens oppgang i trappa stenges øverst, og all laks og ørret ble deretter fraktet til klekkeri. Siden den gang er all fisk sendt til klekkeri eller sluppet tilbake til elva nedenfor.



Figur 4. Antall registrerte laks, sjørørret og sjørøye i fella øverst i laksetrappa i Reinforsen

Laksetrappas tilstand og framtidsplaner

Laksetrappa i Reinforsen og selve fossen ble befart i november 2014 (se Fjeldstad 2015). Trappa og driften av denne er Miljødirektoratets ansvar. På befaringsdagen var fossen og trappa uten vassføring fordi alt vannet gikk gjennom Reinforsen kraftverk. Trappas og tunnelens tilstand ble inspisert i sin fulle lengde. Tunnelen er ca. 2 meter bred og 2 meter høy, og til tross for mindre partier med noe løst fjell virket tunnelen i god stand, og et godt utgangspunkt for en framtidig trapp. Inngangen til trappa har en god plassering med hensyn til attraksjonsmuligheter.

Trappas nedre del, fra terskel 31 og ned til og med inngangen (terskel 1) må ansees som ødelagt i stor grad, selv om fisk antakelig har kunnet vandre inntil nylig. Tersklene er ødelagt og fisk kan skades på armeringsjern og åpninger i betongen. Fra og med terskel 32 vurderes trappa å være i grei stand, og fra og med terskel 59 er tilstanden god. Det er vanskelig å vurdere om det finnes vanskelige punkter for fiskens vandring i trappa, men generelt er sprangene mellom hver kulp godt innenfor det som er normal standard for norske laksetrapper. I tillegg er det dokumentert at sjørøye på under et halvt kilo har benyttet trappa. Det er imidlertid ikke mulig å angi fisketrappas funksjonalitet for noen av målartene, annet enn at de har forekommet i fangstfella i øvre del. En god funksjonalitet for disse artene forutsetter at det er tilstrekkelig

med vann i trappa, noe som i lange perioder har vært et problem fordi vanninntaket til trappa har ligget for høyt i forhold til vannstanden oppstrøms dammen. For å få trappa i bedre funksjon må inntaket senkes med ca. 1 meter, og det må etableres en inntaksluke som enkelt kan justeres i henhold til vannstanden. I trappas arbeidsområde i den øvre delen må tunnelens himling strosses ned for å skape tilfredsstillende takhøyde. Fiskefella må bygges om, slik at det blir enkelt å behandle fisken, alternativt at det etableres et automatisk tellesystem. Det er ingen betenkeligheter med automatiske tellesystemer i denne elva fordi det ikke foreligger fare for spredning av uønskede arter videre oppover i elva. Det elektriske anlegget som skal belyse tunnelen bør for øvrig utbedres.

Et alternativ til opprusting av laksetrappe har vært å bygge ei ny trapp på samme side som kraftverket (Fjeldstad 2015). Dette vil i så fall bli en løsning som kan tilpasses et nytt kraftverk, ved at inngangen til trappa plasseres i nærheten av utløpet til kraftstasjonen. En beslutning om dette må gjøres av Miljødirektoratet som er eier av trappa, og videre i rapporten vil dette alternativet nevnes, men ikke drøftes i detalj.

