

Utvandring av vild och odlad lax- och öringsmolt från Kungsådran, Dalälven, 2008-2010

av

Anders Engman¹, Bjarne Ragnarsson¹, Lars Karlsson², Erik Petersson³, Nichlas Dahlén¹, Ignacio Serrano⁴, Pär Dahlgren⁴, Stefan Larsson⁴, Peter Rivinoja⁵, Ingvar Lagenfelt⁶

¹Fiskeriverkets Försöksstation, Brobacken, 814 94 Älvkarleby

²Fiskeriverket, Sötvattenslaboratoriet, Brobacken, 814 94 Älvkarleby

³Fiskeriverket, Sötvattenslaboratoriet, Stångholmsvägen 2, 178 93 Drottningholm

⁴Umeå Marina Forskningscentrum, Umeå Universitet, Norrbyn, 910 20 Hörnefors

⁵Vilt, Fisk och Miljö, SLU, 901 83 Umeå

⁶Fiskeriverket, Utredningskontoret Göteborg, Box 423, 401 25 Göteborg

Sammanfattning

Under åren 2008-10 studerades utvandringen av lax- och öringsmolt i Dalälven i Älvkarleby. I den västligaste delen av älven, Kungsådran, finns lämpliga strömområden för att producera vild smolt. Vi satte upp en smoltfälla av kanadensisk typ i den nedre delen av området för att skatta produktionen i området. Fällan användes också för att studera kortdistansvandring av odlad ett- och tvåårig lax- och öringsmolt.

Vi genomförde också telemetriförsök med laxsmolt. Under 2008 utfördes radiotelemetri och akustisk telemetri samtidigt i Dalälven och Testeboån, i Gävlebuktens inre del. Då hade en loggerkedja satts upp i havet i Gävlebuktens yttre del. Det innebar att trots stora tekniska problem kunde en del av fisken följas nära en mil ut till havs. De jämförande försöken mellan de båda vattendragen detta år visade framför allt att det var en lägre andel smolt från Testeboån som lyckades nå öppet hav. Det berodde troligen på den mer komplicerade topografin med stora predatoritäta grundområden i anslutning till Testeboåns mynningsområde. Under 2009-2010 utfördes telemetri endast i Dalälven. Vi använde vildsmolt (totalt 49 st) samt ettårig och tvåårig smolt (50 st i vardera gruppen) som uppfötts på standardfoder. Under 2010 gjordes också försök med fisk som svultit före utsättning (25 st). Fisken följdes 9 km ned till mynningen och vidare till en yttre loggerkedja på kusten. De

flesta fiskarna registrerades då de passerade loggerkedjan i nordvästlig riktning ca 4 km från älvmynningen. Det fanns inga signifikanta skillnader ($p > 0.05$) i andelen individer från olika fiskgrupper som nådde den yttre loggerkedjan på kusten under de båda åren (ettårig smolt, 56%; tvåårig smolt, 50%; vildsmolt, 69%). Endast 9 av 25 smolt som svultit nådde kusten (36%).

Vild laxsmolt som nådde kusten var signifikant längre och tyngre än fisk som inte registrerades där. Däremot fanns inte motsvarande skillnader hos någon av grupperna av odlad fisk. Det innebär att även ettårig smolt med en längd av ca 140 mm klarade vandringen till kusten, medan fisk av denna storlek inte lyckades med en kortdistansvandring nedströms till en smoltfälla i nedre delen av Kungsådran. Vi antar att det berodde på en kraftig predation av den stora mängd övervintrande vuxna öring som fanns uppströms smoltfällan. Tyvärr har vi inte utfört några undersökningar av maginnehåll på öringen, men det är känt från andra studier att de främst äter fisk med en längd upp till ca 15 cm. Om vi antar att det förekom predation i stor skala, så påverkade det resultaten från kortdistansförsöken. Eftersom predationen troligen var mycket storlekssektiv, påverkades återfångsten av fisk av olika storlek i olika utsträckning. Dessutom var det rimligt att anta att öringens aptit ökade senare under våren. Det innebär troligen att det blev en kraftigare negativ påverkan på återfångsten av smolt som sattes ut senare på säsongen.

