

Låglutande galler och betydelsen av spaltvidd för ålpassage, hydrauliska egenskaper och drivgodsproblematik

Daniel Nyqvist ¹, David Aldvén ² och Olle Calles ¹

¹⁾ Naturresurs rinnande vatten, Karlstads universitet; ²⁾ Fluid Mechanics (YRLF), Generation R&D, Vattenfall AB

Bakgrund

Kraven ökar på att verksamhetsutövare ska möjliggöra både uppströms- och nedströmspassage för fisk vid vattenkraftverk. Kunskapen om åtgärder för nedströmspassage är bristfällig och därför råder stor osäkerhet kring hur åtgärderna ska utformas för att uppnå såväl goda driftsförhållanden som en god avledande funktion för fisk. I dag finns ett fåtal nedströmspassagelösningar i drift vid små- till medelstora kraftverk, för vilka man påvisat en god avledande funktion för ål, öring och lax utan en negativ påverkan på drift och säkerhet (Calles *et al.*, 2013a; Calles *et al.*, 2013b; Nyqvist *et al.*, 2017b). Dessa lösningar har gemensamt att gallren har en lutning i förhållande till vattnets strömriktning om 30-35°, en spaltvidd om 15-18 mm samt en eller flera flyktöppningar vid gallrets längst nedströms belägna ände. Åtgärdernas utformning grundas inte på några empiriska försök, utan endast på rekommendationer i litteraturen. Man har vid utvärderingen av åtgärder noterat att fisk som fysiskt kan passera galler inte alltid gör det (Nyqvist *et al.*, 2017a). Gallren har alltså både en fysisk och beteendebaserad avledningseffekt. Det kan följaktligen finnas potential för att öka spaltviddens storlek utöver fiskens fysiska höjd/bredd utan att negativt påverka avledningseffektiviteten. Eftersom både anläggningskostnader, produktionsbortfall och behovet av rensning av intagsgaller ökar med minskad spaltvidd är det av yttersta vikt att öka kunskapen om sambandet mellan spaltvidd och avledande funktion för fisk. Detta kommer även att vara en viktig kunskap för att man ska kunna göra korrekta bedömningar av möjligheterna till uppskalning av tekniken till stora kraftverk.

Projektet

Projektet syftade till att experimentellt testa hur spaltvidden för låglutande galler påverkar den avledande funktionen för ål, de hydrauliska egenskaperna, samt omfattningen av drivgodsproblematik. Hypotesen var att låglutande galler har en både fysisk och beteendemässig avledande funktion, vilket innebär att ål som fysiskt kan passera gallret väljer att inte göra det, utan i stället visar en preferens för flyktöppningarna.

Projektets frågeställningar delades upp i tre delområden: fiskebeteende, hydraulik och drivgodsproblematik. Fiskbeteendet som främst skulle studeras var passageeffektivitet (andelen ål som framgångsrikt leddes in i flyktöppningen), tidsåtgång för passage, samt skadeförekomst hos fisk som passerat gallret. Genom att även studera passagebeteendet med time-to-event analys (Hosmer *et al.*, 2008; Castro-Santos and Perry, 2012) planerade vi att undersöka passagesannolikheter i relation till de olika spaltvidderna men även ta hänsyn till fiskens egenskaper (tidigare erfarenheter, storlek) och föränderliga miljöfaktorer (tid på dygnet, tid på året).

De hydrauliska egenskaperna vid gallret skulle studeras i form av fallförluster samt turbulens och hastighetsprofiler i anslutning till gallret. Vi hoppades även kunna relatera observerat fiskbeteende till uppmätt hydraulik vid gallret.

Drivgodsproblematiken skulle undersökas med avseende på gallrets självrensande effekt samt mängden passerat drivgods vid manuell rensning.

Försök inom projektet

På grund av förseningar av färdigställandet av rännan samt av djuretiska skäl togs beslutet att avbryta experimentet (2017-11-24).