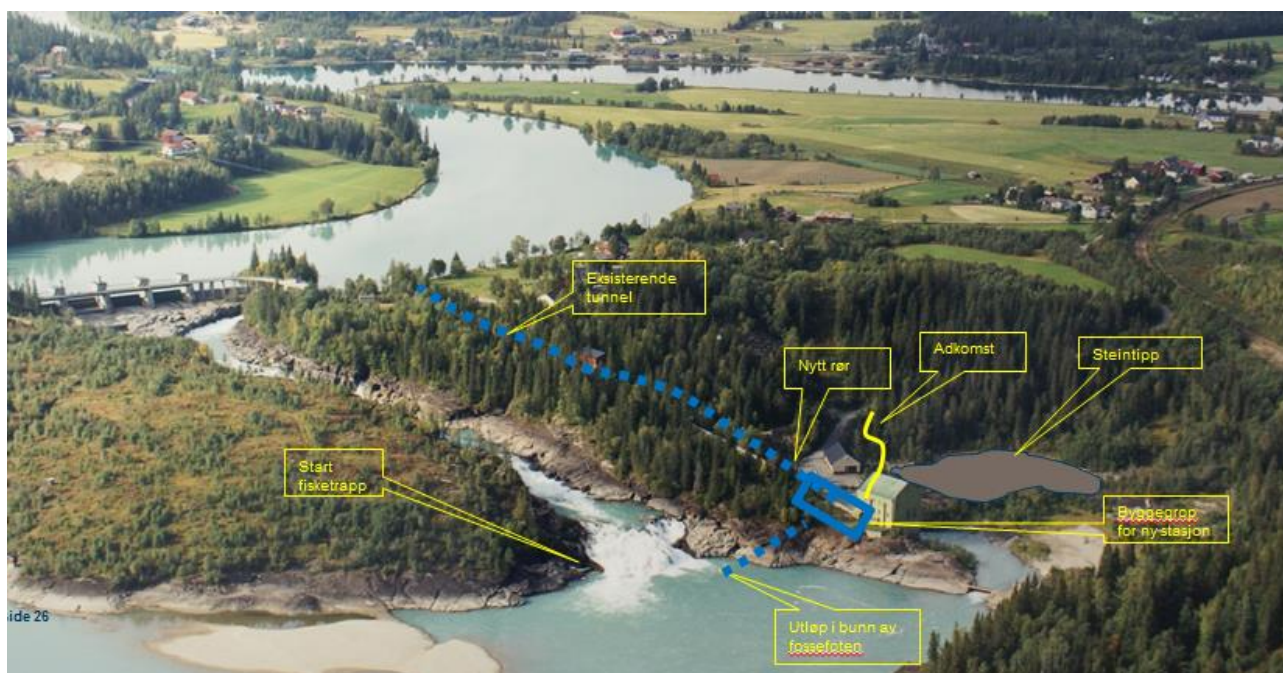
Nytt kraftverk i Reinforsen

Reinforsen kraftverk ble satt i drift i 1925 og betydelige deler av kraftverket er i original utførelse og i dårlig forfatning (pers. medd. Odd Thoresen, Statkraft). Det pågår nå vilkårsrevisjon hvor blant annet minstevannføring i Reinforsen vil komme opp til revidering, og hvor Rana kommune har uttrykt ønske om en økning av denne fra dagens krav om sommeren på 20 m³/s i Ranaelva nedstrøms Reinforsen (Rana kommune 2010). Statkraft som regulant har gjennomført en evaluering av hva som er det gunstigste alternativet for videre kraftverksdrift i Reinforsen. I alt 8 alternative løsninger, hver med 4 forskjellige manøvreringsreglement, har vært med i vurderingene. Av disse er det to hovedalternativ som har pekt seg ut:

- Alternativ "0.1ny" Ny stasjon med dagens slukeevne (3,4 MW) og nytt rør. Utløp som i dag
- Alternativ "1c". Ny stasjon med slukeevne på 30 m³/s (8,5 MW) og nytt rør. Utløp i fossefot

Ved begge alternativer vil både inntakskanalen og tilførselsrøret for vann til kraftstasjonen beholdes i forhold til dagens løsning.

Alternativ "0.1ny" er tilnærmet identisk med dagens situasjon, mens alternativ "1c" innebærer økt slukeevne fra dagens 20 til 30 m³/s, samt at utløpet flyttes fra dagens utløpskanal og rett ut mot fossefoten på nordsiden av elva (Figur 5). Videre i rapporten er det alternativ "1c" som vil omtales som nytt kraftverk i Reinforsen, mens alternativ "0.1ny" omtales som dagens kraftverk (til tross for store utskiftinger/vedlikehold).



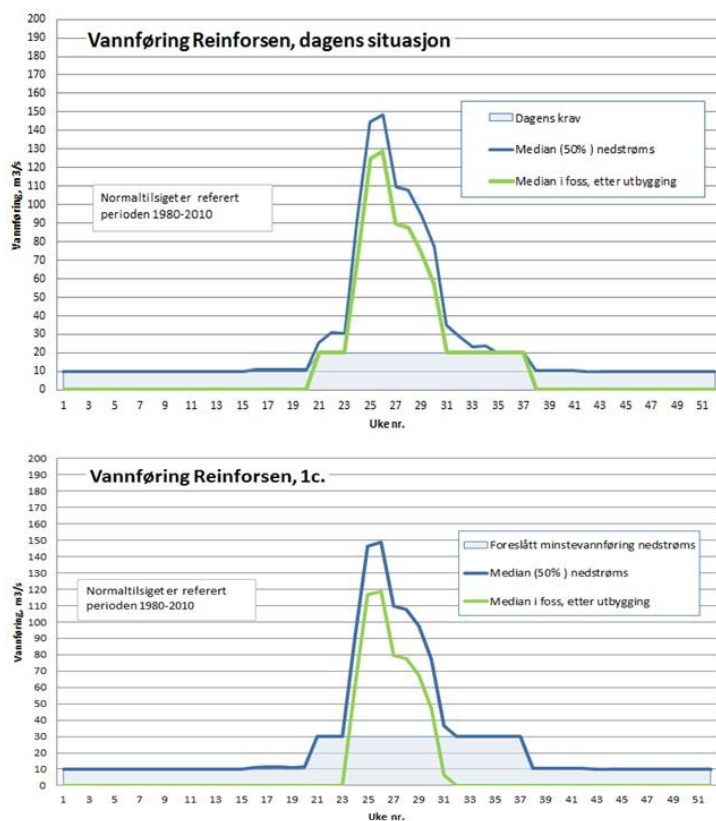
Figur 5. Oversiktsbilde av hovedelementene til nytt kraftverk i Reinforsen (montasje: Statkraft).

