



Smolttelemetri i Gullspångsälven 2020 och 2021

Fiskeutredningsgruppen, 2022-11-03



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska
havs- och fiskerifonden



Länsstyrelsen
Västra Götaland

Titel: Smolttelemetri i Gullspångsälven 2020 och 2021

Utgivare: Länsstyrelsen Västra Götaland

Foto framsida: Mottagare för akustisk telemetri. Foto: Fredrik Nilsson.

Rapporten är finansierad av europeiska havs- och fiskerifonden och har medfinansierats av Havs- och vattenmyndigheten genom anslag 1:11, Åtgärder för havs- och vattenmiljö.

Mer information hittar du på: lansstyrelsen.se/vastragotaland/

Innehåll

| | |
|-------------------|--------|
| Bakgrund | - 2 - |
| Metodik..... | - 6 - |
| Fiskmärkning..... | - 6 - |
| Utsättning | - 6 - |
| Mottagare | - 7 - |
| Resultat | - 9 - |
| 2020 | - 9 - |
| 2021 | - 10 - |
| Slutsatser..... | - 12 - |
| Referenser..... | - 16 - |

Bakgrund

Atlantlaxen är en anadrom fisk, den förökar sig i sötvatten men tillbringar större delen av sitt vuxna liv i havet där förutsättningarna att växa sig stor är bättre. Även våra insjölevande laxar har en liknande livshistoria men växer upp i Vänern i stället för i havet. När laxar blir lekmogna återvänder de till sin födelseälv för att leka. Efter kläckning spenderar ynglen något till några år i älven innan de, som smolt, simmar ut till i havet eller Vänern. Beteendet att söka sig till sin egen födelseplats kallas homing och är anledningen till att varje älv har sin unika population.

Dödligheten hos nedströmsvandrande smolt varierar mycket beroende på vilka hinder och faror de möter. Under denna period är predationsrisken hög eftersom smolten rör sig långa sträckor varav vissa är svårpasserade och/eller innehåller stora mängder predatorer. I Gullspångsälven kan exempelvis den vassrika miljön i mynningsområdet vara ett kritiskt område då det troligen håller högre tätheter av predatorer, främst gädda. Området har också en del skarv, storskrak och häger vilket kan öka predationstrycket ytterligare.

Gullspångsälven har idag tre lekområden som är tillgängliga för Vänerlax och Väneröring. Dessa är Lilla och Stora Årsåforsen nära mynningen i Vänern och Gullspångsforsen som ligger bredvid kraftverket och även utgör spillfåra.

Gullspångsälven har idag två utlopp, varav det ena utgör ett bräddavlopp (divergeringsdammen), som via Kolstrandskanalen mynnar i Kolstrandsviken (fig. 1). Vid högre flöden än minimitappning går det mesta vattnet via Kolstrandskanalen medan allt vatten går den naturliga vägen genom Årsåforsarna vid minimitappning.

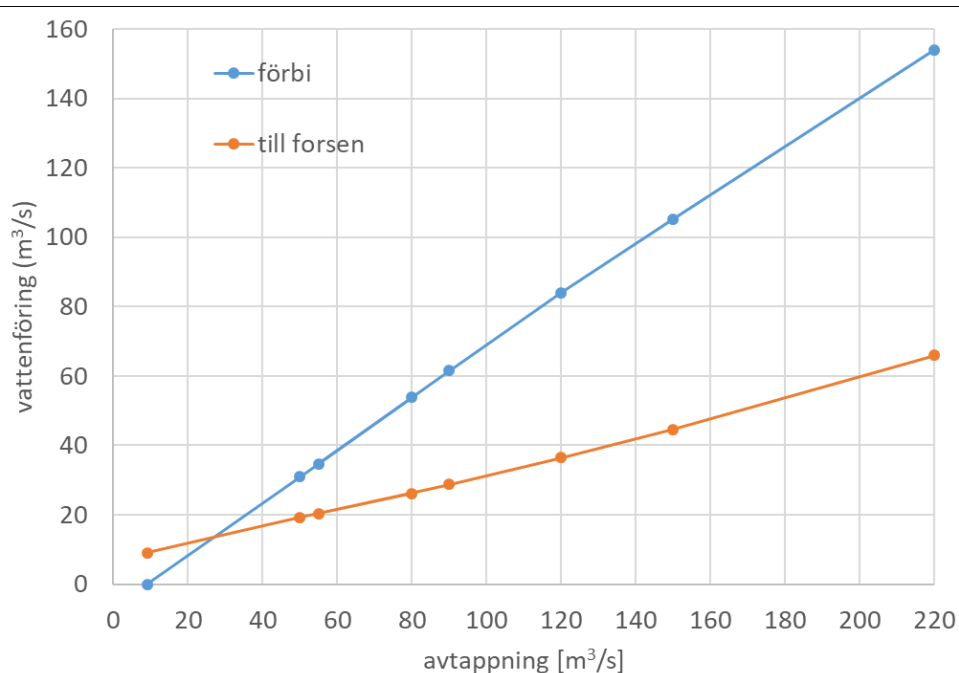


Figur 1. Översikt över Gullspångsälvens nedre del med de båda utloppen och utsättningsplats för märkta smolt 2020 och 2021.