Det innebär att i de försök med kortdistansvandring i Kungsådran som genomfördes i projektet kunde bara fisk med samma storlek från olika grupper som släpptes ut vid samma tidpunkt jämföras med varandra. Grupper av fisk sattes ut med två veckors intervall under våren för att studera hur många som vandrade från utsättningsplatsen nära dammen och ned till fällan, en sträcka av ca 500 m. Tvåårig lax och öring som utfodrats med ett standardfoder vandrade ned i samma utsträckning som fisk som utfodrats med ett lågenergifoder. Inte heller vandringen av laxsmolt som svultit en kortare tid (1-2 månader före utsättningen på våren) föreföll påverkas av detta i jämförelse med standardutfodrad fisk. I stort sett förekom inget överlapp i storlek mellan ett- och tvåårig fisk. Därför kunde effekten av storlek inte särskiljas från ålderseffekten. Ettårig fisk med en längd upp till 15-16 cm fångades endast i liten omfattning i smoltfällan, men större ettårig fisk fångades i mycket högre utsträckning. Däremot fanns ingen stor effekt av storleken på tvåårig fisk på andelen återfångster. Det stora bortfallet av ettårig fisk antar vi kan bero på predation av stor öring.

Produktionen av vilda smolt i Kungsådran var mycket låg. Genomsnittligt under de tre åren fångades bara 114 laxsmolt och 47 öringsmolt i smoltfällan. Den totala vattentäckta arealen i Kungsådran har beräknats till 3.19 ha, varav 2.56 ha uppströms smoltfällan och 0.63 ha nedströms fällan och fram till området där Kungsådrans nedre del slutar i Dalälvens huvudfåra. Ytan uppströms fällan är av variabel och svårberäknad kvalitet då det gäller produktion av laxfisk, men tidigare beräkningar har tytt på mycket högre produktionssiffror. Elfisken som utfördes på lämpliga lokaler vid flera tillfällen under sommaren och hösten visade på extremt låga stirrtätheter, speciellt när det gällde ungar som var äldre än 0+. Ett invallat försöksområde med en total vattentäckt areal av 0.69 ha, som är isolerat från övriga delar av Kungsådran, har under åren 1997-2010 i genomsnitt producerat 102 laxsmolt och 193 öringsmolt. Denna fisk fångades i en Wolffälla i områdets nedre del. Under 2008-2010 var fångsten lägre, i genomsnitt 62 laxsmolt och 147 öringsmolt. Trots en avsevärt mindre yta var produktionen i det invallade området på likartad nivå som i Kungsådran i övrigt. Vi antar att den låga produktionen i Kungsådran berodde på kraftig predation från öring som tillbringa en stor del av året i området.

En försöksserie genomfördes med en smolttrumma (rotary smolt wheel) av amerikansk typ, för att studera hur fångsteffektiviteten påverkades av olika strömhastigheter och en ledarm som kunde fästas på fällan. Fångsten av lax var mer än dubbelt så hög vid en strömhastighet av ca 1.15 m/s än vid en lägre strömhastighet av ca 0.82 m/s (signifikant). Däremot påverkades laxfångsten inte signifikant av ledarmar. För havsöringen fanns inga signifikanta skillnader i effektivitet mellan hög och låg strömhastighet, men däremot en nära signifikant tendens till högre fångst med än utan ledarmar. Trots avsaknaden av signifikanta reaktioner på ledarmar visade en jämförelse av lax- och öringfångsten att de båda arterna reagerade signifikant olika när ledarmar användes. Det kan förmodligen kopplas till att de båda arterna har olika utvandringsbeteende där öringen söker efter alternativ, medan laxen vandrar snabbare och mer bestämt. Vi anser att ledarmar bör kunna bidra till en ökad fångst av öring, något som är värdefullt för att kunna öka säkerheten i beståndsuppskattning av arten.