Vandringsforhold for anadrom laksefisk i forhold til dagens kraftverk i Reinforsen vil i stor grad ikke bli vektlagt videre i rapporten. Det henvises her til innledende kapitler og øvrig litteratur (bl.a. Fjeldstad 2015).

Nytt kraftverk i Reinforsen vil i hovedsak påvirke oppvandringen av laks, sjøørret og sjørøye på to måter:

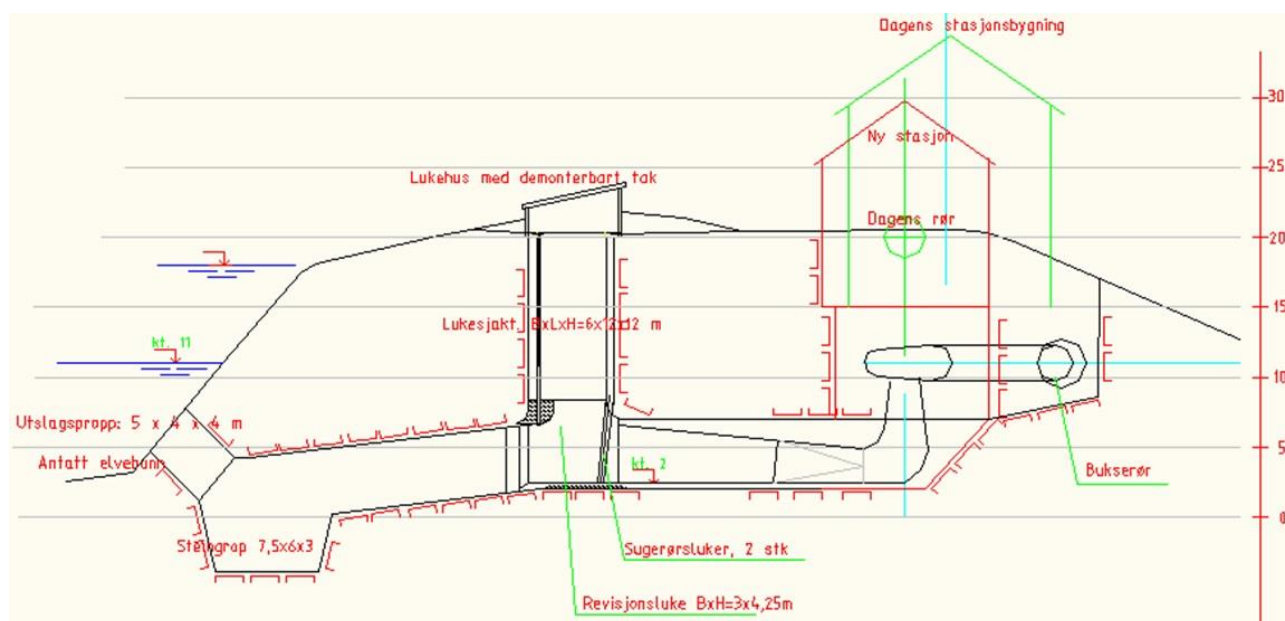
- Økt slukeevne vil redusere vannføringen gjennom fosseløpet og øke vannføringen gjennom kraftverksutløpet.
- Ny lokalisering av utløpet vil bringe produksjonsvannet ut mot fossefoten og den gamle utløpskanalen (se Figur 1) vil ikke lenger ha vannføring.

Konsekvensene av økt slukeevne framgår i Figur 6. Vi ser her at vannføringen i Ranaelva nedstrøms Reinforsen ikke vil endres nevneverdig, men vannføringen i fosseløpet vil reduseres til fordel for økt kraftproduksjon. Spesielt må det bemerkes at i et medianår vil det ikke være vannføring i fosseløpet fra midten av august (uke 32) og fram til begynnelsen av juni (uke 23). Et eventuelt krav om vannslipp i denne perioden vil gi tilsvarende redusert driftsvannføring i kraftverket. Her vil det være variasjoner som gjør at denne perioden kan være kortere eller lengre mellom år, samt at flommer vil kunne forekomme også i denne perioden. Med dagens kraftverk vil fossen i et medianår være tørr i en kortere periode, dvs mellom siste halvdel av september (uke 38) og midten av mai (uke 20).



Figur 6. Vannføringsforhold i Reinforsen med dagens (øverst) og med nytt kraftverk.

Utløpet fra et nytt kraftverk er planlagt dykket, dvs at overkanten av utløpstunnelen vil ligge på ca kote 8,0 moh, mens overflaten i elva vil variere mellom kote 11 på lav vannføring og opptil kote 18 ved store flommer. Et tverrsnitt av kraftverket og utløpstunnelen er vist i figur 7.



Figur 7. Tverrsnitt av nytt Reinforsen kraftverk med utløpstunnelen og elva til venstre.