De smolt som vandrar från Gullspångsforsen kan alltså gå ut båda vägarna beroende på flöde medan smolt från Åråsforsarna endast kan vandra rakt ut från älvens naturliga utlopp vid Pipans hamn (fig. 1). Det har tidigare inte varit känt hur smolten från Gullspångsforsen fördelar sig på sin väg ut mot Vänern. Vilken väg smolten tar påverkar förmodligen även vilken väg de väljer under sin lekvandring tillbaka till älven. De individer som väljer att gå upp till Gullspångsforsen via Kolstrandsviken/divergeringsdammen, passerar aldrig Åråsforsarna. Detta scenario kan leda till att fisken från Gullspångsforsen, på sikt, utvecklar en egen delpopulation. Eftersom vandringsvägen via divergeringsdammen endast är passerbar när kraftverket körs, riskerar vandringsfisken att tvingas avbryta sin uppvandring denna väg då kraftverket slås av. Både upp- och nedvandrande fisk kan också bli instängd i Kolstrandskanalen som består av en övre och en nedre damm.

Korttidsregleringen vid Gullspång innebär att tappningen kan variera mellan minimitappning ($9 \text{ m}^3/\text{s}$) och full körning ($230 \text{ m}^3/\text{s}$), ofta med flera ändrade effektlägen och start/stopp under dygnet. Större spilltappningar sker endast i undantagsfall och ofta med flera års mellanrum. Perioden 20 april-19 augusti gäller dock veckoreglering enligt driftsvillkoren. Det innebär att ändring av tappning får ske endast en gång per vecka. Då det endast finns en stor turbin (G1) i anläggningen, och denna har lägsta drivvattenföring runt $55 \text{ m}^3/\text{s}$, innebär det att minimitappning ofta råder under långa perioder sommartid. En analys av flödena under den förväntade smoltutvandringsperioden (25/4-25/5) under åren 2014 till 2018 visar att kraftverket kördes drygt halva tiden (84 av 155 dagar) som minimitappning och resterande i olika effektlägen mellan ca 65 och $120 \text{ m}^3/\text{s}$ (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2021).

Fördelningen av vatten vid divergeringsdammen beräknades i samband med omprövningen 2005. Figur 2 visar att redan vid lägsta drivvattenföring i kraftverket (ca $50 \text{ m}^3/\text{s}$) går 2/3 av vattnet genom Kolstrandskanalen.



Figur 2. Fördelning av flöden vid divergeringsdammen baserad på vattendom daterad 2005-05-03. "förbi" är vatten som divergeras bort via Kolstrandskanalen.

För att kvantifiera smoltöverlevnaden i nedre Gullspångsforsen, identifiera flaskhalsar för överlevnad och utreda vandringshastighet och vägval gjordes försök med akustisk telemetri under våren 2020 och 2021. Under studien följdes märkta, odlade öringsmolt på sin vandring ut från lekområden i Gullspångsälven till öppna Vätern.

Frågeställningarna för märkningsstudien var;

- Vilken väg tar smolten under sin nedströmsvandring från Gullspångsforsen?
- Hur ser överlevnaden ut?
- Var sker förluster?

Studien genomfördes av Fiskeutredningsgruppen (FUG) vid Länsstyrelsen i Västra Götaland. Finansiering har huvudsakligen skett genom Europeiska Havs- och Fiskerifonden (EHFF) inom projektet "Förvaltningsplan för prioriterade arter inom Natura 2000 områden i Vänern".

Metodik

Fiskmärkning

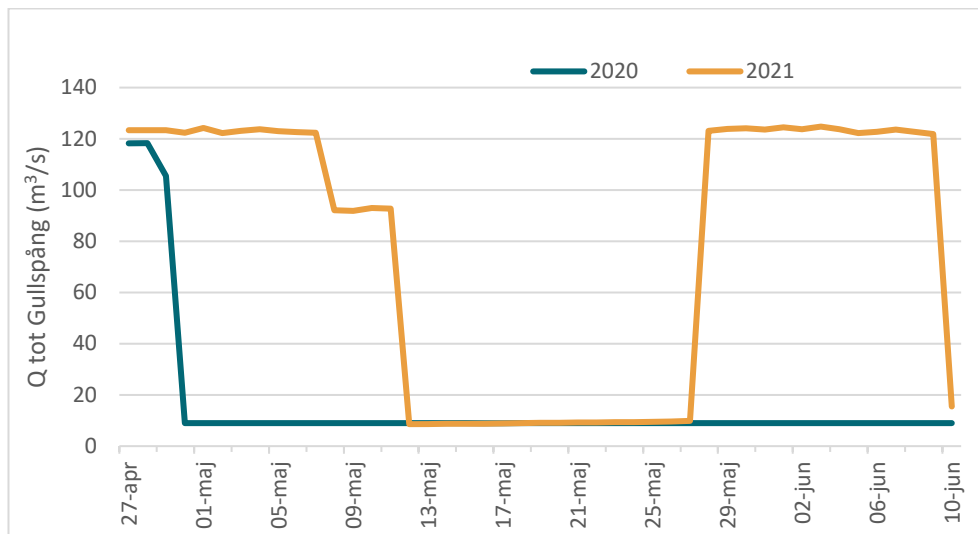
Totalt märktes 50 odlade öringmolt per år 2020 och 2021. Smolten var 1-åriga, av Gullspångsstam och försågs med akustiska sändare (V5 180 kHz) från Vemco. Märkningen skedde vid Gammelkroppalax fiskodling i Filipstad. Samtliga fiskar bedömdes vara i god fysisk kondition vid märkningen. Först bedövades fisken med MS222. Fisken mättes, vägdes och snittades därefter i buksidan varefter sändaren, med en vikt på 0,65 gram, placerades i bukhålan. Snittet syddes ihop med resorberbar suturtråd. Den totala märkningsproceduren tog cirka 1,5 minut per fisk. Efter märkning förvarades smolten i ett odlingskar med cirkulerande vatten.