Inledning

Under det senaste decenniet har det skett en drastisk minskning av överlevnaden av utsatt kompensationsodlad lax i Östersjö-området. Enligt ICES (2008) har överlevnaden nu sjunkit till nivåer som inte förekommit någon gång sedan 1950-talet, det vill säga den period då storskaliga utsättningar av lax- och öringsmolt startade i Östersjön. Under senare tid har smolten blivit allt större vilket till stor del tillskrivs energirikare foder och till viss del också en längre odlingsäsong på grund av främst längre höstar (Eriksson *et al.* 2008). Det kan innebära att den större smolten betar sig mindre ändamålsenligt än tidigare. Samtidigt finns belägg för att även vild fisk överlever i lägre utsträckning än tidigare (ICES 2008). Mot den bakgrunden finns det behov av en samtidig övervakning av både vilda och odlade bestånd för att kunna göra direkta jämförelser av hur vild och odlad fisk klarar sig. En sådan jämförelse kan utföras i Dalälven vid Älvkarleby där det finns ett litet ursprungligt strömavsnitt med naturlig reproduktion av öring och lax i Kungsådran. Beteendet hos naturligt producerad smolt som fångats i en smoltfälla kan jämföras med odlad fisk uppfödda vid Fiskeriverkets Försöksstation på foder med normalfoder eller foder med lägre energiinnehåll.

I ett annat delprojekt har det varit aktuellt att studera utvandringen i Testeboån, som mynnar i centrala Gävlebukten, ca 2 mil från Dalälvsmyningen. I ån fanns tidigare vilda bestånd av lax och havsöring. Under en följd år har försök gjorts att återetablera dessa bestånd. Sedan 1999 har ansträngningarna skett inom ramen för det internationella managementprogrammet för vildlax i Östersjöområdet - Salmon Action Plan (SAP). Projektet i Testeboån har hittills inte varit helt framgångsrikt. Utsättningar av rom och yngel i ån har givit höga tätheter av lax- och öringungar i åns uppväxtområden, men antalet återvandrande lekfiskar har varit lågt utom under 2008 då en större mängd fisk vandrade upp i ån. Det finns en misstanke att problemområden i åns nedre del kan medföra låg överlevnad hos utvandrande fisk från ån. Därför har smolttelemetri utförts under 2006-07 där fisken även följts utanför åmynningen. Resultaten har visat på låg överlevnad vid passage av ett kraftverk och grundområden utanför myningen (Karlsson *et al.* 2006, Rivinoja *et al.* 2007). Under 2008 gjordes parallella telemetriförsök i Testeboån och Dalälven för att jämföra överlevnaden i de båda vattendragen. Inriktningen var i Dalälven mot att studera effekten av olika behandling av laxsmolt (Ragnarsson *et al.* 2009). Under 2009-2010 gjordes telemetriförsök i Dalälven, men inte i Testeboån. Inriktningen var likartad som under 2008, men vissa skillnader fanns som framgår senare.

Smoltfällor (smolttrummor eller smolt wheel) där fångstanordningen består av en roterande trumma, har ofta använts för att uppskatta smoltproduktionen i de svenska indexvattendragen för lax som inrättats nyligen (Karlsson *et al.* 2006, Lundqvist *et al.* 2010). Resultaten av

försöken med smolttrummor har varit goda och visat på jämförelsevis höga fångster av laxsmolt, medan havsöringsmolt fångats i något lägre utsträckning. Det finns misstankar om att fångsteffektiviteten på fällorna varierar med strömhastigheten. Olika varianter av ledarmar som placerats på vattendragets botten har använts för att öka fällornas effektivitet. Denna typ av ledarmar, som består av ställningsbyggen och gallerkonstruktioner, är otympliga, kostar stora summor att få på plats och tar lång tid att sätta upp. Det finns därför skäl att försöka hitta enklare system som kan öka fångsteffektiviteten på smolttrummor. En försöksserie gjordes under våren 2010 med en mer lättarbetad variant av kanadensisk typ av ledarm som hängs på fällan. I Kanada anses dessa ledarmar ha god effekt, men någon egentlig utvärdering har inte gjorts. Vi studerade hur fångsteffektiviteten för lax och öring påverkades av olika strömhastigheter och ledarmar.