Innan vi beslöt att avbryta experimentet fångade vi nedströmsvandrande ål i Alsterälven, Värmland, för transport till anläggningen i Älvkarleby. Ålen fångades i ett enkelt bypasssystem vid ett kraftverk beläget en dryg km från älvens mynning i Väneren. I kraftverkets intagsgaller (spaltvidd=20 mm) finns tre mindre öppningar (diameter = 160 mm) på tre olika djup (ytan, mitten, botten), anslutna till rör som leder passerad fisk till en fiskfälla (tre sumpar) eller ett gemensamt bypassrör förbi kraftverket. Genom att leda fisken till fiskfällan fångade vi under

september och oktober 119 ålar. Av dessa PIT-märktes (ventralt snitt utan sutur) och transporterades 75 ålar till experimentanläggningen i Älvkarleby. Resterande ålar återutsattes nedströms kraftverket.

Nedan beskriver vi vidare vad vi ämnade göra, med avseende på ränna och en grov experimentdesign. Det finns långt gående planer på att genomföra försöken under 2018, varför planerna presenteras under rubriken "Kommande försök utanför projektet". Därefter följer en beskrivning av rännans nuvarande skick, och en grov skiss av konstruktionens förväntade progression.

Kommande försök utanför projektet

Rännan

Planen är att, genom samarbete med NINA (Norge, SafePass), köra två parallella galleruppställningar i rännan. En med α -galler och en med β -galler, där båda försökssektionerna i rännan är 24 m långa, 4 m breda och 2 m djupa. Efter rapporterade förseningar i september beslöt sig NINA för att skjuta fram sina ålförsök till 2018, medan vi fortsatte att planera för en förenklad version av de ursprungligen planerade studierna på α -galler.

Galler och andra fasta strukturer

Galler med spaltvidd 15, 18 och 30 mm kommer studeras. Alla galler ska ha samma våta area och vinkel mot vattenströmmen (30°). Gallrens ungefärliga storlek (α -galler = 4 x 4 m; β -galler = 6,8 x 2 m) bestäms av lutningen och vattendjupet, men följer också tumregeln att flödet i intaget ska vara 0,5-0,6 av gallrets våta area (normalhastighet 0,5-0,6 m/s). Ofta finns i α -gallrets yta en gallerförlängare (Eng. overlay) i form av en plåt/skiva med främsta syfte att minska risken för påfrysning av is genom att kylan inte förs via gallret ner i vattenmassan. En sådan ogenomsläpplig ytligt placerad struktur minskar även vattenhastigheten i ytan och hindrar fisk med svag simförmåga från att fastna i gallrets överdel. Vi planerade för en 0,5 m djup ogenomsläpplig gallerförlängare, vilket resulterar i en minskad gallerarea och en i en normalhastighet om 0,58 m/s.

Vattenhastigheter i flyktrännen ska överstiga 1.6 m/s (s.k catch velocity) och vattnets acceleration per meter vid flyktöppningen ska inte överstiga 0,2 m/s, eftersom en för hög acceleration kan skrämja bort fisk som då flyr uppströms istället för att passera. Flyktöppningens design motsvarar vad som är vanligt förekommande vid fysiska avledare i drift, där α -gallren har två flyktöppningar vid ytan (0,5 m djupa, 0,3 m breda), i gallrets ytterkanter. β -gallret har endast en flyktöppning med motsvarande dimensioner (0,5 m djup, 0,6 m bred), och som föregås av en lutande ramp. Vattenhastigheterna i flyktöppningarna och rännorna regleras med pumpar som alstrar hydrauliska gradienter som finjusteras med gallerspecifika förträngningar respektive flyktrännen.

Fisk släpps ut från en startbox uppströms gallret och återfångas efter passage i separata fällor bakom galler respektive flyktöppning. Nät monterade i respektive försöksuppställnings start/slut hindrar fisken från att lämna rännan.

Miljö

För att efterlikna förhållanden i många svenska intagskanaler ska vattenhastigheten i försöksrännan vara ungefär 1 m/s. Eftersom ålen framförallt vandrar på natten (Calles *et al.*, 2013a; Piper *et al.*, 2015; Stein *et al.*, 2015), förmodligen för att minimera predationsrisken, planerar vi att inleda experimenten i skymningsljus och som längst låta dem fortgå över natten. Vattnet ska utgöras av en mix av grundvatten och vatten från Dalälven, för att öka siktdjupet i rännan och förenkla observationer av fiskens beteende.