Utsättning

Våren 2020 sattes 25 öringmolt ut i utloppskanalen från kraftverket nedströms Gullspångsforsen under en period när kraftverket inte kördes och flödet i älven utgjordes av endast minimitappning, 9 m³/s (fig. 3). För att jämföra vägval vid olika flöden sattes därefter också 25 smolt vid ett tillfälle då kraftverket kördes och gav ett flöde på omkring 110 m³/s i älven (fig. 3). Vid ett flöde på 100 m³/s fördelas vattnet vid divergeringsdammen ungefärligen så att 26 m³/s går till Åråsforsarna och 74 m³/s till Kolstrandskanalen (fig. 2). Tyvärr varade detta flöde endast två dygn från utsättningsstillfället. Under 2021 sattes alla 50 öringarna ut i älven samtidigt under en period när kraftverket kördes och gav ett flöde på 115 m³/s (fig. 3) under de två följande veckorna efter utsättning.

Under 2020 märktes den första gruppen smolt 25 april och sattes ut 27 april. De placerades i en sump vid utsättningsplatsen vid 16.00 för att sedan släppas ut vid ca 21.00. Den andra gruppen märktes den 29 maj och sattes ut 1 juni. Även de placerades i en sump vid utsättningsplatsen men vid 18.00 och släpptes ut vid ca 21.00. Andra året, 2021, märktes alla fiskar 27 april och sattes ut 29 april. De hölls i sump mellan 17.00 och 22.00 då de släpptes. Under transport till utsättningsplatsen, som tog ca 90 min, förvarades smolten i syresatta transportkärl.

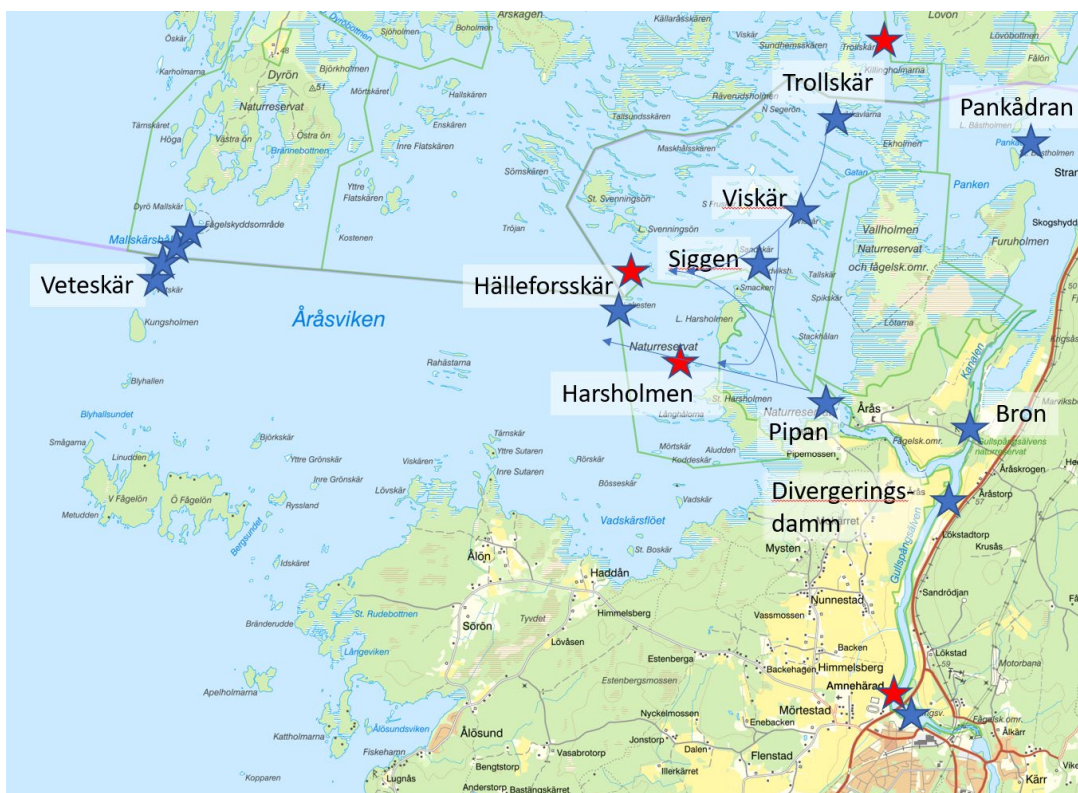
Medelstorleken på de märkta öringarna var 159,2 mm (132-198 mm) och 47,7 gram (25-83 g) år 2020 och 206,2 mm (173-235 mm) och 103 gram (60-159 g) år 2021.



Figur 3. Flöden (m³/s) i Gullspångsälven under utvandringsstudien. Röd linje visar flödet under 2020 och blå visar 2021.

Mottagare

Den märkta smoltens rörelsemönster och nedströmsvandring följdes med fasta mottagare av typen VR2W-180 kHz (Vemco). De automatiska stationerna loggade kontinuerligt från utsättning fram till 22 juni, 2020 och 4 juni 2021. Mottagarna var placerade på strategiska platser med god täckning för att visa smoltens vägval från Gullspångsforsen till Väneren och för att påvisa mortalitet under denna migration (fig. 4). Under 2020 användes 13 mottagare och under 2021 användes 17 mottagare. En mottagare av typen HR2 (High Residence Receiver) användes vid utsättningsplatsen 2021 för att med större säkerhet kunna registrera alla sändare vid utsättningstillfället.