Försöksplan

Studien som utfördes våren 2008-2010 såg ut på följande sätt de olika åren:

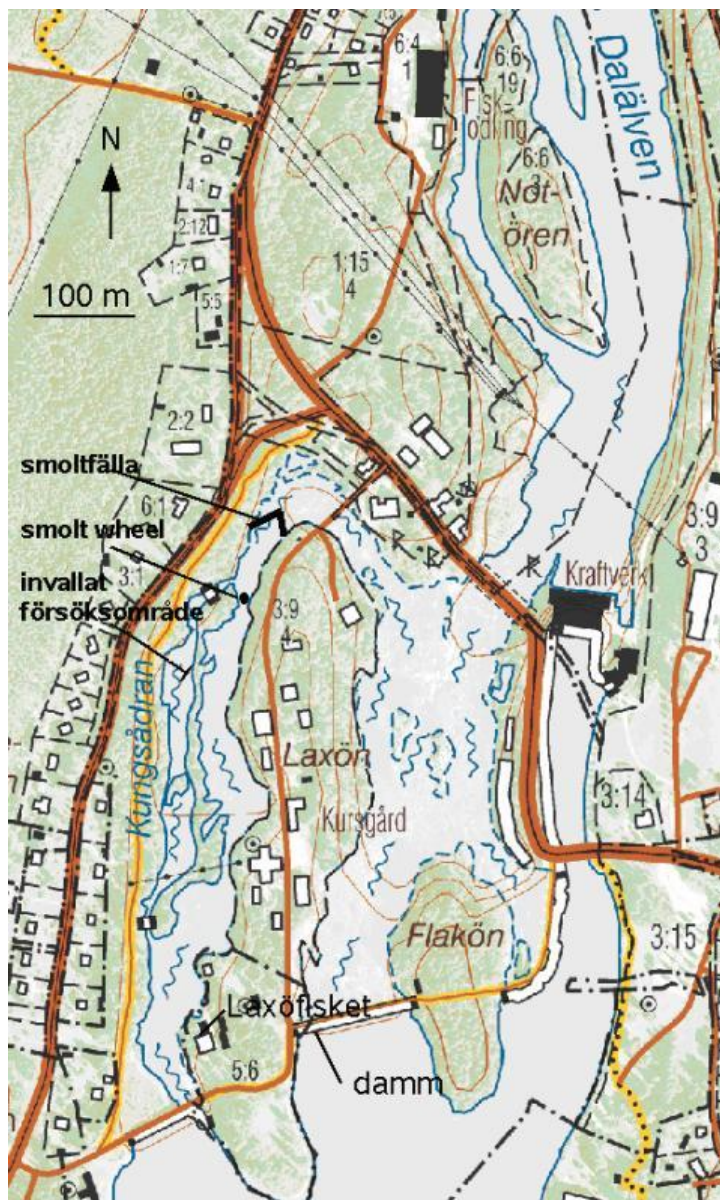
- Drift av en smoltfälla i Kungsådran, Dalälven, samt beräkning av produktionskapaciteten av vild lax- och öringsmolt i hela Kungsådreområdet, 2008-2010.
- Elfisken i Kungsådran genomfördes samtliga tre år, 2008-2010. Under 2008 endast under hösten, men under 2009-2010 genomfördes de både under sommaren-hösten för att studera utvecklingen av stirrbeståndet i Kungsådran.
- Försök med märkning av grupper av odlad fisk uppfödda på olika foder och utsatta vid olika tidpunkter för att studera vandring en kortare sträcka och med återfångst i smoltfällan, 2008-2010.
- Telemetriförsök med vild och odlad fisk genomfördes alla tre åren 2008-2010. Under 2008 utfördes en studie i Testeboån och Dalälven. I Testeboån utfördes radiotelemetri för att studera passage förbi Strömsbro kraftverk i åns nedre del. I Dalälven utfördes akustisk telemetri för att studera fisken från Älvkarleby och ut till havs där fisk i båda vattendragen följdes till en gemensam loggerlinje i yttre Gävlebukten. Under 2009-2010 genomfördes telemetriförsök endast i Dalälven (akustiska sändare) med vild smolt och olika grupper av odlad fisk. Fisken följdes till en loggerlinje ca 4 km utanför älvmyningen.
- Under 2010 utfördes en försöksserie med en smolttrumma (rotary smolt wheel) för att studera hur fångsteffektiviteten förändrades av olika strömhastigheter och en ledarm som fästes på fällan.

