

Terskelfjerning og andre tiltak for å bedre vandringsforholdene for laksefisk

Av Hans-Petter Fjeldstad

Hans-Petter Fjeldstad er forsker ved SINTEF Energi.

Innlegg på seminar i Norsk vannforening 21. november 2012.

Summary

Despite its capacity to overcome migration man-made barriers represent migration challenges for adult salmon and trout. Even greater are the challenges associated with downstream migrating juveniles, often migrating in the bulk discharge, and thus are likely to be brought into the power plant turbines. Delays or complete stop at upstream migration obstacles can affect fish production, while migration through turbines is associated with both direct and delayed mortality. This article presents measures and solutions on how migration problems can be reduced or eliminated. The examples used are mostly taken from the southern Norwegian rivers Nidelva and Mandalselva, and the studies have been part of a PhD project under the CEDREN research center, led by SINTEF Energy and largely funded by the Norwegian hydropower industry. The results show that many current problems can be remedied with knowledge based technical solutions.

Sammendrag

Til tross for sin kapasitet til å fersere vandringshindre representerer menneskeskapte barrierer vandringsutfordringer for voksen laks og ørret. Enda større er utfordringene for nedvandrende ungfisk, som ofte vandrer i vannets hovedstrøm, og dermed er utsatt for å bli ført inn i kraftverks-

turbiner. Forsinkelser eller stans ved oppvandringshindre kan ha betydning for fiskeproduksjonen, mens vandring gjennom turbiner er forbundet med både direkte og forsinket dødelighet. I denne artikkelen presenteres tiltak og løsninger på hvordan vandringsproblemer kan reduseres eller fjernes. Eksempelene som er brukt er hovedsakelig hentet fra sørlandselvene Nidelva og Mandalselva, og arbeidene har vært en del av et doktorgradsprosjekt under forskningssenteret CEDREN, ledet av SINTEF Energi og i stor grad finansiert av den norske vannkraftbransjen. Resultatene viser at mange aktuelle problemstillinger kan avbøtes med kunnskapsstyrte, tekniske løsninger.

Innledning

Fisk, vannkraft og dammer

Konstruksjon av dammer og terskler er en hovedtrussel mot elvelevende fiskepopulasjoner (Petts 1984; Ward, 1989; Larinier, 2001). Norge er et kjerneområde for den atlantiske laksen, og samtidig dekket omtrent alt norsk elektrisitetsforbruk av vannkraft. Dette innebærer et konfliktpotensial som også omfatter ørreten, selv om denne arten ikke har et like stort økonomisk potensial. Vannkraftdammer representerer menneskeskapte vandringshindre, som kan stoppe eller forsinke fisken (Mills 1989). I tillegg er inntak til turbiner en uønsket vandringskorridor for utvandrende smolt, og ungfisken ser ut til å følge hovedstrømmen, som ofte går gjennom turbinene (Rivinoja,

2005). Dette medfører dødelighet som følge av direkte treff på skovlene (se for eksempel Monten, 1985) og forsinket dødelighet eller redusert reproduksjonsevne på grunn av skader på sanse-systemet for øvrig (Ferguson og medf., 2006).

Laksetrapp og smoltutvandring forbi inntak

Det finnes ca. 350 laksetrapp i Norge, de fleste forbi naturlige fossefall, men mange forbi menneskeskapte vandringshindre. Omtrent en fjerdedel av disse fungerer dårlig (Fjeldstad, 2012-a). Ett av problemene er at trappene er lite fleksible for varierende vannføring i elva, andre steder er inngangen feil plassert, og mange steder er trappene ødelagt av fysiske påkjenninger. I noen tilfeller finner vi i Norge inntak til turbiner på lakseførende strekning, men til gjengjeld er dette problemet utfordrende å løse (Fjeldstad og medf., 2012-b), fordi laksesmolten må skilles fra hovedvannmassene. Løsningen i hvert enkelt tilfelle ligger i å finne en kombinasjon av tiltak, både fysisk avstenging eller lokkeutløp, anlegg med lys eller lyd, og fordeling av vann mellom kraftverk og forbitapping (omløp).