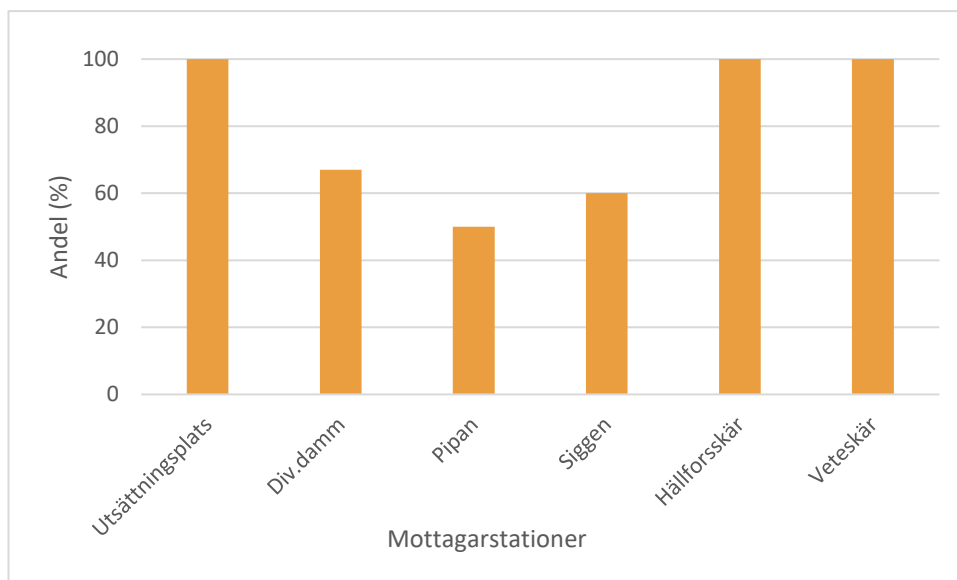
Figur 4. Karta över studieområdet och mottagarpositionerna. Blå stjärnor visar positioner för 2020 och 2021. Röda stjärnor visar positioner som endast användes 2021. De blå pilarna visar de vägval fisken gjort under 2021 när passage förbi divergeringsdammen var möjlig.

Resultat

2020

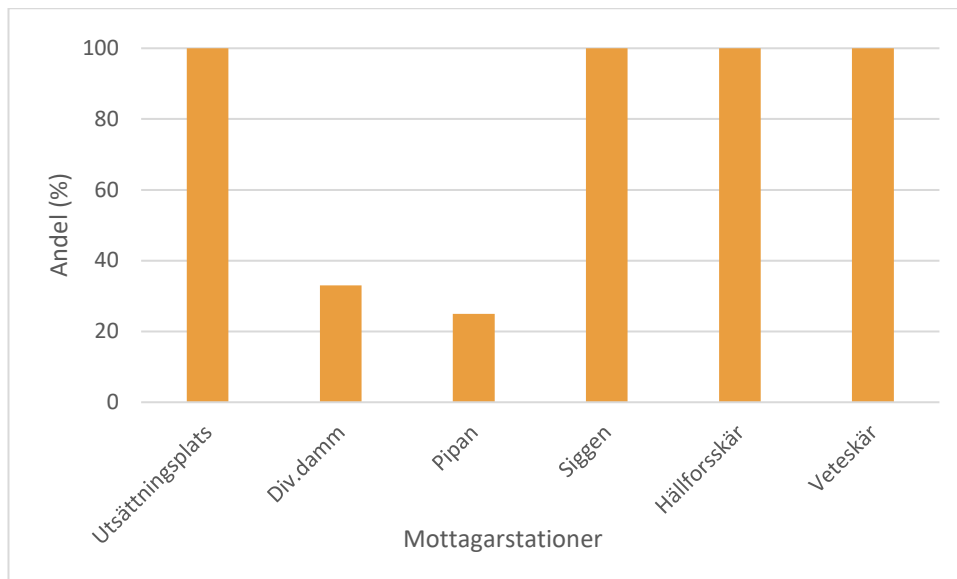
Under 2020 hade vi tekniska problem med 11 av sändarna som inte registrerades efter utsättning, dessa är borträknade från studien.

Av de smolt som sattes ut i första gruppen, 27 april, tog sig 67 % vidare till divergeringsdammen. Utav de smolten tog sig 50 % ner till mynningen vid Pipan och vidare därifrån nådde 60 % Sandskär. Alla individer som nått Sandskär tog sig hela vägen ut till Veteskär, totalt 3 st (fig. 5). De största förlusterna hade vi alltså mellan divergeringsdammen och Pipan. Första gruppen smolt sattes ut vid ett högre flöde i älven, ca 110 m³/s, men endast 3 individer lämnade utsättningsplatsen under de höga flödena. I snitt vandrade första gruppen ut 5,5 dagar efter utsättning (0,5 -15).



Figur 5. Andel smolt, utsatta 27 april 2020, som tog sig till respektive mottagarstation från föregående mottagarstation i Gullspångsälven och Åråsviken.