3 Oppstrøms vandring av anadrom fisk forbi Reinforsen og det nye kraftverket

Generelt om fisketrapper for anadrom fisk i Norge

Bygging av ca. 440 trappeanlegg for anadrom laksefisk i Norge har vist at riktig konstruerte trapper effektivt kan få fisk forbi vandringshindre (Fjeldstad m. fl. 2013). Flere forhold er viktige for at trappa skal fungere godt. Inngangen til trappa må plasseres riktig, det må være tilstrekkelig med vann i trappa, og utformingen må tilpasses vannføringen i elva. I tillegg er fiskens kapasitet til å svømme og hoppe avhengig av vanntemperatur. Det har for eksempel vist seg at fisk ikke kan passere fosser og trapper før vanntemperaturen har kommet opp til 8-10°C. (Temperaturgrensen er antakelig stedsspesifikk, og i Reinforsen er det registrert vandring i trappa allerede fra 7-7,5°C). Det er således kjent at sportsfisket kan forsinkes ovenfor slike hindre ved lave vanntemperaturer. De fleste norske laksetrapper er bygget forbi naturlige vandringshindre (Grande 2010), og anslagsvis 30 % er bygget forbi menneskeskapte hindre som for eksempel vannkraftdammer. Ved en gjennomgang av alle norske laksetrapper kom det fram at trapper forbi vannkraftverk har bedre funksjon enn trapper forbi naturlige hindre (Fjeldstad m. fl. 2013). Trolige grunner til dette er at både tilsyn og vedlikehold av trapper forbi kraftverk er bedre fordi dette er sikret gjennom konsesjonsvilkår eller andre avtaler. Generelt er det klart at manglende vedlikehold og tilsyn med trapper er en hovedgrunn til dårlig funksjon. For øvrig er det også slik at det ikke er etablert drivkrefter for fiskevandring forbi naturlige vandringshindringer, og at det tar tid å bygge opp en bestand som skal søke tilbake til sine oppvekstområder etter at disse er åpnet ved hjelp av fisketrapper.

Blant trapper som har dårlig funksjon av andre grunner, er feil plassering av inngangen den vanligste grunnen. Blant annet er det viktig at inngangen er plassert umiddelbart i nærheten av selve vandringshindret, på et sted hvor fisken enten samles eller naturlig velger å undersøke, slik som områdene rundt en fossefot. Trappa må skape en attraksjonsstråle ut i resipientkulpen som fisken oppholder seg på dagtid, og når denne er vanskelig å finne kan fisken få problemer med å finne innhoppet (Croze m. fl. 2008). Et kjent problem oppstår dersom inngangen til fisketrappa befinner seg et stykke nedenfor vandringshindret (Grande, 2010). Forskjellige studier har også vist at utløp fra kraftstasjoner kan tiltrekke seg oppvandrende laksefisk, og føre til at fisken forsinkes i sin vandring (Arnekleiv & Kraabøl 1996; Kraabøl & Arnekleiv 2000; Thorstad m. fl. 2003). Spesielt er dette et problem dersom vannføringa fra kraftverket blir svært dominerende i forhold til vannføringen i den ønskede vandringsveien (Arnekleiv & Kraabøl 1996). For ørreten i Hunderfossen har det vist seg at fisketrappa fungerer best når det slippes vann gjennom den damluka som styrer vannføringen nærmest inngangen til fisketrappa (Kraabøl, M., upublisert materiale). I en studie av 90 norske laksetrapper ble det ikke funnet en sammenheng mellom avstand mellom vandringshinder og inngangen til trappa og trappas funksjon (Fjeldstad m. fl. 2013). Avstandene varierte her stort sett mellom 2 og 10 meter. I ett tilfelle, i Fiskumfossen i Namsen, var avstanden 65 meter, og denne trappa fungerer godt, med opptil 2 tusen passeringer årlig. Det er likevel viktig å nevne at disse undersøkelsene ikke inkluderte nøyaktige vurderinger av om vandringen faktisk ble forsinket som følge av ugunstig plassering av trappenes inngang. Dette krever omfattende atferdsstudier på den enkelte lokalitet, som må avklare om forsinkelsen skyldes trappa eller er en generell forsinkelse som er normalt ved de fleste stryk og fosser som er vanskelige å passere for fisken.

Konsekvenser av nytt Reinforsen kraftverk på vandring i laksetrappa

Nytt kraftverk i Reinforsen vil kunne gi konsekvenser for fiskevandring ved at:

1. Kraftverksutløpet vil flyttes nærmere fossefoten
2. Det vil renne mindre vann i fosseløpet i vandrings sesongen

Ny lokalisering av kraftverksutløpet må betraktes som entydig positivt for funksjonen av dagens laksetrapp. Dagens utløpskanal fra kraftverket har tiltrukket oppvandrende fisk og har fungert som en "blindvei". At fisk tydeligvis har blitt stående i utløpskanalen over tid indikerer at fisken har hatt problemer med å finne inngangen til trappa, også over tid. Dersom utløpet flyttes ut mot fossefoten vil dette bety at produksjonvannet vil munne ut i samme område som fisken befinner seg i når den leter etter alternative vandringsveier (trappa) og dette vil etter all sannsynlighet virke positivt inn på fisketrappas funksjonalitet for alle målartene. Fra tegninger over kraftverksplanene ser det ut til at utløpstunnelen vil munne ut ca. 50 meter fra inngangen til trappa. Dette er ikke optimalt, men samtidig ikke lenger enn flere andre velfungerende

