

Nr 4: 2017

Effekten av en kraftverksdamm på vandringsframgång hos migrerande öringsmolt



VÄTTERNFAKTA utgörs av en digital publikations-serie innehållande fakta som berör Vättern



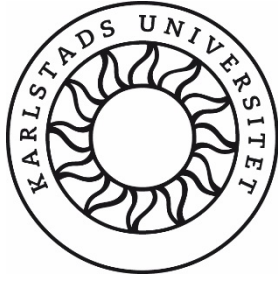
Vätternvårdsförbundet

FAKTA från Vätternvårdsförbundet

Nr 4:2017

Fakta-serien från Vätternvårdsförbundet instiftades 2012 och utgörs av dokument med beröring till sjön som förtjänat att tillgängliggöras för en bredare krets. Ofta berör innehållet begränsad fråga. Faktaserien kompletterar därmed Rapportserien och ges endast ut digitalt.

Nr	4:2017
Framsida	Öring (<i>Salmo trutta</i>) Foto: Jönköpings Fiskeribiologi & Niclas Carlsson
Utgivare	Måns Lindell (red), sept 2017.
Kontaktperson	Ann-Sofie Weimarsson, Länsstyrelsen i Jönköpings län, telefon 010-223 60 00
E-post:	ann-sofie.weimarsson@lansstyrelsen.se
Webbplats	www.vattern.org
Författare	Niclas Carlsson
Kartmaterial	GISdata från Länsstyrelserna
Beställare	Länsstyrelsen i Jönköpings län



Effekten av en kraftverksdamm på vandringsframgång hos migrerande öringsmolt

Effect of a hydroelectric dam on migration success of migrating brown trout smolt

Niclas Carlsson

Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap

Biologi

Grundnivå 15 hp

Handledare: Larry Greenberg

Examinator: Eva Bergman

Datum: 2017-01-27

Löpnummer: 17:107

Abstrakt

Dammar fungerar som barriärer för migrerande fisk i rinnande vatten med minskad konnektivitet som följd. Predation och navigationssvårigheter är två stora orsaker till att nedströmsvandrande smolt uppvisar en låg vandringsframgång genom dammar. I Svedån undersöktes vandringsframgången för öring-smolt i en dammsträcka mot en fritt strömmande kontrollsträcka under perioden 15 april och 23 maj 2016. PIT-tagteknik (Passive Integrated Transponder) användes där totalt 117 öringar märktes med 12 mm PIT tag eller 23 mm PIT tag och följdes när de simmade förbi fyra installerade antennstationer som avgränsade de båda sträckorna. Resultatet visade en signifikant lägre vandringsframgång för de 29 öringarna i dammsträckan än för de 4 i kontrollsträckan, där endast 13,8% passerade dammsträckan och 75% passerade kontrollsträckan. Antal analyserad öring på kontrollsträckan var få, vilket skapar osäkerhet kring skattning på vandringsframgång på kontrollsträckan. Resultatet visar dock samma mönster från liknande studier som utförts rörande nedströmsvandrande öring-smolt. Orsakerna till den låga vandringsframgången kunde ej utredas men troliga orsakerna var predation, navigeringssvårigheter samt tvekan till passage vid dammens ytspill.

Dams act as barriers for migrating fish in lotic environments with reduced connectivity as a consequence. Predation and navigation difficulties are two major causes low migration success for downstream migrating smolts passing areas with dams. In Svedån the migration success for trout smolts was tested in a dam stretch and compared to a free-flowing control stretch during 15 April to 23 May. Using PIT tag technology (Passive Integrated Transponder) I followed 117 smolts marked with either 12 mm PIT tags or 23 mm PIT tags as they passed four antenna stations that delimited the two stretches. The result showed a significantly lower migration success for the 29 trout in the dam stretch compared to the 4 trout in the free flowing control stretch, where only 13,8% passed the dam stretch and 75% passed the control stretch. The number of trout passing the control stretch was low, which makes the estimate for migration success for the control stretch uncertain. Nevertheless, the results show resemble the pattern reported from similar studies on downstream migrating trout. The reasons for the low migration success through the dam are uncertain but likely causes are predation, navigation difficulties and hesitation as the fish approach the surface spillway.

Inledning

Uppdämning av vattendrag har identifierats som en av de allra största antropogena störningar av den naturliga miljön och har stark förändrat förhållandena för vattenlevande organismer, både i lentiska och lotiska miljöer (Petts 1984, Bain & Finn 1988, se Nilsson & Dynesius, 1994). I Sverige beräknas det finnas 2100 vattenkraftverk varav majoriteten är av småskalig karaktär. Det finns olika dammtyper i anslutning till dessa, bland annat fyllnadsdammar, vars funktion är att koncentrera fallhöjden, skapa förutsättningar för intag till vattenkraftverket samt för att reglera flödet. Oftast ligger fyllnadsdammar i direkt anslutning till turbinerna men det förekommer även att vattnet förs genom en tub till kraftverket längre nedströms. Även förekomst av regleringsdammar som magasinerar vattenreserven och spegeldammar av estetiska skäl är vanliga i utbyggda vattendrag (Havs och vattenmyndigheten 2013).

Dammar fungerar som barriärer för migrerande fisk i rinnande vatten, med minskad konnektivitet som följd (Ward, Stanford, 1995), och är en orsak till minskning eller utrotning av fiskpopulationer på många håll (Svensson, 2000). Störst fokus har dock varit på att lösa de

problem uppströmsvandrande fisk erfar, medan problemen för nedströmsvandrande fisk oftast bortsetts från (Arnekleiv 2007). Under sin nedströmsvandring som smolt utsätts juvenila salmonider för en ökad risk av predation från piscivora däggdjur, fåglar och fisk (Gauld, Campbell & Lucas, 2013) och flertalet studier utförda i vattendrag med dammar visar på en hög mortalitet och låg passageeffektivitet genom dessa (Raymond, 1979; Aarestrup, Koed 2003). Förutom det rent fysiska hindret som uppstår kan även andra hinder uppstå där den lotiska miljöns övergår till en stillastående lentisk miljö. Detta skapar andra förutsättningar som oftast gynnar ett annat fisksamhälle (Olsson & Greenberg 2001, Calles et al. 2013). Vid nedströmsmigration genom en damm kan, för öringsmolt, omfattande predation ske från piscivor fisk som bland annat gädda (*Esox lucius*) som ofta förekommer i lentisk miljö (Irz et al. 2006; Jepsen, Pedersen och Thorstad 2004; Jepsen et al, 1998). Även predation av fågel som häger (*Ardeidae*) och storskrake (*Mergus merganser*) förekommer (Gauld et al. 2013). Vid passage av en damm uppvisar salmonider en fördröjning i sin vandring (Norrgård et al. 2013, Aarestrup & Koed 2003) och orsakas av navigationssvårigheter hos smolten när strömhastigheten avtar i dammen samt svårigheter att hitta rätt väg ut (Jepsen et al. 1998). Detta kan leda till desmoltifikation (Raymond 1979) e.g. smoltens vävnadssammansättning ändras tillbaka mot stirrens (Li & Yamada 1992, se Jonsson & Jonsson 2011, sid 217) och den silverskimrande dräkten förloras (McCormick et al. 1999). Fisken upphör därmed att söka sig nedströms (Lundqvist & Eriksson 1985).