I denna rapport görs en övergripande redovisning av resultaten från samtliga delprojekt. Data finns tillgängliga vid Försöksstationen i Älvkarleby om det finns behov av att genomföra mera detaljerade analyser.

Material och metoder

Beskrivning av Kungsådran, Dalälven

Kungsådran, som ligger nedanför kraftverksdammarna i Älvkarleby, utgör numera det enda område i Dalälven där lax och havsöring kan vandra upp från havet för att reproducera sig naturligt. Kungsådran är den västligaste av älvens tre strömfåror, Figur 1. Vid Laxöfisket, som ligger strax nedanför dammvallen, finns en fälla och ett avelsfiske för att fånga uppvandrande fisk för avelsändamål. Avelsfisken används för att producera lax och öring för älven. Totalt sätts cirka 250000 odlade smolt ut i älven varje år. I Kungsådran finns också en invallad försöksanläggning där det pågår en försöksverksamhet med ekologisk och genetisk inriktning.



Figur 1. Översikt av fallområdet i Älvkarleby. Nedströmsriktning uppåt (mot norr) i bilden. Kungsådran med smoltfällor till vänster.

Vattenföring och drift av avelsfiske

Vattenföringen i Kungsådran är reglerad och ligger på två olika nivåer under året. Under vintersäsongen är vattenföringen $3\text{m}^3/\text{s}$ för att sedan ökas till $12\text{m}^3/\text{s}$ under våren. Under försöksåren gjordes en viss anpassning till smoltfälledriften genom att ökningen av vattenföringen startade den 28:e april 2008, 4:e maj 2009 och 28:e april 2010 istället för 1 maj som är brukligt. Under den period då den högre vattenföringen går genom Kungsådran är avelsfisket i Laxöfisket öppet och vittjas dagligen åtminstone under måndag till fredag. Vattentemperaturen mäts dagligen.

Smoltfällor

Kalkyler har utförts tidigare för att beräkna hur stor produktionen av naturligt reproducerad laxfisk är i Kungsådran. Sådana beräkningar har baserats dels på produktionen inom det invallade försöksområdet, men också den totala vattenarealen i Kungsådran samt mängden icke fenklippt fisk som fångas i avelsfisket. De olika metoderna leder till mycket varierande

slutsatser då det gäller produktionen av vild fisk i området. Det finns därför behov av att med hjälp av en smoltfälla mäta den faktiska produktionen.

Områden i Kungsådran som har bedömts som goda reproduktionsområden för lax och öring är spridda från dammarna och ned till utloppet i huvudfåran. Eftersom ett av målen med projektet var att uppskatta den totala produktionen av smolt i Kungsådran borde en smoltfälla vara belägen så nära strömfårans nedre gräns som möjligt. Den valda fällplatsen framgår av Figur 1. Vattenytornas areal har uppmätts i MapInfo från en ekonomisk karta. Ytan mellan dammarna och ned till smoltfällan har en areal av 3.19 ha. Större delen av ytan nedströms smoltfällan och fram till utflödet i huvudfåran är väl lämpad för reproduktion av lax och öring. Den har en uppmätt totalyta av 0.63 ha men i verkligheten är den något mindre på grund av stora ansamlingar av sten som även vid den högre vattenföringen ligger delvis över vattenytan. Tyvärr gjorde bottenförhållanden och den kraftiga vattenströmmen det omöjligt att placera en tillfällig smoltfälla i detta område.