trappelokaliteter i Norge, og langt bedre enn dagens løsning. Dette må også sees sammen med punkt 2 over, dvs vannføring i fossen. Vannføringen i trappa er ca $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, og dette representerer en relativt liten attraksjonsstrøm, til tross for at inngangen til trappa er god. Planene om nytt kraftverk innebærer at fossen vil være tørr i lengre perioder i vandrings sesongen i forhold til i dag, spesielt i august og september. Dette kan være negativt for oppvandringen ved at vannføringen i trappa er den eneste attraksjonsstrømmen, i konkurranse med produksjonsvannet fra kraftverket. Resipientkulpen er imidlertid stor og åpen i utformingen, og det forventes at individene vil kunne søke aktivt omkring etter alternative oppvandringsveier.

Utløpstunneler bør utstyres med varegrind for å hindre fisk i å svømme inn i tunnelen og bli stående der. Opphold i tunnel kan forsinke oppvandring, samt føre til skader på fisk, for eksempel ved trykkfall ved hurtig driftstans eller fysiske slag mot kroppen rett bak turbinene. Med de foreliggende planene kan ikke fisk komme seg helt fram til turbinene. Det er således den ytre delen av tunnelen som kan være et aktuelt oppholdssted for fisk. For den planlagte kraftstasjonen (Figur 7) er det antydning at utløpet kan rettes oppad. I et slikt tilfelle kan man unngå å installere varegrind dersom vannhastigheten også er høy, dvs $2-4 \text{ m/s}$. Da vil tunnelen som oppholdssted ikke være realistisk untatt i korte perioder.

Ut fra bilder av Reinforsen kan det se ut til at ved lave vannføringer i fosseløpet vil mye av dette vannet munne ut i fossekulpen rett til side for inngangen til trappa. Dette er gunstig fordi det vil fungere som attraksjonsvannføring som kommer i tillegg til trappevannføringen. I februar 2016 gjennomførte Statkraft undersøkelser av dette ved å slippe vannføringer mellom 2 og $12 \text{ m}^3/\text{s}$ i fosseløpet via luker i dammen. Disse testene støtter inntrykket av at små vannføringer ($2-4 \text{ m}^3/\text{s}$) i fosseløpet i sin helhet vil munne ut ved siden av trappeinngangen. Dette vil sammen med vannføringen i trappa representere en betydelig attraksjon for fisk (ca 10% av produksjonsvannet fra kraftstasjonen), og vil med stor sansynlighet tiltrekke seg fisk på en effektiv måte. En usikkerhet knyttet til disse testene er at det lå en del snø og is i fosseløpet under testene. Dette vil kunne påvirke strømningsbildet i fossen og i kulpen under.

4 Forslag til tiltak for effektiv fiskeoppgang med nytt kraftverk

Effektiv fiskevandring forbi Reinforsen forutsetter at dagens laksetrapp settes i stand både med hensyn til fysisk utforming og belysning. Dette er ikke regulantens ansvar, og er behandlet i Fjeldstad (2015).

Det er viktig at oppvandrende laks, sjørret og sjørøye ikke går inn i tunnelutløpet men vandrer til foten av Reinforsen hvor fisketrappen er lokalisert. Det er i særlig grad tre tiltak som kan sikre oppvandring fra samløpshølen, og disse henger sammen:

1) Utløpet av kraftverket bør plasseres nær trappeinngangen for å unngå at fisken samles vekk fra laksetrappa. **Aktuelle tiltak:** Dersom Miljødirektoratet ønsker å beholde den eksisterende laksetrappa vil det være en fordel at et nytt kraftverk munner ut på samme side, eller så nær trappa som mulig. Det er viktig at fisken ikke lenger får mulighet til å stille seg opp i en separat utløpskanal slik situasjonen er i dag. Dette er svært uheldig for en effektiv oppvandring i trappa. Det har vært ønsker fra lokale interesser om å bygge ny trapp på motsatt side av elva. Dersom dette blir framtidens fisketrapp er det viktig at denne samlokaliseres med kraftverksutløpet, slik at denne får inngangen plassert i nærheten av utløpet.

2) Oppvandrende fisk må hindres fra å svømme innover i utløpstunnelen. **Aktuelle tiltak:** Det bør settes opp gitter ved tunellutløpet som med god margin hindrer alle størrelsesgrupper av oppvandrende laks, sjørørret og sjørøye fra å svømme inn i tunnelen. Gitteret må dekke hele tverrsnittsarealet av tunnelåpningen. En foreløpig anbefaling til lysåpning er 3-4 cm, men dette bør vurderes grundigere opp mot størrelsesfordelingen av gytevandrende fisk i vassdraget. Generelt sett bør det settes noe strengere marginer i forholdet mellom fiskens kroppsbredde og gitterets lysåpning ved oppgangssperrer sammenlignet med nedgangssperrer. Årsaken til dette er at oppvandrende fisk lettere kan presse seg gjennom lysåpninger som er mindre enn naturlig kroppsbredde som følge av at den genererer stor svømmekraft med halen og at brystfinnene klemmes lett inntil kroppen. (Ved nedvandring mangler svømmekraften ettersom den gjerne passerer strømsatte hindringer med halen først (baklengs), og brystfinnene kan virke som «mothaker» ettersom de ikke kan brettes fremover).