Av de smolt som sattes ut i andra gruppen, 1 juni, tog sig endast 33 % vidare till divergeringsdammen. Av dessa tog sig 25 % ner till Pipan. Därifrån nådde de resterande smolten hela vägen ut förbi Veteskär (2 st, fig. 6). De största förlusterna hade vi även här mellan divergeringsdammen och Pipan. I andra gruppen lämnade smolten utsättningsplatsen efter i snitt 2,1 dagar (1-3).



Figur 6. Andel smolt, utsatta 1 juni 2020, som tog sig till respektive mottagarstation från föregående mottagarstation i Gullspångsälven och Åråsviken.

2021

Av de 50 smolt som sattes ut lämnade 47 st utsättningsplatsen. 44 fiskar tog sig ner till området strax uppströms divergeringsdammen och kunde göra ett vägval. Av dessa 44 gick 13 st ut via Kolstrandskanalen dvs 30 %. 19 smolt (43 %) gick via Åråsforsarna. Av de smolt som valde att gå över divergeringen till Kolstrandskanalen gick 12 st när kraftverket körde 120 m³/s och en vid 90 m³/s. Av de 19 smolt som gick via Åråsforsarna gick sju vid minimitappning och 12 st vid 120 m³/s. Detta ger sammantaget att smolten vid kraftverkskörning fördelas jämnt mellan de båda utvandringvägarna.

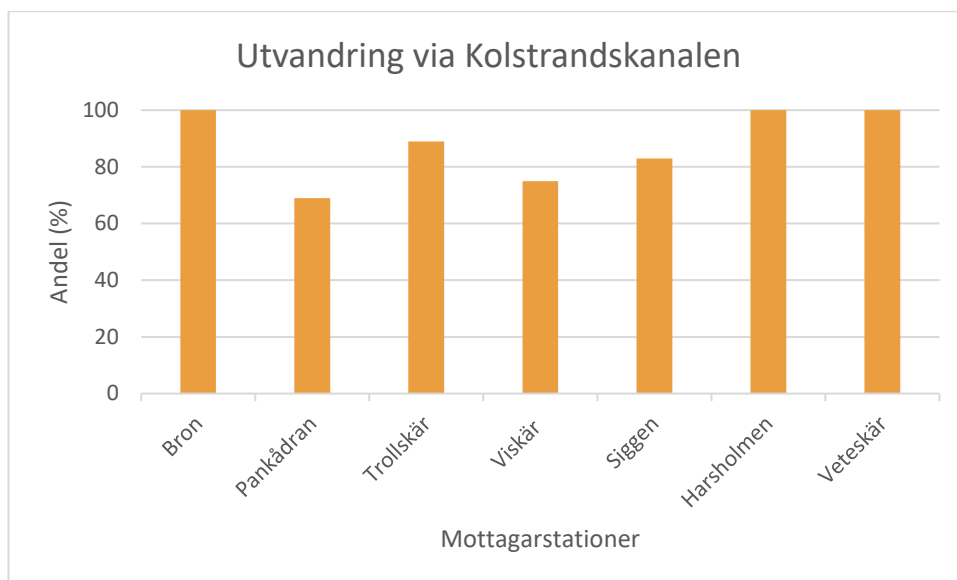
Det tog i snitt 5,0 (0,2–17) dagar för fisken att ta sig från utsättningsplatsen till mottagaren strax uppströms divergeringsdammen. Det tog sedan, i snitt 2,6 dagar för smolten att ta sig från mottagarpositionen strax ovan divergeringsdammen till mottagaren vid bron över Kolstrandskanalen, trots att avståndet endast är ca 400 meter. Från samma punkt, vid divergeringsdammen, tog det 9,4 dagar för smolten att ta sig till Pipan, en sträcka på 1,7 km.

Totalt 15 av 47 öringsmolt, dvs 32 %, tog sig ut till Veteskär från utsättningsplatsen strax nedan turbinutloppet.

För de fiskar som gick via Åråsforsarna tog det 11,8 dagar att ta sig ut till Veteskär. För de som gick via divergeringsdammen tog det 9,0 dagar.

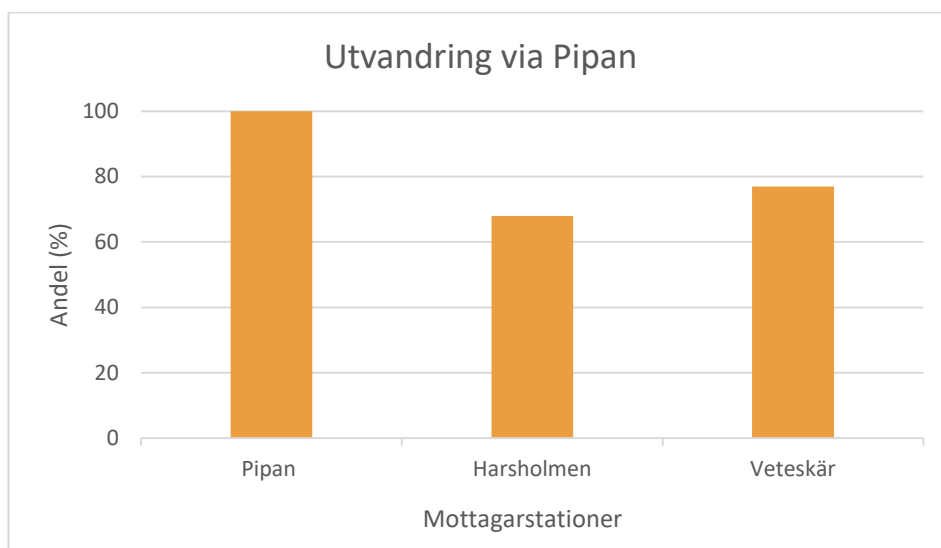
Av de smolt som gick via Kolstrandskanalen tog sig 69 % vidare från stationen Bron till Pankådran. 89% tog sig sedan vidare till Trollskär,

av dessa nådde 75 % Viskär, och vidare till Siggen 83 % (fig 7). De fiskar som var kvar då tog sig hela vägen ut till Veteskär (fig. 7). Av de totalt 13 fiskar som gick via Kolstrandskanalen tog sig 5 st (38 %) ända ut förbi Veteskär.