Sørlandslaksen

På Sørlandet er det bygget terskler på minstevannføringsstrekninger i en tid hvor laksen var utryddet, eller sterkt redusert, av forsuring. I flere elver er det minstevannføringsstrekninger med en vannføring som ikke har tatt hensyn vandring, gyting og oppvekst hos laksefisk. Når fisken nå har kommet tilbake (Hesthagen, 2010) danner tersklene vandringshindre, mens de i utgangspunktet skulle tjene som bidrag til bedre estetikk og til rekreasjonsområder for mennesker. Minstevannføringsstrekninger forsinkes og stanser vandring hos voksen laksefisk (Thorstad og medf., 2003), og forhold for gyting og oppvekst er redusert (Fjeldstad og medf., 2012-c). Norsk vannkraftbransje har et ønske om å produsere miljøvennlig elektrisitet, men har samtidig et samfunnsansvar for å disponere vannressursene på en mest mulig effektiv måte. Dette betyr at tiltak for å bedre naturmiljøet for fisk må gjøres med en optimalisert disponering av vannet. I den

sammenheng er det interessant å se på løsninger med fysiske endringer av vandringsveier og leveområder som alternativ til å øke vassføringen utenom kraftstasjonene.

Denne artikkelen er basert på et foredrag på konferansen ”Restaurering av vassdrag” hos Direktoratet for naturforvaltning i november i 2012, og oppsummerer noen resultater fra tre studier for å forbedre vandringsforholdene for laksefisk. Først beskrives et prosjekt hvor to betongterskler på en minstevannføringsstrekning i Nidelva (Arendal) ble fjernet for å bedre oppvandringsforholdene og forhold for gyting og ungfisk. Deretter beskrives tiltak som er testet ut i Mandalselva for å få laksesmolt forbi inntaket til Laudal kraftstasjon. Avslutningsvis drøftes noen generelle problemer i norske laksetrapp, inkludert en særstudie i Nidelva.

Terskel fjerning i Nidelva

Rykenefossen i nedre Nidelva har vært regulert til industriformål i over hundre år, og i 1977 ble en ny kraftstasjon konstruert for elektrisitetsproduksjon. I fossen er det bygget en laksetrapp, og manuelle tellinger tyder på at trappen må antas å ha god funksjon, med 500-1600 passeringer av voksen laks årlig de siste 10 årene. På den ca. 2.6 km lange minstevannføringsstrekning fra dammen og ned til utløpet fra kraftstasjonen ble det på slutten av 1970-tallet bygget tre 50 meter brede betongterskler med en høyde på ca. 2.0 meter. Dette var i en periode da laksen var utryddet på grunn av dårlig vannkvalitet. Tersklene skulle gjenskape et vandekket areal for å avbøte estetiske skader, samt bidra til å skape badeplasser etc., og omdannet samtidig strekningen til et typisk innsjøhabitat med gode forhold for blant annet gjedde og karpesfisk. Da laksen kom tilbake på 1990-tallet viste det seg at tersklene hindret fisken i å vandre opp, og i tillegg ble de gamle gytegrøpene benyttet i liten grad. Dette førte til at det ble igangsatt biologiske undersøkelser på strekningen fra 2002, i tillegg til at forsøk med utlegging av gytegrus ble gjort på flere lokaliteter. På samme tid startet planene om fjerning av betongtersklene, og i 2003 ble det gjort økohydrauliske analyser for å anslå de fysiske virk-

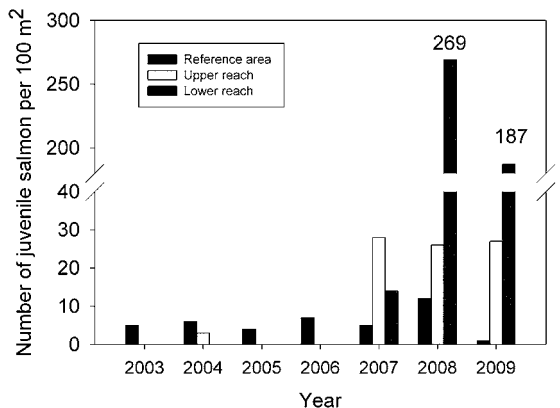


Figur 1. Bilder som viser terskelen oppstrøms Rægeviga (venstre), og samme lokalitet i juni 2007 etter at terskelen er fjernet. Legg spesielt merke til at vannivået har sunket.