Alternativt tiltak: Krav om varegrind kan fravikes dersom utløpet fra utløpstunnelen utformes slik at det blir uoverkommelig for fisk å oppholde seg inne i tunnelen. Dette kan oppnås ved at utløpet senkes såpass ned i grunnen at sugerøret vinkles vertikalt oppover. Dermed vil det dannes en oppvellende vannstrøm (såkalt «strømsopp») inntil fossefoten. Laksefisk unngår slike turbulente områder, og på den måten vil problemet med innvandring av fisk i avløpstunnelen kunne reduseres eller elimineres. I tillegg bør vannhastigheten ut av tunnelåpningen overstige 3 m/s i hele fiskens oppvandringsperiode.

Areal- og volumbeslaget som utgjøres av en slik oppvellende og turbulent strøm vil gjøre at sannsynligheten for at fiskene oppholder seg på motsatt side av fossefoten (innhoppet til dagens fisketrapp) vil øke. De øvrige syns- og lydstimuli som avgis av strømsoppen vil medføre at oppvandrende fisk søker inn mot denne delen av resipientkulpen.

- 3) Vassføringsstimuli fra fossen må være tilstrekkelig stor og såpass markert at fisk som oppholder seg i samløpshølen kan detektere vandringsruten opp fisketrappa så tidlig som mulig etter ankomst i til hølen. **Aktuelle tiltak:** Planene for nytt kraftverk angir at utløpet vil kunne ut ca 50 meter fra inngangen til fisketrappa. Dette er noe langt, og dersom utløpet ikke kan flyttes nærmere trappa bør det i hele vandrings sesongen for fisk slippes minst 2-3 m³/s vann i fossen og dette vannet må kunne ut umiddelbart til side for trappeinngangen. De topografiske forholdene ved samløpsområdet vurderes som såpass gunstige at dette ligger innenfor det som forventes å gi god effekt på gytevandrende fisk. Dette tiltaket er ikke nødvendig dersom det bygges ny trapp på elvas nordside.

5 Forslag til tiltak for effektiv nedvandring av fisk med nytt kraftverk

Som nevnt tidligere har ikke Ranaelva oppstrøms Reinforsen vært utnyttet som produksjonsområde for anadrom fisk fram til i dag, og utfordringer rundt nedvandring har vært lite påaktet. En nærmeste beskrivelse av disse utfordringene finnes i Fjeldstad (2015). Et nytt kraftverk i Reinforsen vil benytte samme inntakskanal som idag, og vil således ikke innebære en ny fare for framtidig nedvandring hos ungfisk (smolt) av laksefisk og utgytt voksefisk (støing) i forhold til i dag. Riktignok vil et nytt kraftverk få en økt slukeevne, og dermed potensielt tiltrekke seg nedvandrende smolt og utgytt fisk i større grad, men det antas at nedvandring i all hovedsak vil foregå i en periode hvor det er stort flomspill over selve dammen (Figur 3). Dette bør bekreftes med egne studier av fiskens nedvandringsatferd i framtiden.

Fiskevandring gjennom turbinene i Reinforsen kraftverk må antas å medføre betydelig dødelighet på smolt, og dødelighet hos støing vil antakelig være nærmere 100 %. Det anbefales derfor at det iverksettes tiltak som hindrer nedvandrende fisk fra trubinpassasje. Et fysisk fiskestengsel i form av ei finmasket varegrind foran inntaket vil derfor være viktig. Det kan være utfordrende og kostbart å retrotilpasse fiskavledningssystemer foran eksisterende inntak, men ved bygging av ny kraftstasjon bør et krav om en tilnærmet 100 % effektiv fiskesperre på inntaket være ufravikelig. Typisk vil et avledningssystem bestå av en finmasket varegrind foran kraftverksinntaket, i kombinasjon med et trygt nedvandringsalternativ i umiddelbar nærhet av varegrinda. Den nye varegrinda kan med fordel plasseres i forkant av eksisterende grind for å øke tverrsnittsarealet. Dette vil bidra til å redusere vannhastigheten ned mot 0,5 m/s (Kraabøl 2013) og eliminere falltap. Det bør utredes nærmere hvilke tekniske muligheter som foreligger for vinkling av varegrinda i alfa- eller betaplanet, og eventuelt utforming av en baugformet varegrind som styrer nedvandrende fisk mot alternative nedvandringsveier.