Figur 7. Andel smolt, utsatta 29 april 2021, som gick ut via divergeringsdammen till Kolstrandskanalen och som tog sig vidare från varje loggerposition i Åråsviken.

Av de smolt som gick via Åråsforsarna tog sig 68 % ut till Harsholmen och av dem 77 % ändå ut till Veteskär (Fig. 8). Av de totalt 19 fiskar som gick via Pipan tog sig 10 st (53 %) ända ut förbi Veteskär.



Figur 8. Andel smolt, utsatta 29 april 2021, som gick ut via Åråsforsarna och som tog sig vidare från varje mottagarposition i Åråsviken.

Slutsatser

Tillrinningen och vattentillgången under våren 2020 var så låg att kraftverket inte kördes under studien. Den veckoreglering som villkoras i tillståndet innebär att kraftverket måste köras minst en vecka om det startas, vilket bidrog till att körning uteblev. Båda grupperna smolt sattes därför ut vid minimitappning (9 m³/s). Första gruppen hade visserligen två dygn av högre flöden men endast 3 fiskar vandrade ut inom detta tidsfönster. Ingen av dessa hann ner till mynningen vid Pipan innan turbinen i kraftverket slogs av. Eftersom vi inte kunde sätta någon fisk under kraftverksdrift 2020 valde vi att sätta hela gruppen under sådana förhållanden året efter (2021).

Vi satte i denna studie ut märkta odlade öringar då vi inte har haft möjlighet att använda vilda individer. Den vilda stammen av både öring och lax är för svag för att kunna fångas i tillräckligt antal och en sådan påverkan på bestånden tillåts inte. De odlade öringarna har en genetik som är relativt lik de vilda medan odlad lax tyvärr har en del inslag av Klarälvsstam i sig och inte bör sättas ut i Gullspångsälven. Även om laxsmolt hade lämpat sig bättre för studien så valde vi av detta skäl odlad öring. Laxsmolt har en tendens att snabbare vandra ut efter utsättning jämfört med öring där det är vanligare att de håller sig kvar en stund vid utsättningsplatsen efter utsättning. En nackdel med att använda odlad fisk är att de generellt sett är sämre på att klara sig ute i det vilda om man jämför med vildfödda individer (Olla et al. 1994, 1998; Weber & Fausch 2003). Vilda individer har hela sitt liv präglats av miljön och dess faror. De har därmed en naturlig rädsla och skygghet för rovfiskar och fåglar. Dock ger odlade fiskar en indikation på var predationstrycket är högt och vilken väg de väljer att vandra ut, vilket är viktiga parametrar att känna till i en älv med hårt trängda populationer.

Smolt vandrar normalt ut i stim, ofta i mörker, och gärna genom turbulenta vatten (Aldven m.fl. 2015, Ibbotson m.fl. 2006). Att simma i stim ökar chansen att klara sig undan predatorer så mängden smolt i ett vattendrag påverkar därigenom chanserna till överlevnad. I vår studie försökte vi efterlikna detta genom att sätta ut de märkta individerna samtidigt. Fiskarna vandrade dock inte tillsammans i någon större utsträckning. Den vilda populationen är också liten i antal och verkar enligt smolträkningar 2021 och 2022 heller inte vandra i stim (Länsstyrelsen, 2022) så därför är nog förutsättningarna snarlik på denna punkt.

Under 2020 vandrade färre smolt ut i andra gruppen, 33 % mot den första 67 %. Vi hade under studien en hel del problem, troligen fabrikationsfel med sändarna i den första gruppen, vilket gjorde att 11 av sändarna inte registrerades. Detta har påverkat resultatet, främst avseende det statistiska underlaget, men eftersom vi tittar på andelar

borde resultatet ändå indikera på skillnader mellan grupper och stationer. I den andra utsättningsgruppen fanns även vissa tendenser till att smolten började bli övermogen och på väg ur smoltfasen. Även detta kan ha påverkat resultatet vi ser här, med färre smolt som ville vandra ut i sena gruppen. Anledningen till den sena utsättningen var att vi avvaktade en ökad vattentillgång och därmed en möjlig kraftverkskörning, vilket tyvärr inte blev av. Kravet på veckoreglering, i kombination med stora turbinens lägsta drivvattenföring (55 m³/s) innebär att det krävs tämligen mycket vatten för att kunna köra en hel vecka.