Smoltifieringen inträffar under våren och styrs av bland annat fotoperioden och temperatur (McCormick et al. 1998). Vattentemperaturen orsakar årliga tidsvariationer i timingen vid smoltifiering och dess utvecklingstakt (McCormick et al 2002). Under smoltifiering förändras öringens morfologi och färg där öringen antar en slankare kroppsform och silverskimrande dräkt och istället för att vara territoriella som stirren förflyttar sig smolten nedströms med strömmen i små stim (Jonsson & Jonsson 2011). Vandrigen sker oftast nattetid men är beroende på vattentemperaturen, något som Ibbotsson et al. (2006) visade då laxsmolt oftast migrerade nattetid vid låga temperaturer medan det inte var signifikant skillnad i fördelningen under dygnet vid vattentemperaturer över 12°.

Studien syftar till att undersöka vandringsframgången för nedströmsmigration av öringsmolt genom den uppdämda Fjällbölsdammen i Svedån under perioden 15 april till 23 maj. Studien syftar även till att ge föredata till en framtida fiskvägsåtgärd förbi Fjällbölsdammen. Hypotesen var att nedströmsvandrande öringsmolt uppvisar en lägre vandringsframgång genom den uppdämda Fjällbölsdammen än genom en fritt strömmande kontrollsträcka.

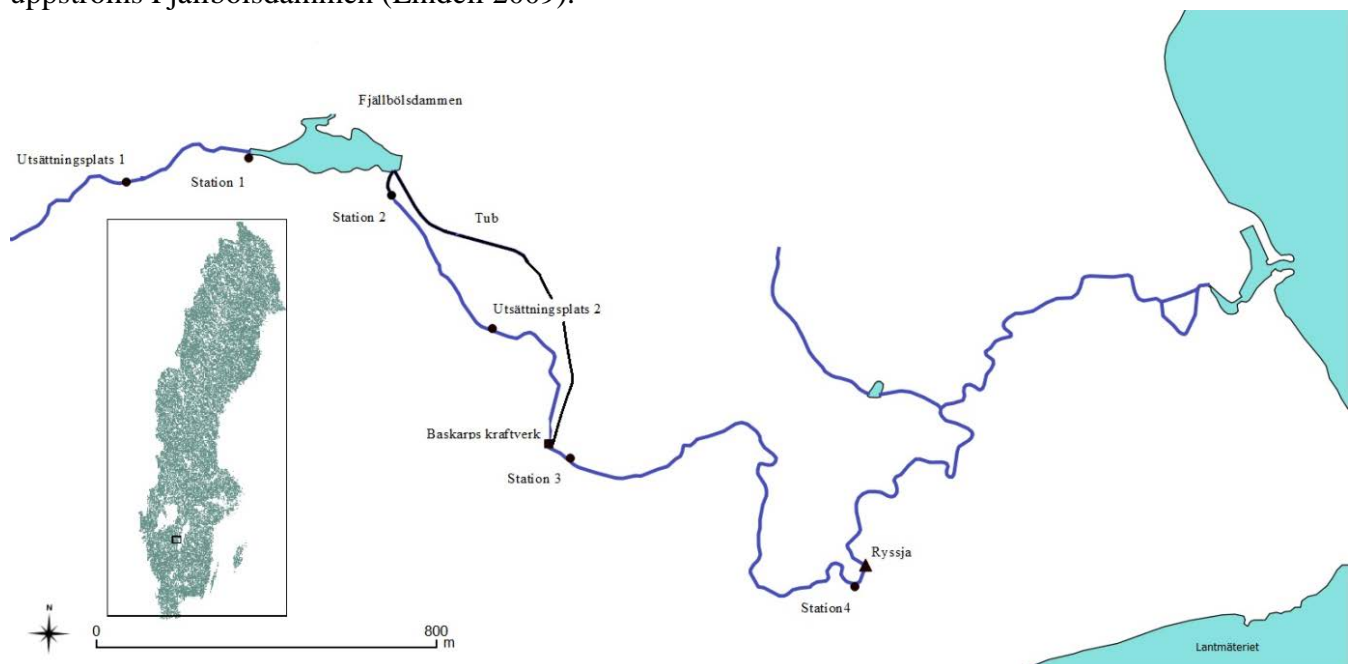
METOD

Undersökningsområde

Studien genomfördes mellan 15 april och 23 maj 2016 i Svedån (58°1'17.0"N 14°10'31.2"E) som ingår Motala ströms huvudavrinningsområde. Svedåns delavrinningsområde består till största delen av skogsmark (90%) och jordbruksmark (6%) och uppgår till 49 km². Från dess källsjö Svedsjön (58°2'39.0"N 14°1'5.0"E) sträcker den sig cirka 18 km nedströms tills den mynnar i sydvästra Vättern, strax nordost om Fagerhult. Den årliga medelvattenföringen var mellan åren 1999 till 2014 0,567 m³/s (SMHI 2016). Förutom öring har det även vid elfisken mellan 1980 och 2007 påträffats abborre (*Perca fluviatilis*), mört (*Rutilus rutilus*), elritsa (*Phoxinus phoxinus*), gädda, småspigg (*Pungitius pungitius*), bäcknejonöga (*Lampetra planeri*) och signalkräfta (*Pacifastacus leniusculus*) (Lindell 2009). Under studiens gång observerades även lake (*Lota lota*), flodnejonöga (*Lampetra fluviatilis*)

och troligen en harr (*Thymallus thymallus*). Även häger och storskrake observerades vid flertalet tillfällen i Fjällbölsdammen och strömsträckor av ån.