ningene (Fjeldstad og medf., 2004). Analysene baserte seg på topografisk oppmåling av hale studiestrekningen og hydrauliske beregninger med den 2/3-dimensjonale modellen River2D. Dette arbeidet konkluderte med at vannhastighetene ville øke til et nivå hvor forholdene for både gyting og oppvekst hos laksunger ville bli betraktelig forbedret. I februar 2007 ble to av tersklene fullstendig fjernet, mens den øverste ble stående av eiendomsmessige årsaker, figur 1. De biologiske undersøkelsene, som i hovedsak besto av gytegrepstillinger, eggundersøkelser og ungfiskregistrering, pågikk kontinuerlig og i årene som fulgte, og for hele perioden ble det gjort tellingene av fisk i laksetrappa.

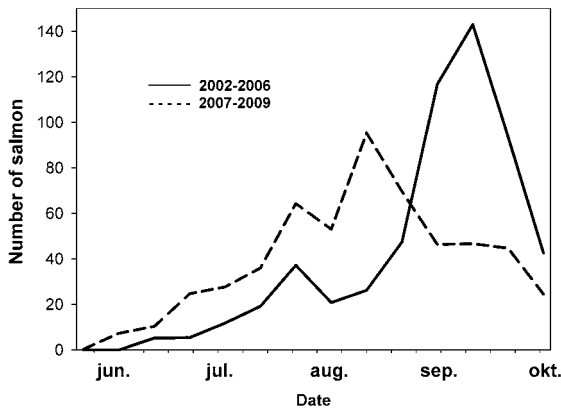
De biologiske konsekvensene av terskelfjerningen viste seg raskt ved at gamle gyteplasser ble tatt i bruk samme høst, og allerede påfølgende sommer (2008) var tettheten av årsunger av laks dramatisk økt (Fjeldstad og medf., 2012-c). I tillegg forsvant blant annet gjedde fra el-fiskeundersøkelsene, noe som tydet på at forholdene for innsjølevende fiskearter var blitt dårligere. Samtidig var ungfisktetthetene ovenfor den gjenstående terskelen fortsatt lave, figur 2.

Selv om de fjernede tersklene var bygget med laksetrapper var det kjent at laksens oppvandring på strekningen ble forsinket (Thorstad og medf., 2003). Etter fjerning av tersklene viste tellingene i trappa i Rykenefoss at vandringstoppen flyttet seg over en måned, fra midten av september til første halvdel av august, figur 3. Den direkte årsakssammenhengen er i dette tilfellet litt uklart fordi det omtrent på samme tidspunkt som terskelfjerningen ble gjennomført flere



Figur 2. Ungfisktettheter hos laks på strekningene påvirket av terskelfjerning (Upper reach og Lower reach) og ovenfor terskelen som ikke ble revet (Reference area) før og etter terskelrivingen i februar 2007 (Fra Fjeldstad og medf., 2012-c).

tiltak. Et gitter ble plassert i tunnelåpningen til kraftverksutløpet for å hindre fisk å vandre inn. I tillegg ble det gjennomført et nytt vannførings-slipp på strekningen, med ukentlige lokkeflommer. Begge disse tiltakene kan ha bidratt til økt oppvandringshastighet, men trolig har terskelfjerningen, basert blant annet på tidligere telemetrisforsøk (Thorstad og medf., 2003), redusert oppholdstiden under tersklene.



Figur 3. Ukentlig antall voksne laks registrert i laksetrappa på Rykenefoss i perioden før og etter terskelfjerning. Det større antallet fisk før fjerningen skyldes i hovedsak et unntaksvis høyt antall fisk i 2006, men vandringstidspunktet dette året var ikke forskjellig fra de andre årene før terskelfjerning. (Fra Fjeldstad og medf., 2012-c).