Älvens flödesdynamik påverkar smoltens vandring och framgång. Högre flöden gör smoltens vandring mindre kostsam, energimässigt, (Jonsson, 1991) och har också visat sig öka villigheten att vandra (Norrgård m.fl. 2013). Andra positiva effekter av högre flöden vid smoltvandring är högre vandringshastighet och ökad turbiditet vilket minskar risken för predation (Hosmer m.fl. 1979; Youngson m.fl. 1989; Gregory and Levings 1998; Karppinen m.fl. 2014; Knudsen m.fl. 2000). Ett snabbt svängande flöde är ofta förekommande i Gullspångsälven, även om smoltutvandringen till största delen infaller under veckoregleringsperioden som startar 20 april. Sänker man vattenföringen under kväll/natt, när smolten vandrar, kan detta orsaka ett stopp i vandringen vilket då ökar exponeringen för rovfiskar (Hosmer m.fl. 1979; Youngson m.fl. 1989; Karppinen m.fl. 2014; Knudsen m.fl. 2000). Vandringen kommer också att kräva mer energi av fisken då de tvingas simma i ett långsammare vatten under längre tid (Jonsson, 1991). Utifrån resultaten i denna studie kan vi ana att det är ett högre predationstryck i älven vid minimitappning. Den utsättningsplats vi använde, kraftverkskanalen, är också en utsatt plats där det enligt uppgifter och egna noteringar finns gott om rovfisk, främst stor abborre och gädda (B. Jernberg, muntl.). Om endast minimitappning går i älven är vattenhastigheten låg och risken för predation stor, vilket vi såg 2020 då många smolt blev uppätta direkt vid utsättningen. Naturproducerad smolt i Gullspångsforsen har ingen möjlighet att triggas av ökande flöden under våren, då flödet där är mestadels konstant. Nedanför laxtrappan riskerar de alltså att hamna i ett nästan stillastående vatten med rovfisk. Längre perioder av minimitappning gör det också lättare för rovfisk att kunna jaga över större delen av älvsträckningen, inklusive Åråsforsarna. Det lägre flödet gör det möjligt för arter som gädda och abborre att uppehålla sig i forssträckorna. Under naturliga förhållanden har man en vårflod med kallare vatten som, förutom att öka smoltens vandringshastighet nedströms, effektivt trycker undan predatorer något vi sett tydligt i våra smolträkningsstudier (Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2022). För att en smoltutvandring ska bli så framgångsrik och naturliknande som möjligt behövs därför ett högre flöde som pågår under hela vandringsperioden.

2021 sattes alla smolt vid kraftverkskörning för att verkligen få svar på vilken väg smolten tar när det finns ett vägval vid bräddavloppet (divergeringen). Här fann vi att omkring hälften av smolten går via divergeringsdammen och Kolstrandskanalen när kraftverket körs. Slutsatsen är också att överlevnaden där var klart sämre (38 %) än via den naturliga älvfåran genom Åråsforsarna (52 %). Detta trots att det mesta vattnet rann över divergeringen. I ett scenario där stora turbinen i kraftverket slagits ifrån och flödet gått ner på minimitappning mitt under utvandringen kan vi utgå ifrån att skillnaderna troligtvis varit ännu större då Kolstrandsviken där kanalen mynnar är grund och vegetationsrik med mycket litet genomflöde. Endast en märkt smolt befann sig i området när det inträffade under försöket. Övriga hade redan passerat eller försvunnit medan kraftverket fortfarande kördes. Denna enda fisk tog sig heller inte vidare till någon mer mottagare.

En betydande andel smolt gick alltså ut via divergeringen och Kolstrandskanalen. Förutom riskerna vid utvandring finns det då en möjlighet att de som lekfiskar också väljer att vandra upp denna väg vid lekvandring. Risken är att de då blir instängda, avbrutna eller förvirrade vid sin uppvandring om kraftverket slås av eller på vid tiden för uppvandringen.

När vi tittar på hur smolten rört sig från älvmyningen och ut till de yttre delarna av Åråsviken ser vi att det förekommer flera vägval och det inte verkar vara alldeles tydligt vilken väg som dominerar. Fisk som vandrat ut från älvens naturliga mynning väljer i vissa fall att ta vägen norrut medan andra går mer rakt fram (fig. 9) Samma gäller för de individer som kommer från Kolstrandskanalen. En del tar rakaste vägen ut medan andra fortsätter söderut för att sen vika av ut mot Veteskär (fig. 9). För att bättre förstå detta vägval använde vi oss av en satellitbild från en islägningsperiod i januari 2021. Man ser där att båda dessa vägar är isfria vilket tyder på att det är ett tillräckligt strömdrag där för att hålla vattnet öppet. Den södra passagen, söder om ön Harsholmen, är smal med gott om vass och annan vegetation. Här bör man undersöka vegetationsutbredning närmare och överväga att vegetationsrensa för att skapa en tydligare fåra och därigenom öka strömdraget. Då kan risken för predation minska och smoltens möjligheter att ta sig ut i Vätern öka.



Figur 9. Satellitbild över nedre delen av Gullspångsälven den 21 januari 2021. Röda pilar visar vägar som smolt tagit via Kolstrandskanalen och gula pilar de vägar som smolt från Åråsforsarna valt. Bild från sentinel-hub.com (Playground).

Smolten som märktes skiljde sig markant åt i storlek mellan åren. Anledningen till detta är troligtvis ett foderbyte och en betydligt stabilare drift på den nya odlingshallen (längre optimal tillväxtperiod) vid Gammelkroppalax under 2020 jämfört med 2019. Vi kan inte bortse från möjligheten att detta påverkat resultatet.