Svedåns vattenkraft har sedan slutet av 1700-talet nyttjats för kvarndrift och annan industriell verksamhet. I slutet av 1800-talet började vattenkraften nyttjas för kraftverk och i nuläget finns Baskarps kraftverk, som är beläget cirka 3 km uppströms mynningen till Vättern strax nedströms riksväg 195 (Figur 1). Baskarps kraftverk är korttidsreglerande och tillämpar nolltappning i ån då vattenföringen varierar mellan 0-1,5 m³/s. Undantaget är perioden mellan 15/10-5/11 då en minimitappning på 0,2 m³/s möjliggör för lekande öring att vandra upp i ån. Kraftverket förses med vatten från den 2,29 hektar stora Fjällbölsdammen, beläget cirka 700 meter uppströms riksväg 195, via en tub (Figur 1). Den gamla åfåran mellan dammen och kraftverket är numera torrlagd om det ej råder höglöden eller, som under studiens gång, underhåll och reparation av kraftverket eller kraftverksdammen. Uppströms den cirka 350 meter långa Fjällbölsdammen stäcker sig ån ytterligare cirka 14 km som, innan dessa två definitiva vandringshinder byggdes, nyttjades av lekvandrande Vätternöring som reproduktionsområde. Svedåns potentiella smoltproduktion är beräknad till cirka 7000 smolt per år vilket kan jämföras med nuvarande tillgängliga sträckor vars beräknade smoltproduktion är 1725 smolt per år. Detta gör Svedån till det vattendrag vid Vättern med allra högst potential i detta avseende. Denna extra produktion är dock beroende på om Vätternöringen återigen får fria vandringsvägar i ån då majoriteten av potentialen ligger uppströms Fjällbölsdammen (Lindell 2009).



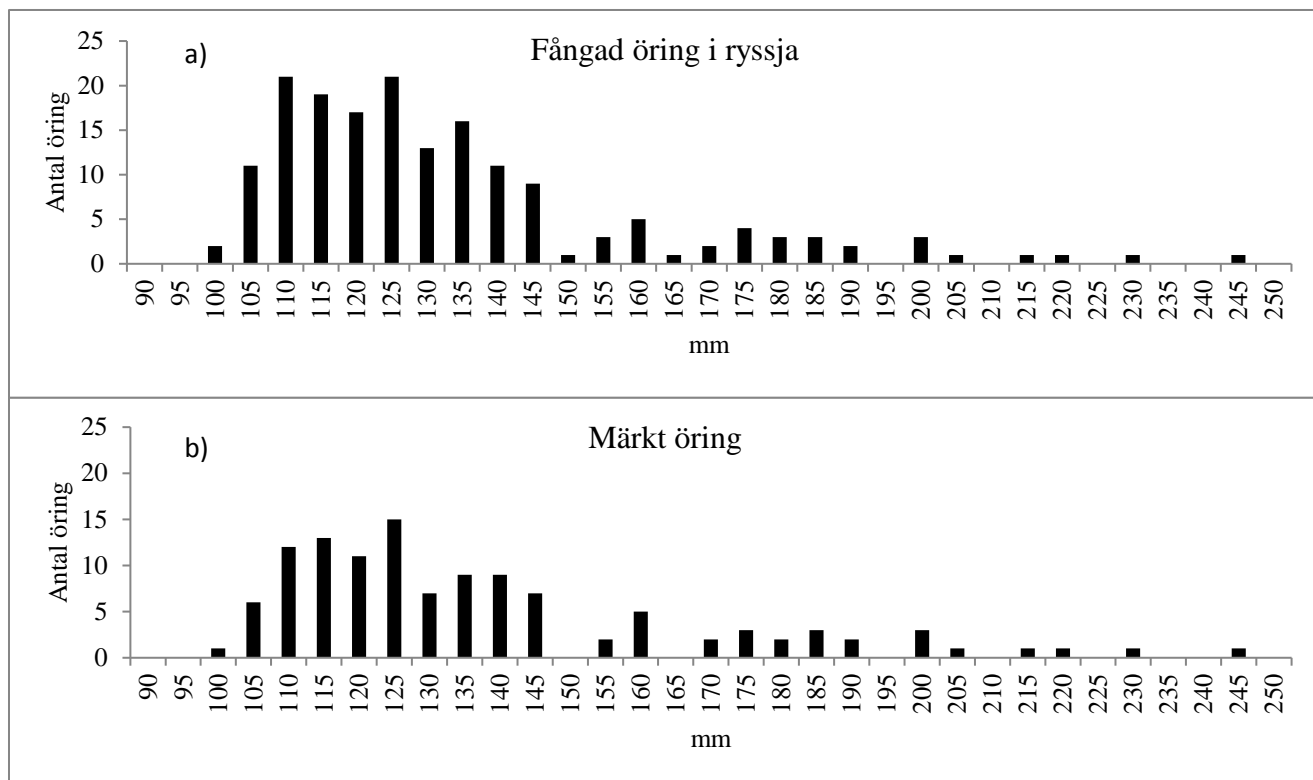
Figur 1. Karta över Svedån med de två fiskutsättningsplatserna, de 4 PIT tag stationerna och ryssjan. Mellan Station 1 och Station 2, som markerade inlopp respektive utlopp ur Fjällbölsdammen, var avståndet 350 m och avgränsade dammsträckan. Mellan Station 3 och Station 4 var avståndet 1200 m och avgränsade kontrollsträckan som var en fritt strömmande del av ån.

Utförande

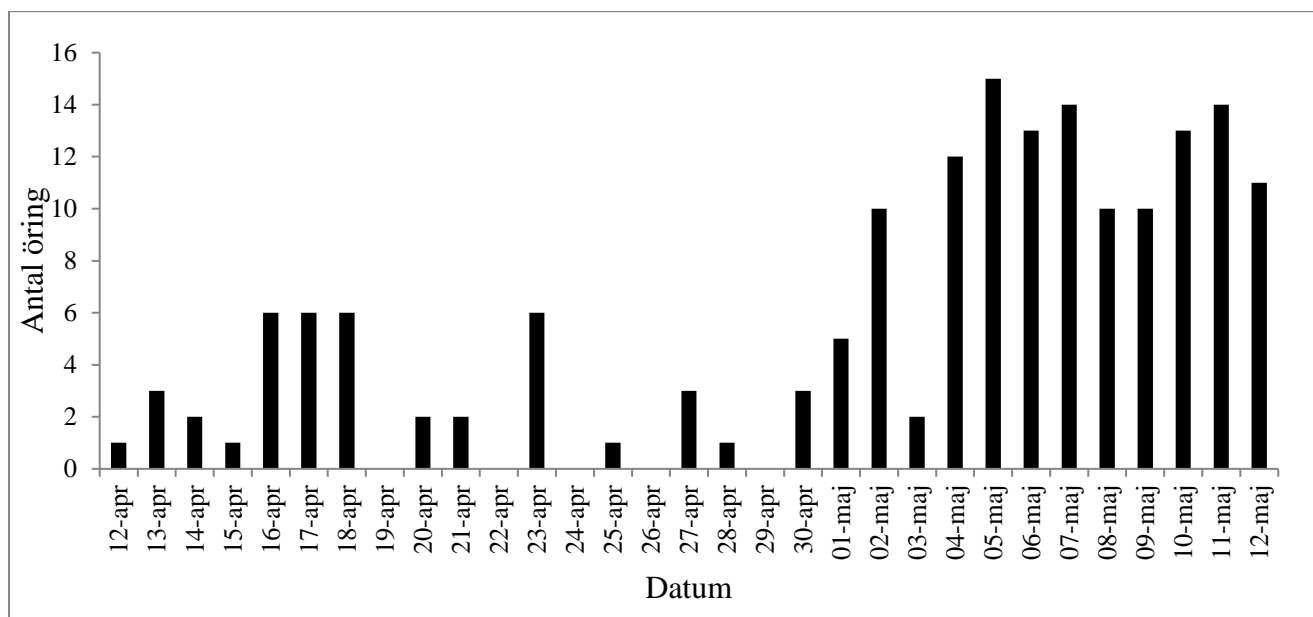
Ån delades in i en dammsträcka som innefattade den cirka 350 meter långa Fjällbölsdammen och en kontrollsträcka som bestod av en cirka 1200 meter lång fritt strömmande sträcka. Dessa avgränsades av fyra PIT-tag antennstationer (Passive Integrated Transponder, Oregon RFDI). Station 1 (58°1'27.9"N 14°8'9.8"E) var belägen cirka 20 meter uppströms Fjällbölsdammen, Station 2 (58°1'25.4"N 14°8'30.3"E) var belägen cirka 40 meter