Så langt har det vært gjort vellykkede forsøk med skråstilte varegrinder hvor fisk ledes ut gjennom åpninger mot siden (beta-grinder), eller skråstilte varegrinder hvor fisk ledes opp mot åpninger i overflaten (alfa-

grinder). I begge tilfeller må avstanden mellom spilene i grinda (spalteåpning) være mindre enn smoltens bredde (10-15 mm) for å være 100 % effektiv, men svenske forsøk har vist gode resultater med spalteåpninger på ca. 20 mm (Greenberg m. fl. 2012). Som alternativ vandringsvei bør det benyttes en eller to overflateåpninger i dammen, som en forlengelse av åpningene i varegrinda, og umiddelbart til side for inntaket. Vannføringen i et overflateutløp er avhengig av elvas størrelse, men internasjonal litteratur anbefaler at 2-10 % av inntakets vannføring bør benyttes for å lokke fisk forbi inntaksområdet. Det eksakte tallet er avhengig av flere faktorer. I tillegg må det vurderes om vandringsveien skal ha justerbar luke tilpasset varierende vannivå ovenfor dammen. Når det er større flommer i fossen vil en slik åpning i dammen trolig ha liten betydning, da fisken kan slippe seg over dammen hvor som helst.

Videre anbefales det at vanninntaket blir neddykket med minst 2-3 meter. Fra øvre del av selve turbininntaket og opp til vannoverflaten bør det etableres en tilbakeslagssone for innstrømmende vann fra f.eks. en betongvegg. Dette skaper et område som utgjør et attraktivt hvileområde for både smolt og støing i påvente av å finne fram til alternativ nedvandringsvei. Ved elvekraftverk er det vanlig å observere ventende smolt og støing i dette overflatelaget i forkant av turbininntak. Ulike tiltak for å øke områdets egnethet for venteopphold bør utredes.

Fisk kan vandre ned over damlukene når det er overløp, men heller ikke dette er ufarlig. I internasjonal litteratur beskrives til dels betydelig dødelighet i fosser og over damluker dersom fritt fall over stiger 10 meters høyde ned til vannoverflate. Dødelighet inntreffer ved lavere fall dersom fisk treffer treffer stein- og fjellgrunn i fosseløpet. Dette er det ikke mulig å vurdere for Reinforsen uten nærmere studier. Om det skal gjennomføres sprengningstiltak i selve fosseløpet for mer skånsom nedvandring hos fisk, må dette vurderes om sommeren etter nærmere studier. Dette nevnes i denne rapporten, men dødelighet som følge av fiskevandring ned fossen, samt tiltak for å redusere dødelighet i denne passasjen, er i utgangspunktet ikke en konsekvens av Reinforsen kraftverk. Når det nevnes er det fordi dødelighet ved fossevandring kan påvirkes av vannføringen i fossen, noe som igjen påvirkes av både Langvatnet og Reinforsen kraftverk.

6 Oppsummering og konklusjoner

Statkraft ønsker å ruste opp dagens kraftverk i Reinforsen i Ranaelva. To hovedalternativer for nytt kraftverk foreligger:

1. Nytt kraftverke med samme utforming og kapasitet som dagens kraftverk
2. Nytt kraftverk med økt slukeevne fra 20 til 30 m³/s og med ny utløpstunnel ut mot fossefotens nordside i kulpen under Reinforsen.

I tillegg til ny lokalisering av utløpet i alternativ 2 vil dette alternativet også medføre at vannføringen i fosseløpet i Reinforsen blir redusert i deler av vandringsseasonen til anadrom laksefisk.

Laksetrappa i Reinforsen ble bygget på 1950-tallet og etter flere utbedringer viste den seg å fungere når vannføring og vanntemperatur i trappa var innenfor toleransegrensende for oppvandrende fisk. Oppdagelse av lakseparasitten *Gyrodactylus salaris* i Ranaelva medførte fra midten av 1980-tallet at fisk som ble fanget i trappa ble sendt til klekkeri eller sluppet tilbake på nedsiden av Reinforsen. Laksetrappa har over tid forfalt og det foreligger planer om restaurering av trappa, alternativt å bygge ny trapp på motsatt side av elva. Slik trappa framstår i dag er den ikke godt egnet for fiskevandring. Ranaelva oppstrøms Reinforsen har i svært liten grad blitt utnyttet som produksjonsområder for anadrom laksefisk, men det er ønskelig å få til dette i framtiden, og når lakseparasitten er fjernet.