Om vi ändå jämför de två åren, där det 2020 gick minimitappning och 2021 hade betydligt högre flöden kan vi se att framgången för smolten var betydligt större under 2021. Under 2020 tog sig totalt 5 fiskar ut till Veteskär, dvs 12,5 % (vi har här räknat bort de 10 sändare vi hade problem med från start). Under 2021 tog sig totalt 15 fiskar ut till Veteskär vilket ger 31,9 % om man räknar bort de 3 som aldrig lämnade utsättningsplatsen. Detta är inget förvånande resultat då smolt naturligt vandrar ut i anslutning till högre vårflöden. Vandringshastigheten är då högre och risken för predation är lägre.

Värt att notera är också att det, under aktuella förhållanden, var större förluster av fisk på sträckan via Kolstrandskanalen, trots att fisken här tog sig ut till Vätern på kortare tid. För att optimera överlevnaden

borde därför en förhöjd tappning tillämpas under smoltutvandring. En ombyggnad av divergeringsdammen som medger att vattnet skulle kunna styras helt över till Åråsforsarna vid denna tid skulle ytterligare öka överlevnaden hos utvandrande smolt.

En annan problematisk faktor att ta i beaktande är lekfiskens återvandring efter tillväxtperioden i Vänern. Det är möjligt att de smolt som gått ut via Kolstrandskanalen väljer att vandra upp samma väg när de återvänder som lekfisk. Detta förutsätter att kraftverket är igång tillräckligt länge för att fisken ska hitta och ta sig förbi divergeringen. Korttidsregleringen under lekvandringstid innebär ofta flera start och stopp per dygn. Lekfisk som inte hinner passera hela området genom Åråsviken-Kolstrandsviken-Kolstrandskanalen-divergeringsdammen blir sannolikt helt desorienterad och mycket stressad när vattnet stängs av. En stabil tappning under lekvandring eliminerar denna risk. För att undersöka hur lekfiskens uppvandring fungerar bör särskilda studier av detta göras.

Referenser

Aldvén, D., Degerman, E., & Höjesjö, J. (2015). Environmental cues and downstream migration of anadromous brown trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts.

Gregory R.S. & Levings C.D. 1998. Turbidity reduces predation on migrating juvenile Pacific salmon. *Transactions of the American Fisheries Society* 127: 275-285.

Hosmer, M.J., Stanley, J.G., and Hatch, R.W. 1979. Effects of hatchery procedures on later return of Atlantic salmon to rivers of Maine. *Prog. Fish-Cult.* 41: 115-119.

Ibbotson, A. T., Beaumont, W. R. C., Pinder, A., Welton, S., & Ladle, M. (2006). Diel migration patterns of Atlantic salmon smolts with particular reference to the absence of crepuscular migration. *Ecology of Freshwater Fish*, 15(4), 544-551.

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

Karppinen, P., Jounela, P., Huusko, R., & Erkinaro, J. (2014). Effects of release timing on migration behaviour and survival of hatchery-reared Atlantic salmon smolts in a regulated river. *Ecology of Freshwater Fish*, 23, 438-452

Knudsen, E. E., Steward, C. R., MacDonald, D. D., Williams, J. E., & Reiser, D. W. (2000). *Sustainable fisheries management: Pacific salmon* (pp. 1-724). The United States of America: CRC Press

Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2021. Åtgärdsplan för Gullspångslax-Slutrapport för projektet GRAP, GullspångRiverActionPlan 2018-2020, rapport 2021:06.

Länsstyrelsen i Västra Götalands län, 2022. Smolträkning i Gullspångsälven 2021 och 2022. PM från Fiskeutredningsgruppen, 2022-08-10.

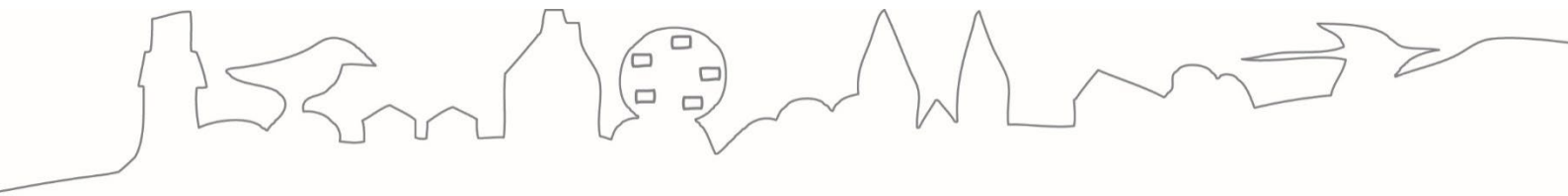
Norrgård, J. R., Greenberg, L. A., Piccolo, J. J., Schmitz, M., & Bergman, E. (2013). Multiplicative loss of landlocked Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolts during downstream migration through multiple dams. *River Research and Applications*, 29, 1306-1317

Olla, B.L., Davis, M.W. & Ryer, C.H. 1994. Behavioural deficits in hatchery-reared fish: potential effects on survival following release. *Aquaculture and Fisheries Management* 25 (Suppl. 1): 19-34.

Olla, B.L., Davis, M.W. & Ryer, C.H. 1998. Understanding how the hatchery environment represses or promotes the development of behavioral survival skills. *Bulletin of Marine Science* 62: 531-550.

Youngson, A.F., Hansen, L.P., Jonsson, B., and Nesje, T.F. 1989. Effects of exogenous thyroxine or prior exposure to raised water flow on the downstream movement of hatchery-reared Atlantic salmon smolts. *J. Fish Biol.* 34: 791-797.

Weber, E.D. & Fausch, K.D. 2003. Interactions between hatchery and wild salmonids in streams: differences in biology and evidence for competition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 1018-1036.



Länsstyrelsen
Västra Götaland