nedströms Fjällbölsdammens dammfäste i den gamla åfåran, Station 3 (58°1'5.1"N 14°8'56.0"E") var belägen cirka 10 meter nedströms Baskarps kraftverk och Station 4 (58°0'55.6"N 14°9'38.4"E) cirka 1200 meter nedströms Station 3 (Figur 1). Under studiens gång var kraftverket inte i drift, vilket möjliggjorde två olika nedströmspassager genom dammen, dels via ett bottenutskov och dels via ett ytutskov vars spill regleras med planksättare och automatlucka. Kontrollsträckan bestod av en cirka 1200 meter fritt strömmande åsträcka med start strax nedströms Baskarps kraftverk. Denna del är vid normala fall korttidsreglerad men var under studiens gång kontinuerligt försedd med vatten via bottenutskovet och ytspillet från dammen. Variationer i flödet skedde dock under några av dagarna under vecka 16 och 17 då test av automatluckan utfördes.

En parryssja med ett finmaskigare nät påsytt på de två ledarmarna installerades för fångst av nedströmsvandrande öring den 11 april cirka 1,7 kilometer uppströms Svedåns mynning (58°0'55.8"N 14°9'38.7"E). Dess placering bedömdes vara nedströms majoriteten av öringens lekplatser. Ryssjan täckte inte hela åns bredd utan en dryg halvmeter av åns norra sida gavs fri passage för fisk. Ryssjan vittjades varje dag, främst förmiddagar, under 31 dagar till 12 maj då den togs ur bruk. Totalt fångades 172 öringar mellan 100 och 245 mm varav 117 märktes för återutsättning (Figur 2). Sjuttiofem procent av all fångst blev fångade under perioden 30 april till 11 maj (Figur 3). En majoritet av den fångade öringen transporterades direkt efter tömning av ryssjan till märkningsplatsen. Dock sumpades ett antal öringar vid ryssjan 1-3 dagar innan märkning under ett antal tillfällen under studiens gång då märkning inte var möjlig. Innan märkning bedövades öringen med Tricaine methanesulfonate (MS-222), mättes till totallängd med utspärrad stjärtfena till närmaste 5-millimetersintervall, vägdes i gram och klassificerades i smoltifieringsgrad i en tregradig skala baserat på dess utseende (M. Bryntesson, personlig kommunikation, 2 juni 2016). Märkningen skedde med 12 mm eller 23 mm PIT tags där varje PIT tag erhåller en unik identifikationskod. Larsen et al. (2013) rekommenderar kirurgisk implantation av 23 mm PIT tags på juvenil lax ned till 100 mm fork length. Richard et al. (2013) visar att implantation av 12 mm PIT tag på juvenil öring mindre än 55 mm i total längd har negativ effekt på dess överlevnad och tillväxt men ingen sådan effekt kunde visas på öring över 55mm.



Figur 2. Längdfrekvens (mm) för antal fångad öring i ryssjan (a) samt de öringarna som blev märkta under perioden 11 april till 12 maj (b) i Svedån. N=172 och 117 för total fångst av öring respektive märkt öring.



Figur 3. Antal fångad öring i ryssjan under perioden 12 april till 12 maj. Under perioden 16-18 april antecknades inte fångstfördelningen mellan dagarna. Antalet fångade öringar under dessa tre dagar uppgick till 18 och ett medelvärde på 6 antogs för vardera dan,

På grund av liten erfarenhet vid märkning av PIT tags märktes dock all fisk under studiens början med 12 mm PIT tags, men efter cirka 20 märkningar märktes i princip all fisk ned till 125 mm med 23 mm PIT tags, enligt rekommendationer från Larsen et al.(2013). Femtionio öringar märktes med 12mm PIT tag och 58 med 23 mm PIT tag. PIT taggen implanterades kirurgiskt med skalpell (23 mm PIT tags) eller injicerades med förladdade kanyler (12 mm

PIT tags), efter sterilisation med etanol, i fiskens bukhåla mellan dess bröst- och bukfenor.

Den märkta öringen sumpades vid dess återutsättningsplats i ån i 16-48 timmar för återhämtning efter märkning. Sumpen bestod av en 70 liters tunna eller en 72 liters låda vars sidor borrades upp med 10 mm borr för vattencirkulation. Under studiens gång användes två utsättningsplatser där Utsättningsplats 1 ($58^{\circ}1'25.7''N$ $14^{\circ}7'54.8''E$) var stationerad cirka 300 meter uppströms Fjällbölsdammen och användes vid utsättning för dammsträckan. Utsättningsplats 2 ($58^{\circ}1'15.0''N$ $14^{\circ}8'43.4''E$), som användes vid utsättning för kontrollsträckan, var stationerad i den gamla åfåran nedströms Fjällbölsdammen cirka 450 meter uppströms Baskarps kraftverk (Figur 1). Nittiofyra märkta öringar blev återutsatta vid utsättningsplats 1 uppströms Fjällbölsdammen där 51 märktes med 12 mm PIT tag och 43 med 23 mm PIT tag. Tjugotre märkta öringar blev återutsatta vid Utsättningsplats 2 nedströms Fjällbölsdammen där 8 märktes med 12 mm PIT tag och 15 med 23 mm PIT tag. Utsättningar under studiens gång skedde kontinuerligt vid Utsättningsplats 1 mellan 15 april till 10 maj och under 3 tillfällen mellan 4-10 maj vid Utsättningsplats 2. Något liknande tillvägagångssätt med mer än en utsättningsplats var något som till exempel Norrgård et al. (2013) gjorde då de stödutsatte laxsmolt nedströms kraftverk under deras studie rörande nedströmsvandring förbi reglerade sträckor av Klarälven då stora förluster förväntades vid passage av kraftverk och dammar.