Fällans utseende framgår av Figur 2-5. Avsikten var att fånga samtliga utvandrande fiskar genom att fällan försågs med två ledarmar som täckte vattendragets hela bredd och ledde fisken in mot den centralt placerade fällan. Ledarmar och fälla konstruerades enligt principer som använts på Newfoundland i Kanada sedan lång tid (Anon. 2000 samt pers. komm. Dave Reddin). Ledarmarna utgjordes av 2.5 meter långa sektioner bestående av två horisontella U-balkar på olika höjd som fästes mellan stativ av 45 mm byggnadsställningsrör kopplade till varandra med Burtonkopplingar. U-balkarna var försedda med hål där 12 mm stålrör placerades vertikalt. Rören satt lösa i hålen och vilade fritt mot Kungsådrans botten. Spaltbredden mellan rören var 12 mm. Ledarmen från Laxön (Kungsådrans östra sida) och ut till fällan var 22.5 meter lång och ledarmen från fällan och till områdets västra sida var 25 meter lång. Vattendjupet där ledarmarna var placerade varierade mellan som minst 0 (vid stränderna) och ca 1.7 meter vattendjup i den djupaste delen av fåran vid den tid då vattenföringen var högst. Under 2008 års försök hade fällan de utvändiga måtten höjd=1.10 meter, bredd=1.52 meter och längd (i strömriktningen)=1.74 meter. I fällan fanns en mellanvägg för att skilja mindre fisk (smolt) från större fisk. Mellanväggen var placerad 55 cm från fällans nedre vägg. Ingången till fällan var från början 55 mm bred och den ändrades efter några dagars drift till 80 mm bredd och löpte från fällans golv till tak. Efter de erfarenheter som erhållits från 2008 års försök byggdes inför våren 2009 en större och rymligare fångstanordning där ingången och fällans totala dimensioner ökades avsevärt, detta för att fisken lättare skulle ta sig in. Den nya fällan byggdes som ett ramverk med tre avdelningar där löstagbara nätramar utgjorde fällans ytter- och mellanväggar, se Figur 5. Det gjorde det möjligt att dela av fällan efter behov. Den nya fällan hade de utvändiga måtten höjd=1.10 meter, bredd=2.30 meter och längd 2.30 meter. Ingången till fällan var 55 cm bred. Vattendjupet i fällan varierade mellan ca 0.4 m vid låg vattenföring (3m^3) och ca 0.7 m vid hög vattenföring (12m^3). Fällan var försedd med ett kraftigt låsbart lock. Detta visade sig vara viktigt eftersom många obehöriga var mycket intresserade av fällan och dess innehåll.

Smolttrummor av typen ”rotary smolt wheel” (EG Solutions, Oregon, USA), Figur 6, består av två flytponton som omger en perforerad trumma med skovlar vilken roterar av vattenströmmen. Fisken följer strömmen in i fällan där den blir fast i en sump. För att undersöka om fångsteffektiviteten för smolttrumman ökade med hjälp av ledarmar konstruerades två stycken 3,6 meter långa sektioner bestående av horisontella aluminiumbalkar som skruvades fast med lodräta aluminiumprofiler, Figur 7. Sex stycken avtagbara galler, med måtten höjd=72cm, bredd=120cm, bestående av rostfria rör med hakförsedda profiler fastsvetsade i ändar och mitt, användes vid försöksserien för att på ett

lättarbetat sätt erhålla försöksbetingelserna (med eller utan ledarmar), Figur 8. För placeringen av trumman bedömdes förhållandena som goda ett stycke uppströms den huvudsakliga smoltfällan, Figur 1. Där fanns möjlighet att med hjälp av vinschar förflytta smolttrumman ca 20 m mellan två avsnitt med klart olika strömhastigheter. För uppmätning av strömhastighet användes en flygel av typen ”Miniair 2” (Schiltknecht, Gossau / ZH, Schweiz). Mätningen genomfördes vid de två olika fällpositionerna. Mätningar gjordes även för att kontrollera om ledarmarna påverkade strömhastigheten genom att mätning skedde med eller utan galler. De totalt 18 mätpunkterna vid varje försöksbetingelse låg på 10, 30 och 50 cm djup. Mätpunkterna var dels 1 dm uppströms trummans ingång vid trummans centrum, dels 1 dm från trummans yttre kanter. Vidare med motsvarande placering på nio punkter 1 dm uppströms flytpontonernas övre kant. Utifrån mätvärdena räknades ett medelvärde ut vid de fyra försöksbetingelserna enligt Tabell 1.

Tabell 1. Strömhastighet ovan smolttrumman vid de olika försöksbetingelserna.