Smoltutvandring forbi Laudal kraftstasjon

Anslagsvis 30 % av laksesmoltproduksjonen i Mandalsvassdraget foregår ovenfor inntaket til Laudal kraftstasjon (Ugedal og medf., 2006). Når denne smolten ankommer inntaksområdet på sin nedvandring mot havet kan den enten gå inn inntaket til turbinene, eller over luka i dammen på Mannflåvann, hvor den kan vandre trygt ned det opprinnelige elveleiet. Fra dammen og videre 6 km ned til utløpet av kraftstasjonen er det en minstevannføring på 1.5 m³/s om vinteren og 3.0 m³/s om sommeren, med unntak av sporadisk flomoverløp. Telemetrisforsøk i 2003 viste at meste-parten av smolten gikk gjennom turbinene når vannføringen over dammen i hovedsak tilsvarte

minstevannføringskravet. Det var videre antatt at vandring gjennom Francis-turbinene var forbundet med betydelig dødelighet. Dette resulterte i en studie over flere år for å finne ut 1) Hva styrer fiskens valg av rute? og 2) hvordan få størst andel av smolten over dammen? Både under smoltutvandringen i 2004 og 2008 ble det radiomerket smolt som ble fulgt i ca. en måned for å få svar på noen av spørsmålene.

I 2004 ble det i fire perioder under smoltutvandringen mai måned, hver på ca. 35-50 timer, sluppet kunstige flommer på 25- 50 m³/s over dammen, ved at kraftselskapet Agder Energi reduserte produksjonen frivillig i Laudal kraftverk. Mellom flommene var vannføringen 3 m³/s. Ved å se på hvilken rute smolten vandret, både under disse flommene og i periodene i mellom, ble det funnet en sammenheng mellom rutevalg og vannføring. Ikke overraskende viste det seg at sannsynligheten for å få smolten trygt forbi turbinene økte med andelen vann som gikk utenom turbinene. I tillegg ble det funnet en negativ korrelasjon mellom totalvannføring og sannsynligheten for at fisken vandret utenom turbinene (Fjeldstad og medf. 2012-b). Den sistnevnte sammenhengen var ikke umiddelbart logisk, men det er trolig at dette kan bestemmes av lokale strømningsforhold, som i stor grad er stedsspesifikke. Uansett viste de kunstige flommene at andelen smolt som vandret trygt over dammen hadde økt fra 11 % i 2003 til 54 % i 2004. Under forsøkene i 2008 ble produksjonen redusert i 25 netter, siden nattvandring var registrert i de tidligere årene. Dette resulterte i tilsvarende økning av vannføring over dammen. I tillegg ble det installert strobelys foran inntaksområdet med mål om å skremme smolten vekk, og som var i drift annethvert døgn. Dette var kraftig blinkende lys som ble slått av og på hvert femte minutt for å minimere en tilvenningseffekt hos fisken. Denne våren var det også installert en linse med et ca. 1 meter dypt gummi-skjørt som skulle bidra til å hindre smolt i å komme inn i inntaket. Effekten av denne linsen har ikke vært mulig å isolere fordi den har virket kontinuerlig, samtidig med at andre variable har blitt forandret (vannføring/lys). Smoltandelen

som vandret forbi turbinene i 2008 økte videre til 64 %, en stor forbedring fra 2003.

Et av hovedfunnene fra forsøkene i 2008 var at strobelys har en skremmeeffekt på smolten om natten. Av smolten som vandret ut om natten, var det fire ganger så mange som vandret over dammen enn som gikk inn inntaket mens strobelysene var i funksjon. Når lysene var avslått gikk det like mange smolt begge veier (Fjeldstad og medf., 2012-b). Dette er et viktig resultat fordi strobelys er et relativt billig tiltak i forhold til å slippe vann utenom turbinene, i tillegg til at det i prinsippet kan benyttes på alle inntak.

Studiene av inntaket til Laudal kraftstasjon er Norges største smoltsudie, og vil fortsette med videre forsøk framover. Målet er å øke overlevelsen ytterligere, samtidig med at man skaffer seg generell kunnskap om inntaksområder andre steder.