En kontrollgrupp bestående av död fisk sattes ut i Fjällbölsdammens ytspill till den gamla åfåran eftersom att det spekulerades i att detta fall (1-1.5 meter) eventuellt kunde vara skadligt eller dödligt för öringen. Detta gjordes för att undersöka om död öring potentiellt kunde drifva med strömmen ned till kontrollsträckan.

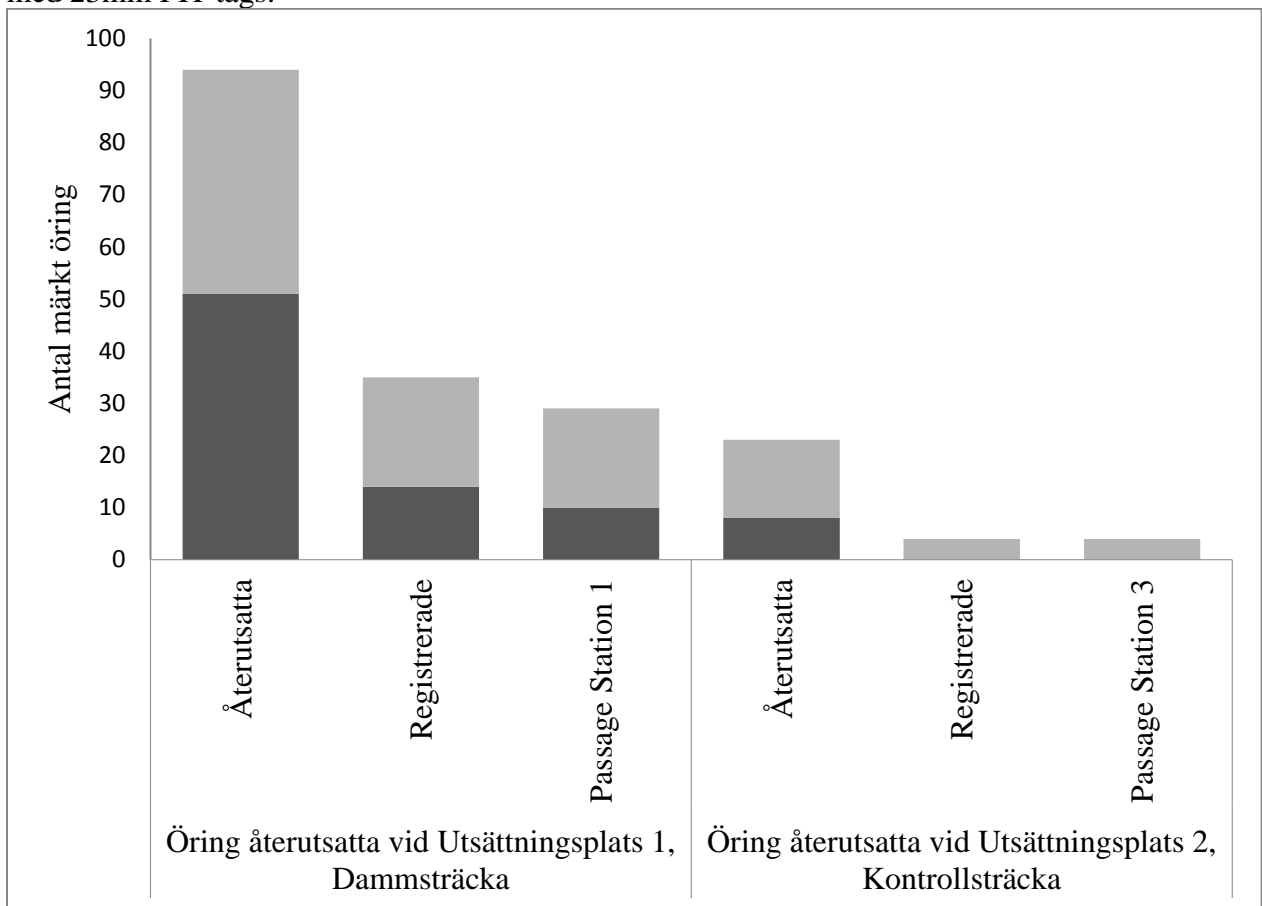
De märkta öringarnas vandring följdes mellan 16 april och 23 maj med de fyra antennstationerna. Varje antennstation bestod av två antennslingor som placerades med ett avstånd på cirka 10 meter, antenn 1 uppströms och antenn 2 nedströms, för att bestämma färdriktning för fisken samt öka registreringseffektiviteten. En öring bestämdes ha passerat stationen om båda antennerna gav utslag eller om endast den nedre gav utslag samt om registrering gavs på annan station nedströms. Öring som registrerats men ej uppfyllt dessa kriterier användes ej vid analys av data för vandringsframgång genom dammsträckan och kontrollsträckan. Om ingen ytterligare registrering skett vid Station 2-4 för öring som passerat Station 1, som markerade början av dammsträckan, bestämdes denna ha misslyckats i sin vandring och räknades som en förlust på dammsträckan. Detsamma gällde öring återutsatta vid Utsättningsplats 2 som passerat Station 3, som markerade början på kontrollsträckan, men inte registrerats vid Station 4.

Analys av data

Datan analyserade med SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp). Fisher's exact test användes vid analys av vandringsframgång mellan kontrollsträckan och dammsträckan samt detektionseffektiviteten för 12 mm jämfört med 23 mm PIT tags vid antenn 1 och 2 vid Station 1. Vid detektionseffektiviteten för 12 och 23 mm PIT tag användes endast öring som bekräftat passerat Station 1. Vid analys av samband mellan längd och detektion nedströms Utsättningsplats 1 för öring märkt med 12 respektive 23 mm Pit tags användes logistisk regressionsanalys. Detta gällde även vid analys av samband mellan längd, vikt och vandringsframgång genom dammsträckan. Övriga beräkningar skedde i excel (Microsoft Excel 2010).

Resultat

Efter återutsättning vid Utsättningsplats 1 registrerades 35 av 94 öringar (37,2 %) nedströms utsättningsplatsen, varav 14 av de 51 öringar märkta med 12 mm PIT tag (27,5%) och 21 av de 43 märkta med 23 mm PIT tag (48,8%) registrerades. Av öringen som återutsattes vid Utsättningsplats 2 registrerades 4 av 23 (17,4 %) vid någon station nedströms. Noll av 8 märkta med 12 mm PIT tag (0%) och 4 av 15 märkta med 23 mm PIT tag (26,7%) registrerades. Tjugonio av de 35 öringar som registrerats nedströms Utsättningsplats 1 bekräftades passerat Station 1 varav 10 var märkta med 12 mm Pit tags och 19 märkta med 23 mm PIT tags (Figur 4). Detektionseffektiviteten vid Station 1 var vid ett Fischers exact test signifikant lägre för 12 mm vid antenn 1 ($p = 0,032$) men inte vid antenn 2 ($p = 0,111$) jämfört med 23mm PIT tags.