Observera fisk

Andelen ålar som passerar via flyktöppningen och gallret erhålls genom att räkna ål i respektive passagevägs fångstanordning. Vidare planerar vi att följa fiskens rörelser i försöksrännan med PIT-antennor och videokameror. PIT-systemet ska registrera märkta individers närvaro i ett begränsat område. PIT-systemet utformning ska möjliggöra detektion av individer i olika steg, där det första steget är detektion av ål en när den lämnar startboxen. Nästa antenn ska befinna sig strax uppströms gallret och indikerar att ålen befinner sig i anslutning till gallret. Därefter ska antennor i flyktöppningen respektive bakom gallret följa. PIT-antennerna ska göra det möjligt att se vilken väg ålen valt att ta, flyktöppningen eller genom gallret, samt hur lång tid ålen tar på sig att passera gallret. Om siktdjup och ljusförhållanden tillåter, kommer ett videokamerasystem ge oss möjlighet

att studera fiskens beteende i detalj i anslutning till gallren och flyktvägen. Videokamerasystemet ska bestå av 5 kameror som täcker av hela gallerarean. För α -gallret placeras tre kameror på botten ca 50 cm framför gallret och filmar upp mot gallret och täcker av hela gallerarean. De två återstående kamerorna placeras halvvägs upp på gallret från botten och täcker av respektive flyktöppning. För beta-uppställningen placeras samtliga kameror på botten och filmar nedströms längs gallret (Figur 1).

Dagsläge och fortskridande arbete

I dagsläget är rännan driftsklar för körning med ett vattendjup om ca 1,5 m och en hastighet om ca 2 m/s (Figur 2). Det som saknas för att kunna genomföra de planerade studierna är ett 30 mm α -galler samt totalt 6 olika modeller av β -galler. Samtliga galler kommer att färdigställas under början av januari. Förseningen beror delvis på materialbrist under sommar och tidig höst men även på förseningar i monteringen hos leverantör. Vattenfall har nu anlitat en annan firma för färdigställandet av gallren, där arbetet dessutom kommer att utföras på plats i Älvkarlebylaboratoriet.

För rännan har en detaljerad plan för färdigställandet tagits fram där deadline är satt till 1 mars 2018. Det som nu återstår och som kommer att göras under vintern är bl.a.:

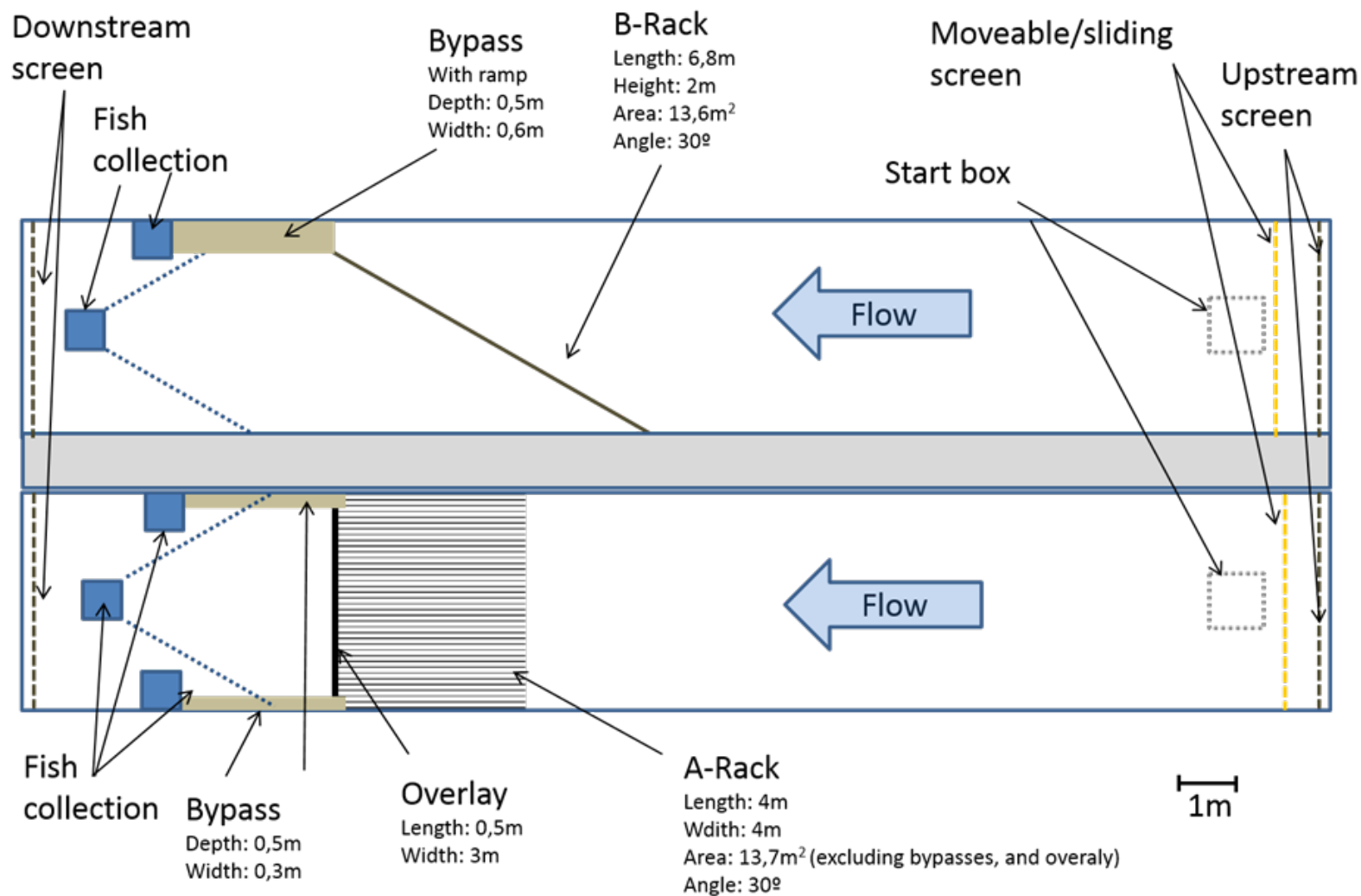
- ✓ Förbättra strömningen genom att modifiera pumparnas munstycken och installera flödesutjämnare.
- ✓ Installation av ett bättre ljussystem över försökssektionerna
- ✓ Slutföra konstruktion och installation av galler
- ✓ Konstruktion av flyktöppningar och flyktrännor där flöde och acceleration kan justeras