Laksetrapp- norske undersøkelser

Siden 1870-tallet har det vært bygget laksetrapp-er i Norge, og til sammen har dette åpnet elvestrekninger på mer enn 2000 km for ny lakseproduksjon. Mer enn to tredjedeler av trappene antas å ha god funksjon (Direktoratet for naturforvaltning). Upubliserte resultater fra et PhD-prosjekt viser at mange av trappene er gamle, og at redusert funksjon i stor grad skyldes manglende vedlikehold og ødeleggelse (Fjeldstad, 2013), figur 4.

Særlig oppmerksomhet er knyttet til trapper som bringer laksen forbi menneskeskapte hindringer, slik som vannkraftdammer, fordi slike hindre innskrenker fiskens opprinnelige leveområder. Nye undersøkelser viser at laksetrapp-er forbi dammer generelt blir godt ivaretatt, men internasjonale erfaringer viser at passering av dammer er en spesiell utfordring for fisken

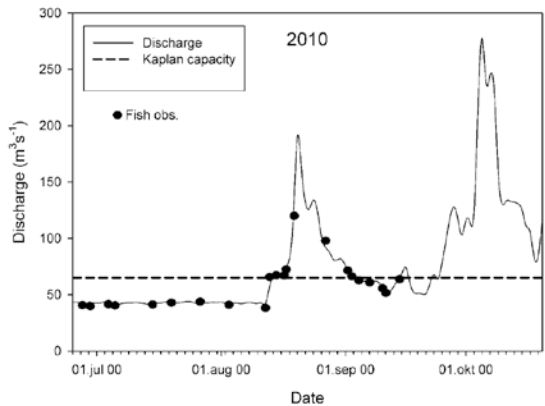


Figur 4. Ødelagt laksetrapp fra 1970-tallet i Finnmark. Naturkreftene har over tid brutt ned konstruksjonen, og armeringsjern står igjen med fare for å skade fisken.

(Rivinoja og medf., 2001). Det antas at forklaringen blant annet ligger i de lokale strømningsforholdene. Den relativt lille vannføringa fra en laksetrapp må konkurrere med store vannmasser fra kraftverksutløpet, i et område hvor fisken kan velge å oppholde seg trygt på dypt vann i stedet for å ta sjansen på å hoppe inn gjennom en liten åpning. Dette var bakgrunnen for at det i 2009 ble bygget en eksperimentell laksetrapp ved Eivindstad kraftverk i Nidelva (Arendal). I trappa kunne vannføringa reguleres opp til 700 liter/s, og i tillegg kunne inngangen til trappa reguleres med forskjellig plassering og geometri. Trappa har vært i drift med daglig oppsyn til og med sommeren 2012, og både video og sonarkameraer har overvåket fisken i og utenfor trappa. Siden laksen har vært fraværende på oversiden av Eivindstad i mange tiår var det forventet at fisken hadde redusert vandringsmotivasjon ved trappa. Likevel, siden oppstarten har antall fisk i trappa økt hvert år, fra 9 den første høsten til over 80 sommeren 2012. Dette kan skyldes at rognplanting på oversiden etter hvert har bidratt til flere tilbakevandrere, og det kan skyldes ulike forhold mellom sesongene.

De første erfaringene viste at vandring i trappa ikke var bestemt av om vannføring i trappa var 400 eller 700 l/s. I seg selv er dette positivt, men andre utenlandske studier har vist at vannføring i trappa har stor innvirkning på vandringsuksess, og muligens har forsøkene ikke avdekket en virkelig grenseverdi. Videre vandret det i 2010 mer fisk når inngangen til trappa var formet som et overløp, enn når inngangen var en neddykket, sirkulær åpning. Overløp er den vanlige løsningen i norske trapper, og erfaringene fra 2010 førte til at overløpsåpning ble benyttet i 2011 og 2012.

Plassering av trappeinngang i forhold til vandringshinder er antatt å være en nøkkelparameter for vandrings effektivitet. På Eivindstad ble plasseringen valgt ved siden av turbinutløpet som "alltid" er i drift fordi fisken var antatt å søke til dette området. Når vannføringen økte, og turbinene på motsatt side av elven kom i drift, ble det i 2010 registrert mindre fisk i trappa, figur 5.