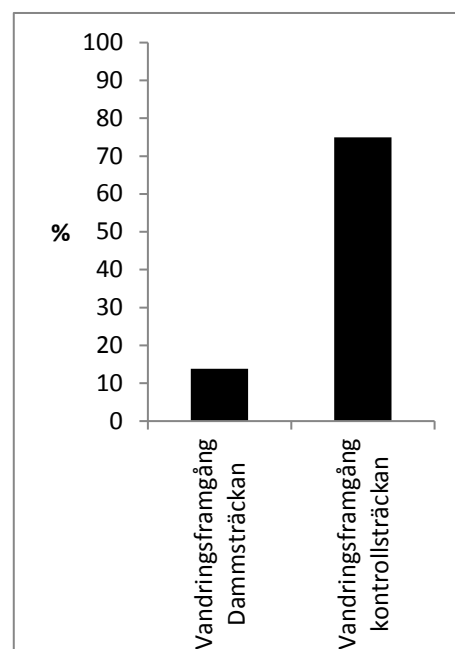


Figur 4. Fördelning av öring märkt med 12 mm PIT tags (mörka staplar) och 23 mm PIT tags (ljusa staplar) av totalt 94 fiskar vid Utsättningsplats 1 och 23 fiskar vid Utsättningsplats 2.

För öring återutsatta vid Utsättningsplats 1 dröjde det i genomsnitt 5,9 dygn ($SD = 7,0$) innan första registrering vid Station 1 och för öring återutsatt vid Utsättningsplats 2 6,4 dygn ($SD = 5,7$) till första registrering vid Station 3. Ökad kroppslängd gav större sannolikhet för en öring att detekteras nedströms utsättningsplats 1, både för öring märkt med 12 mm PIT tag (Logistisk regression, $X^2 = 21,2$, $df=1$, $N=51$ $p=0,001$) och 23 mm PIT tag (Logistisk regression, $X^2 = 6,3$, $N= 43$, $df=1$, $p=0,030$).

Av de 29 öringarna från utsättningsplats 1 som bekräftats passerat Station 1 registrerades 4 nedströms dammen, vilket gav en vandringsframgång på 13,8% på dammsträckan. Av de 4 öringarna från Utsättningsplats 2 som bekräftats passera Station 3 registrerades 3 nedströms vid Station 4 vilket gav en vandringsframgång på 75 % på kontrollsträckan (Figur 5). Ett Fischers exact test visade en signifikant lägre vandringsframgång i dammsträckan än i kontrollsträckan ($p=0,023$). Det fanns inget signifikant samband mellan längd, vikt och vandringsframgång genom dammsträckan (logistisk regression, $X^2=0,677$, $N=29$, $df=1$, längd $p=0,442$, vikt $p=0,563$).

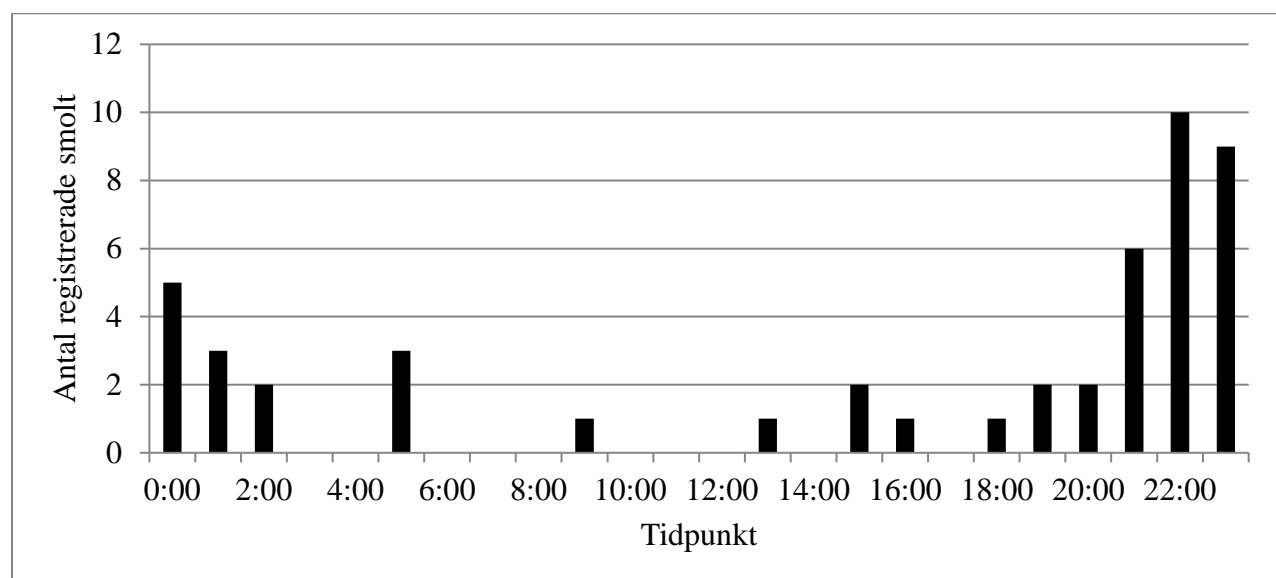
Av de 4 som passerade dammsträckan passerade 2 även station 3 och 4. Två av dessa 4 öringar som passerat dammen registrerades både vid Station 1 och 2, varav 1 som passerade samtliga stationer och en som endast registrerades på Station 1 och 2, och gav ett tidsintervall för passage av dammsträckan på 3 h 49 min respektive 3 h 53 min. Tidsintervallet för det totala antalet öringar som passerade kontrollsträckan, vilket var 5, var mellan 2 h 33 min och 48 h 14 min. Medelhastigheten för öring som passerade dammsträckan var 0,09 km/h och för öringen som passerade kontrollsträckan 0,06 km/h (Tabell 1). Tidpunkten vid första registrering för respektive öring vid stationerna skedde i snitt nattetid där 72,9 % av alla registreringar skedde mellan kl 21:00 och 03:00 (Figur 6).



Figur 5. Procentuell vandringsframgång genom dammsträckan ($N=29$) och kontrollsträckan ($N=4$)

Tabell 1. Vandringshastighet för öring vid passage av dammsträckan respektive kontrollsträckan.

Sträcka	Längd (km)	Medeltid (h)	SD (h)	Hastighet (km/h)	N
Dammsträcka	0,35	3,85	0,05	0,09	2
Kontrollsträckan	1,2	20,29	23,83	0,06	5



Figur 6. Tidpunkt uppdelat i timmar under dygnet vid första registrering för respektive öring vid stationerna i Svedån under perioden 16 april till 23 maj.

Av den döda kontrollgruppen återutsatta vid dammens ytspill registrerades ingen vid stationerna på kontrollsträckan. Två stycken registrerades dock vid station 2, ca 40 meter nedströms ytutskovet, och fick manuellt förflyttas 2 meter nedströms då de blev liggandes under antenslingan.