Försöksbetingelse	Medelströmhastighet ±SD (m/s)
Låg strömh. utan ledarm	0,84±0,13
Låg strömh. med ledarm	0,79±0,18
Hög strömh. utan ledarm	1,20±0,19
Hög strömh. med ledarm	1,12±0,33

I nedre delen av det invallade försöksområdet, se Figur 1, fanns en smoltfälla av Wolftyp. Där fångas utvandrande smolt från försöksområdet. Området har en areal av 0.69 ha.



Figur 2. Utsättning av stativ för smoltfällans ledarmar. Vattenföring i Kungsådran 3m³/s.



Figur 3. Smoltfällan med ledarmar är på plats. Längst borta till höger skymtar fällingången.



Figur 4. Smoltfällan från 2008 innan den sätts i vattnet. Ingången närmast fotografen.



Figur 5. Smoltfällan som användes 2009-2010 innan den sattes i vattnet. Den ses från nedströmssidan. Fällans ingång ligger i mitten. Fisk som kom in i fällan simmade nedströms och flyttade oftast över till sidokanalerna, där strömhastigheten var mycket lägre.



Figur 6. Smolttrumman med ledarmar på platsen med hög strömhastighet.



Figur 7. Smolttromma med ledarmar innan den sattes i vattnet. I vattnet var gallren hängda lodräta mot ställningen utan mellanrum. De två innersta gallren längst in mot trumman användes inte vid försöksserien.



Figur 8. Bortmontering av galler på smolttrumman. Ställningen som höll gallren på plats monterades inte bort vid försök utan ledarm.

Skötsel av smoltfällor

Den huvudsakliga smoltfällans driftdatum var 15 april-5 juni under 2008, 20 april-4 juni 2009 samt 23 april-4 juni under 2010. Under denna period vittjades fällan minst en gång om dagen, ca kl. 08 på morgonen. Under den period då fångsten var högst vittjades fällan också på eftermiddagen. Samtlig fångst i fällan registrerades, artbestämdes och all fisk längdmättes. Samtlig vild lax- och havsöringsmolt bedövades med MS 222 och vägdes och märktes antingen med ett Carlinmärke eller med ett telemetrimärke för akustisk telemetri. Alla djur som fångats i fällan, med undantag av en del vilda laxsmolt som användes för telemetri, släpptes nedströms fällan. Ledarmarna rensades normalt från skräp minst en gång om dagen. I samband med att vattenståndet höjdes pågick i stort sett kontinuerlig rensning av ledarmarna. Under försöksåret 2008 då PIT-tag märkt odlad fisk användes registrerades dessa när de simmade in i ett antensystem fäst strax framför ingången. Antennen var kopplad till en mätutrustning i en närbelägen servicebyggnad. Samtlig PIT-tag märkt fisk som påträffades i fällan togs också upp ur fällan och märkesnumret registrerades med en separat antenn i en annan kanal än den som antensystemet på fällan var kopplad till. Det innebar att för många fiskar fanns det oberoende registreringar i två olika kanaler. Detta visade sig ha betydelse för tolkning av fångstresultaten för fällan som helhet. Under 2009-2010 användes streamermärkning av odlad fisk. Dessa hävdades upp ur fällan och registrerades manuellt. Smoltfällan i nedre delen av det invallade försöksområdet vittjades dagligen måndag-fredag.

Smolttrumman var i drift under perioden 3-19 maj 2010. Fällan vittjades en gång om dagen kl. 10 på morgonen. Samtliga fiskar som fångades i fällan registrerades, artbestämdes och längdmättes. Vild lax- och öringsmolt bedövades med MS 222 och vägdes och mättes samt Carlinmärktes. Alla fiskar som fångades transporterades med båt ned till den huvudsakliga smoltfällan där de släpptes ut nedströms fällan.

Elfiske i Kungsådran

Efter låga fångstsiffror i smoltfällan under 2008 (se resultaten) fanns det skäl att utföra kompletterande elfisken i Kungsådran för att kontrollera tätheten av fisk där. Det hade varit idealiskt att nyttja de elfiskelokaler som använts tidigare i Kungsådran, men flertalet av tidigare elfisken hade utförts inom det invallade försöksområdet eller också hamnade de angivna lokalkoordinaterna på land en bit från strömfåran. Därför valdes fem nya lokaler. Ytornas läge framgår av Figur 9 och av koordinater i elfiskeprotokollen (ej bifogade till rapporten).