Figur 5. Inngang av fisk i trappa på Eivindstad (sorte prikker) plottet mot vannføring gjennom turbiner. Lite fisk vandret i trappa når vannføringen oversteg Kaplan-turbinens kapasitet nærmest trappa, og Francis-turbinene på motsatt side kom i drift.

Observasjoner fra 2012 tyder på at det ikke foreligger en fullstendig forståelse for fiskens atferd i forhold til turbindriften på Eivindstad. I løpet av noen dagers stillstand på turbinen nærmest laksetrappa gikk det et stort antall (20-30 laks) opp i trappa, i strid med tidligere antakelser. Forskningsarbeidet vil i de kommende sesongene fortsette med studier i den eksperimentelle trappa for å forsøke å gi forklaring på disse forholdene, som for framtiden er svært viktig for å kunne produsere laks og elektrisitet i samme vassdrag.

Litteraturliste

- Ferguson, J. W., Absolon, R. F., Carlson, T. J. & Sandford, B. P. (2006). Evidence of delayed mortality on juvenile pacific salmon passing through turbines at Columbia River dams. *Transactions of the American Fisheries Society* 135, 139-150. doi: 10.1577/T05-080.
- Fjeldstad, H.-P., Stickler, M. & Thorstad, E. 2004. Modellering av habitatforbedrende tiltak i Nidelva i Agder. SINTEF TR A6028.
- Fjeldstad, H.-P. (2013). Atlantic salmon fishways – The Norwegian experience (under utarbeidelse)
- Fjeldstad, H.-P. (2012-a). Atlantic salmon migration past barriers. PhD-avhandling nr 128-2012 ved NTNU, Trondheim).

- Fjeldstad, H.P., Uglem, I., Diserud, O.H., Fiske, P., Forseth, T., Kvingedal, E., Hvidsten, N.A., Økland, F. & Järnegren, J.A. (2012-b). A concept for improving smolt migration past hydropower intakes. *Journal of Fish Biology* 81, 642-663.
- Fjeldstad, H.-P., Barlaup, B. T., Stickler, M., Gabrielsen, S.-E. & Alfredsen, K. (2012-c) Removal of weirs and the influence on physical habitat for salmonids in a Norwegian river. *River research and applications* 28, 753-763.
- Hesthagen, T. (ed.). (2010). Etablering av nye laksestammer på Sørlandet. Erfaringer fra arbeidet i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking. (In Norwegian.) DN-utredning 7-2010. 126 pp. ISBN : 978-82-7072-758-2.
- Larinier, M. 2001. Environmental issues, dams, and migration. pp. 45-90, In G. Marmulla, ed. Dams, fish, and fisheries: Opportunities, challenges and conflict resolution, Rome, Italy, FAO Fisheries Technical Paper 419
- Mills, D. (1989) Ecology and Management of Atlantic Salmon. Chapman and Hall Ltd., London, 351 pp. ISBN 0-412-32140-8.
- Monten, E.(1985). Fisk och turbiner. Vattenfall, 118 pp. (In Swedish) ISBN 91-7186-243-9.
- Petts, G. E. 1984. Impounded Rivers: Perspectives for Ecological Management. New York: John Wiley and Sons. ISBN: 0-471-10306-3
- Rivinoja, P., Mckinnell, S. & Lundqvist, H. (2001) Hindrances to upstream migration of atlantic salmon (*Salmo Salar*) in a Northern Swedish River caused by a hydroelectric power-station. *River Research and Applications* 17 (2), 101-115.
- Rivinoja, P. (2005). Migration problems of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in flow regulated rivers. PhD Thesis. Swedish University of Agricultural Science, Department of Aquaculture, Umeå, Sweden. ISBN 91-576-6913-9.
- 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
- Ugedal, O., Larsen, B. M., Forseth, T. & Johnsen, B. O. (2006). Produksjonspotensial for laks i Mandalselva og vurdering av tap som følge av kraftutbygging. (In Norwegian). NINA rapport 146. ISBN: 82-426-1697-3.