Acknowledgement

Krafttag ål genomfördes i samverkan mellan vattenkraftföretagen och Havs- och vattenmyndigheten.

Referenser

- Calles, O., Karlsson, S., Vezza, P., Comoglio, C., Tielman, J., 2013a. Success of a low-sloping rack for improving downstream passage of silver eels at a hydroelectric plant. *Freshwater Biology* 58, 2168-2179.
- Calles, O., Rivinoja, P., and Greenberg, L.A. 2013b. A historical perspective on downstream passage at hydroelectric plants in Swedish rivers. In: *Ecohydraulics: an integrated approach*. Edited by: Ian Maddock, Atle Harby, Paul Kemp and Paul Wood. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, UK. Chapter 18, pages 309–322.
- Castro-Santos, T., Perry, R., 2012. Time-to-event analysis as a framework for quantifying fish passage performance. *Telemetry techniques: a user guide for fisheries research*. America Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 427-452.
- Hosmer, D.W., Lemeshow, S., May, S., 2008. *Applied Survival Analysis: Regression Modeling of Time-to-Event Data*, Second Edition. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Nyqvist, D., Bergman, E., Calles, O., Greenberg, L., 2017a. Intake Approach and Dam Passage by Downstream-migrating Atlantic Salmon Kelts. *River Research and Applications*.
- Nyqvist, D., Nilsson, P.A., Alenäs, I., Elghagen, J., Hebrand, M., Karlsson, S., Kläppe, S., Calles, O., 2017b. Upstream and downstream passage of migrating adult Atlantic salmon: Remedial measures improve passage performance at a hydropower dam. *Ecological Engineering* 102, 331-343.
- Piper, A.T., Svendsen, J.C., Wright, R.M., Kemp, P.S., 2015. Movement patterns of seaward migrating European eel (*Anguilla anguilla*) at a complex of riverine barriers: implications for conservation. *Ecology of Freshwater Fish*.
- Stein, F., Doering-Arjes, P., Fladung, E., Brämick, U., Bendall, B., Schröder, B., 2015. Downstream Migration of the European eel (*Anguilla anguilla*) in the Elbe river, Germany: movement patterns and the potential impact of environmental factors. *River Research and Applications* 7, 189.



Figur 1. Principskiss av experimentuppställning för både α - och β -galler.



Figur 2. Kungsrännan i drift med 1,5 m vattendjup.