Reinforsen kraftverk er i stor grad fra 1925 og i dårlig forfatning. Statkrafts planer om opprusting endrer ikke oppvandringsforholdene for anadrom laksefisk dersom alternativet tilsvarende dagens forhold velges. Velges derimot alternativet med økt slukeevne og ny utslippskanal ut mot fossefoten vil dette påvirke vandringsforholdene, og i stor grad i positiv retning dersom man implementerer nødvendige tiltak. Ny utløpskanal mot fossefoten er gunstig, spesielt dersom Miljødirektoratet ønsker å etablere ny fisketrapp på samme side av elva som kraftverket. Da kan inngang til laksetrapp og utløp av kraftverket utformes sammen. Uansett valg av trase for laksetrapp foreslås følgende tiltak for utløpskanalen:

1. Utløpsåpningen bør plasseres i samme område som inngangen til fisketrappa.
2. Utløpsåpningen forsynes med fiskesperre i form av varegrind med spalteåpning på 3-4 cm.
3. Alternativt til pkt 2 anbefales et oppadrettet sugerør som medfører en oppvellende strømsopp så nært inntil fossefoten som mulig vil skape ugunstige oppholdsplasser for fisk i nærheten av utløpet. Dette vil presse fisk vekk fra kraftverksutløpet og dermed øke sjansene for at fisken finner trappas innhopp. Vannhastigheten ut av tunnelåpningen bør overstige 3 m/s dersom varegrind ikke benyttes.

Økt slukeevne vil i følge regulanten medføre at fosseløpet vil bli uten vannføring i deler av oppvandringsseasonen for laksefisk, spesielt i andre halvdel av august og i september. Dette er ugunstig fordi vannføring i fossen skaper en attraksjonsstøm umiddelbart til side for trappeinngangen som vurderes som svært viktig. Her foreslås at det uansett bør være en vannføring i fossen på 2-3 m³/s innenfor oppgangstiden for laks, sjørret og sjørøye. Fra historiske bilder ser det ut til at slike små vannføringer vil kunne ut ved siden av trappa, og dette antas å gi en svært god virkning på oppvandrende fisk som søker etter vandringskorridorer. Forsøk som ble utført i februar 2016 støtter dette inntrykket, men forsøkene ble gjort med betydelige snø- og ismengder i fossen og innebærer usikkerhet.

Nedvandring av fisk forbi Reinforsen er uoversiktlig og videre studier er nødvendig for å finne fram til tekniske miljøløsninger. De strukturelle forholdene ved turbininntaket blir imidlertid ikke endret ved etablering av nytt kraftverk ettersom inntaksløsningen vil være identisk med dagens løsning. Inntaket til Reinforsen kraftverk bør stenges for smolt og vinterstøing med tilnærmet 100 % effektivitet ved å installere en finrist foran inntakskanalen, og det må i tillegg anlegges en eller to alternative vandringsveier umiddelbart til side for inntaket til kraftverket.

7 Referanser og litteratur

Arnekleiv, J.V. & Kraabøl, M. 1996. Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout (*Salmo trutta* L.) in relation to water flow in a regulated Norwegian river. *Regulated Rivers; Research & Management* **12**; 39-49.

Berg, M. 1964. Nord-norske lakseelver. Johan Grundt Tanum forlag. 300 s.

Croze, O., Bau, F. & Delmouly, L. 2008. Efficiency of a fish lift for returning Atlantic salmon at a large-scale hydroelectric complex in France. *Fisheries Management and Ecology* **15**; 467–476.

Fjeldstad, H. P., Uglem, I., Diserud, O. H., Fiske, P., Forseth, T., Kvingedal, E., Hvidsten, N. A., Økland, F. & Järnegren, J. A. 2011. A concept for improving smolt migration past hydropower intakes. *Journal of Fish Biology* **81**, 642–663

Fjeldstad, H.-P. 2015. Opprusting og utvidelse av Reinforsen kraftverk i Ranaelva. SINTEF-rapport TR-A7454

Fjeldstad, H.-P., Alfredsen, K. & Forseth, T. 2013. Atlantic salmon fishways: The Norwegian experiences. VANN 02-2013.

Grande, R. (2010). Håndbok for fisketrapper. Fagbokforlaget. ISBN978-82-519-2540-2

Kraabøl & Arnekleiv 2000. Spawning migration of brown trout (*Salmo trutta* L.) in a regulated Norwegian watercourse: impact of turbine water outlet into the lake and reduced water flow in the spawning tributaries. *In: Advances in Fish Telemetry; Proceedings from the Third International Symposium on Fish Telemetry*. CEFAS Lowestoft England, pp. 237-244.

Kraabøl, M. 2013. Varegrinder foran turbininntak ved elvekraftverk; barrierer eller inngangsporter for fisk? VANN 01/2013; 45-53

Greenberg,L., Calles, O., Andersson, J., &Engqvist, T. 2012. Effect of trash diverters and overhead cover on downstream migrating brown trout smolts. *Ecological engineering* **48**, 25-29.

Rana kommune. 2010. Innspill til konsesjonsvilkår for reguleringene i Ranaelvavassdraget. av 28. juni 2010.

Thorstad, E. B., Økland, F., Kroglund, F. & Jepsen, N. 2003. Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fish Management Ecology* **10**; 139–146.

Tilsynsrapportene. 1972-2007. Årlige rapporter fra tilsynsmenn Alf Jacobsen/Torleif Frøysa basert på dagboka fra laksetrappa i Reinforsen. Kopiert med tillatelse fra Torleif Frøysa, november 2014.



Teknologi for et bedre samfunn

www.sintef.no