Diskussion

Vandringsframgången genom dammsträckan var signifikant lägre än genom kontrollsträckan. Endast 13,8 % lyckades passera Fjällbölsdammen vilket kan ställas i kontrast med den fritt strömmande kontrollsträckan där 75 % lyckades passera. Antalet öring som analyserades vid kontrollsträckan var få, med endast 4 individer, vilket skapar stor osäkerhet kring min skattning på passageframgång. Liknande studier har dock gett likartade mönster både vad gäller lentiska och lotiska delar av vattendragen. Olsson och Greenberg (2001) visade till exempel i Önnerupsbäcken en vandringsframgång på cirka 19% respektive 24% vid en 3,5 hektar stor sedimentationsdamm och 77 % respektive 59 % vid strömmande sträckor under de två år studien utfördes. Aarestrup och Koed (2003) visade på en hög mortalitet och låg vandringsframgång vid olika typer av dammar i ån Salten, Danmark, dock inte lika låg vandringsframgång som i Fjällbölsdammen. Vid dessa dammar var förutsättningarna för migration mer gynnsamma med ett högt flöde över fördämningarna eller installerade fiskvägar. På grund av de olika habitaterna och dammarnas utformning i dessa vattendrag är det dock svårt att göra en direkt jämförelse.

Öringen hade stora svårigheter att vandra genom Fjällbölsdammen när förutsättningarna troligtvis var relativt sett goda i och med att kraftverket inte var i drift. Vanligtvis leds vattnet från dammen via en lång tub men under studiens gång var de enda möjliga passagera vid bottenutskovet och ytutskovet till gamla åfåran. Viss förlust i dammen kan ha delvis berott på predation från häger och storskrak, som observerades flertalet gånger vid dammen, samt även från gädda (Gauld et al. 2013; Jepsen, Pedersen & Thorstad 2004). Hur stor förekomsten är av gädda i dammen är dock osäkert då dammen tömdes för underhåll 2015. Observationer under studiens gång på stora vak och angelfiske av lokala fiskare antyder dock att viss förekomst finns. Fördröjning vid vandrigen på grund av navigationssvårigheter genom dammen kan även det bidragit till den troliga predationen (Jepsen et al. 1998). Fördröjning kan även orsakats av hastighetsförändringen i flödet vid ytutskovet och fått öringen att undvika detta område (Kemp, Gessel & Williams 2005). Gauld, Campbell och Lucas (2013) visar hur även överfall vid små fördämningar hämmar nedströmsvandrande öringsmolt och att hur stora effekterna blir är starkt beroende på flödet över dessa. En lägre vattenföring vid överfallen hämmade fisken mer än vid högre vattenföring över dessa. Ytutskovet vid fjällbölsdammen bestod av 5 plankstättare, oftast var 1 eller 2 av dessa stängda, med en sammanlagd bredd av 9,34 meter, vilket gav en uppskattad flödeshöjd på 5-8 centimeter över dessa. Med andra ord kan ytutskovets utformning påverkat vandringsframgången negativt ifall öringen tvekat inför passage av detta. För att kunna utröna orsakerna till den låga vandringsframgången skulle till exempel en radiotelemetristudie fungera bättre då det i denna studie inte går att avgöra effekterna av de troliga orsakerna.

Vad det relativt låga antalet öringar som registrerats nedström Utsättningsplats 1 kan ha orsakats av är oklart. En möjlig förklaring kan vara den troliga temperaturskillnaden mellan fångstplatsen och återutsättningsplatsen då temperaturen påverkar timingen för smoltens vandring (McCormick et al 2002). Tyvärr kunde inte temperaturdata samlas in då temploggarna, som var placerade både uppströms och nedströms Fjällbölsdammen, gått sönder. Sporadiska mätningar under studiens gång visade dock en temperaturskillnad med kallare vatten uppströms (XX°C) dammen än nedströms (YY°C). Även Lessard & Hayes

(2003) studie visar att det vanligen är denna typ av temperaturskillnad sommartid i vattendrag vars dammar har ytspill. Detta var något som Norrgård et al. (2013) visade i sin laxsmoltstudie i Klarälven, där mindre vandringsvillighet uppvisades vid den fiskutsättningsplats som visade störst temperaturskillnad mot fångstplatsen. Detta förklarar dock inte det låga antalet registrerade från Utsättningsplats 2, som dock återutsattes vid senare genomsnittsdatum under studiens gång. En annan möjlig förklaring är att öring märkt med 12 mm PIT tag visades ha signifikant lägre registreringseffektivitet på en av två antenner vid Station 1 än öring märkt med 23 mm PIT tag. Två av öringarna som passerade dammsträckan undgick dessutom helt registrering vid Station 1 och båda var märkta med 12 mm PIT tag. Det går alltså inte att utesluta att fler öringar märkta med framförallt 12 mm PIT tag undgått registrering. Vandringsvilligheten var från Utsättningsplats 1 även beroende på fisklängden då större fisk hade större sannolikhet att observeras nedströms än mindre fisk. En förklaring till detta kan vara att den klassificerade smoltifieringsgraden generellt var högre, det vill säga mindre smoltifierad, för mindre fisk (egen observation). Detta kan i vissa fall orsakat märkning av ej smoltifierad öring som inte sökt sig nedströms efter återutsättning. Ett bortfall på grund av detta kan inte utslutas då majoriteten av märkt öring var ”mindre”.

Medeltiden för registrering nedströms respektive utsättningsplats var mycket högre i Svedån än Önnerupsbäcken, där Olsson och Greenberg (2001) dock beräknade mediantiden men där sträckan var cirka 3 gånger så lång. I Önnerupsbäcken var fällan placerad uppströms dammen och öringen återutsatt vid fällan medans fällan i Svedån var placerad nedströms dammen och fisken återutsatt uppströms dammen. Temperaturmätningar indikerar att temperaturen var lägre uppströms dammen än nedströms vilket kan förklara fördröjningen då timingen av nedströmsvandringen är beroende på temperaturen (McCormick et al 2002). Öring som passerade dammsträckan och kontrollsträckan visade ingen större skillnad i tid för passage men underlaget är för litet för att dra slutsatser av. Däremot gav underlaget stöd för att öringen vandrade nattetid, något som Ibbotsson et al. (2006) visade gälla för laxsmolt i vattentemperaturer under 12°C, vilket är samma temperaturförhållanden som fanns i Svedån.

Fjällbölsdammen visades ha stor negativ effekt på vandringsframgången hos nedströmsvandrande öringsmolt. En förlängning av studiens gång skulle dock gett en bättre uppskattning av vandringsframgången då nya fiskar registrerades ända fram till slutet av studien. I praktiken skulle det dock varit omöjligt då kraftverket vanligtvis är i drift och vattnet förs genom tuben istället för den gamla åfåran. Med PIT tagteknik kunde inte effekten av de troliga orsakerna till den låga vandringsframgången genom dammsträckan skattas. En radiotelemetri skulle ge säkrare svar på detta, samt även ge en bättre skattning på antal öring som simmat in i dammen då ett troligt bortfall skett där öring märkt med framförallt 12 mm PIT tag kan ha undgått registrering. Vanligtvis är Baskarps kraftverk i drift med korttidsreglering i form av dygnsreglering med 1 meters amplitudsnivå. Att få en väl fungerande fiskväg i dammen under dessa olika förhållanden kan var problematiskt. Den planerade fiskvägen vid Fjällbölsdammen är tänkt att istället leda nedströmsvandrande öring runt dammen utan att de simmar in i den med hjälp av ett överfall vid dammens inlopp. Hypotesen är att öring tvekar för passage vid överfallet, något Gauld, Campbell och Lucas (2013) visade bero på flödesmängden över dessa. Även här skulle en radiotelemetristudie kunna utröna om ytutskovet påverkar vandringsvilligheten ur dammen och ge bättre underlag för utformningen av överfallet i den nya fiskvägen. En väl fungerande fiskväg skulle till stor del utesluta övriga orsaker till förlust såsom predation och navigationssvårigheter i dammen. Även potentiell mortalitet och skador vid kraftverkspassage, något denna studie inte berörde, skulle till stor del uteslutas. Trots de ovanliga förutsättningarna i Fjällbölsdammen ger denna studie en bra skattning för vandringsframgången och ger ett bra underlag för jämförelser med en uppföljningsstudie för nedströmsvandrande smolt efter en framtida åtgärd i form av ett omlöp runt Fjällbölsdammen.

Referenser

- Aarestrup K, Koed A. (2003) Survival of migrating sea trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts negotiating weirs in small Danish Rivers. *Ecology of Freshwater Fish*. 12: 169±176
- Arnekleiv, J. (2007). Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia*. 582 (1). 1573-5117
- Calles, O, Degerman, E, Wickström, H, Christiansson, J, Gustafsson, S & Näslund I., (2013). Anordningar för upp -och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar. Underlag till vägledning om lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraft. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:14 ISBN:978-91-87025-39-6
- Gauld, N, R, Campbell, R, N, B, Lucas, M, C, (2013) Reduced flow impacts salmonid smolt emigration in a river with low-head weirs. *Science of The Total Environment*. 458-460, 435-443. doi:10.1016/j.scitotenv.2013.04.063
- Havs och vattenmyndigheten (2013). Vattenkraftens påverkan på akvatiska ekosystem. Göteborg: Havs och vattenmyndigheten
- 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
- Irz, P, Odion, M, Argillier, C, Pont, D. (2006). Comparison between the fish communities of lakes, reservoirs and rivers: can natural systems help define the ecological potential of reservoirs? *Aquatic Sciences*. 68 (1), 109-116
- Jepsen, N, Aarestrup, K, Økland, F & Rasmussen, G, (1998) Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 371/372: 347–353
- Jepsen, N, Pedersen, S & Thorstad, E., (2004) Behavioural interactions between prey (Trout smolts) and predators (Pike and Pikeperch) in an impounded river. *Journal of Fish Biology*. 65,106–121 doi:10.1111/j.1095-8649.2004.00430
- Jonsson, B, & Jonsson, N. (2011). *Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: Habitat as a Template for life Histories*. Dordrecht: Springer
- Kemp P, S, Gessel M, H, Williams J, G. (2005). Fine-Scale Behavioral Responses of Pacific Salmonid Smolts as They Encounter Divergence and Acceleration of Flow. *Transactions of the American Fisheries Society* 134: 390–398.
- Larsen, M, H, Thorn, A, n, Skov, C, Aarestrup, K, (2013). Effects of passive integrated transponder tags on survival and growth of juvenile Atlantic salmon *Salmo salar*. *Animal Biotelemetry*, 1:19
- Lessard, J, L, Hayes, D, B. (2003). Effects of elevated water temperature on fish and macroinvertebrate communities below small dams. *River Research And Applications*. 19, 721-732
- Lindell M (red.). 2009. Åtgärdsområdesdel, åtgärdsplan för fisk & fiske i Vätterns tillflöden. Appendix till rapport nr 104 från Vätternvårdsförbundet.
- Lundqvist, H, Eriksson, L, O. (1985). Annual rhythms of swimming behaviour and seawater adaptation in young baltic salmon, *Salmo salar*, associated with smolting. *Environmental Biology of Fishes*.14 (4), 259-267
- McCormick, S, D, Hansen, L, P, Quinn, T, P, Saunders, R, L (1998). Movement, migration, and smolting of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 55:77-92
- McCormick, S, D, Shrimpton, J, M, Moriyama, S, Björnsson, B, T. (2002). Effects of an advanced temperature cycle on smolt development and endocrinology indicate that

- temperature is not a zeitgeber for smolting in Atlantic salmon. *Journal of Experimental Biology*. 205: 3553-3560
- Nilsson, C, Dynesius, M, (1994) Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. *Science*. 266 (5186), 753-762
- 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
- Olsson, I, C, Greenberg, L, A. (2001) Effect of an artificial pond on migrating brown trout smolts. *North American Journal of Fisheries Management*. 21. 498-506
- Raymond, H, L., (1979) Effects of dams and impoundments on migrations of juvenile chinook salmon and steelhead from the Snake River, 1966 to 1975. *Transactions of the American Fisheries Society* 108 (1979), 505–529
- Richard, A, O'Rourke, J, Caudron, A, Cattaneo, F, (2013). Effects of passive integrated transponder tagging methods on survival, tag retention and growth of age-0 brown trout. *Fisheries Research*. 145. 37-42
- SMHI. (2016). Modelldata per område. Hämtad 2016-06-02, från <http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>
- Svensson B.S., (2000). Hydropower and instream flow requirements for fish in Sweden. *Fisheries Management and Ecology* 7, 145–155
- Ward JV, Stanford JA. (1995). Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research & Management* 11, 105–119

Bilder från Svedån under studieperioden



Antennstation 4 samt en bit av ryssjan i bakgrunden



Antennstation 4 i Svedåns nedre delar



Antennstation 4 i Svedåns nedre delar



Vattentät box med batterier och läsare



Ryssjan där en öppning (utmed högra ledarmen) möjliggjorde för övrig fiskpassage



Ryssjan vid lägre vattenföring



Station 3 vid Baskarps kraftverk.



Baskarps kraftverk vid driftstopp med torrfåran till vänster



Dammfästet i Fjällbölsdammen med turbinintag (vid lilla huset) och yttskov (till höger i bild)



Yttskovet vid Fjällbölsdammen vid nollflöde



Öringsmolt