Lokalerna var medvetet utvalda för att representera det som bedömdes vara bästa möjliga uppväxthabitat för lax och öring i Kungsådran. Fiskena genomfördes under goda förhållanden 2008. Vattenföringen var 3 m³/s under elfiskena och utfördes endast vid ett tillfälle.

Elfisken under 2009-2010 utfördes under sommaren och hösten då vattenföringen var hög (12 m³). Med det höga vattenstånd som rådde då var det inte möjligt att använda samma lokaler som under 2008. Endast vid lokalerna 3 och 5 var vattendjupet så lågt att lokalerna kunde fiskas av och ytan som utfiskades på dessa lokaler skiljde sig något från 2008. För att se hur mycket tätheterna minskade under sommaren till sensommaren/hösten utfördes elfisken vid två olika tillfällen. Elfiskena utfördes under goda förhållanden.



Figur 9. Elfiskelokalernas läge i Kungsådran.

Fiskfoder och sortering av fisk

Fiskeriverkets Försöksstation har under 2006-2010 använt två olika foder i driftsodlingen av fisk. Det ena kallas här ”Standard”-foder från Aller Aqua med en fetthalt av 15% och ett energiinnehåll av 21.5 MJ/kg och det andra kallas här ”Låge” från Aller Aqua, 9% fett och ett energiinnehåll på 19.3 MJ/kg. Kostnadmässigt (kronor/kg foder) är alternativen likvärdiga. Avsikten med användningen av lågenergifodret har varit att se om fisken växer mindre och därför får bättre smoltkvalitet. Direkt efter avslutad startutfodring (från ca 1 g) har utfodringen övergått till endera av dessa två foder. Samtlig fisk fick jämförbara fodergivor i normala driftsförhållanden.

Inför försöken år 2008 sorterades fisken under hösten 2007 sorterades den ettåriga fisken i odlingen i tre storlekskategorier med sorteringsmaskin. Tyvärr var det inte möjligt att hålla fisk som utfodrats med olika typer av foder i exakt lika typ av uppfödningstråg. Under februari 2008 togs lax från ”mellangruppen” i ordinarie uppfödningstråg och sorterades efter om fisken var tidigt könsmogen eller inte. Sorteringen baserades på om fisken hade rinnande mjölke vid lätt kramning av buken. De utfodrades även efter utsorteringen till försöksgrupper enligt samma princip med samma foder som tidigare.

Under försöken år 2009-2010 år användes ettårig lax och öring som utsorterats som ”stor”. Tvåårig lax togs från mellangruppen. Under 2010 togs tvåårig öring från mellangruppen, detta var tyvärr inte möjligt under 2009 års försök då osorterad öring användes.

Kortdistansvandring: Märkt odlad fisk – utsättningstid, foder och könsmognad

Under 2008 såg försöksdesignen för kortdistansvandringen ut på följande sätt: (3 utsättningstillfällen med ca 14 dagars intervall) X (2 foder) X (könsmogen eller inte könsmogen fisk). Det innebär att försöket totalt omfattade 12 grupper med 100 märkta fiskar i

varje grupp. De använda PIT-tag märkena var av typen Texas Instruments, R1-TRP-WEHP med inert glasyta, diameter 3.85mm och längd 23.1mm. Märkning av fisken gjordes 5-8 dagar innan den sattes ut. Fisken bedövades och därefter gjordes ett några mm långt snitt i fiskens buk varefter ett märke fördes in i bukhålan. Försöksfisken sattes ut vid Laxöfisket på eftermiddagen vid tre olika tillfällen med ca två veckors intervall, eftermiddagen den 16:e april, 29:e april samt 13:e maj. Vattentemperaturen vid de tre tillfällena var 4.2, 10.6 och 13.0°C. Huvuddelen av driftsfisken vid fiskodlingen sattes ut i slutet av april, det vill säga ungefär samtidigt som den andra utsättningsgruppen. Denna tidpunkt bedömdes vara optimal för att få god smoltkvalitet.

Under 2009-2010 såg försöksdesignen för kortdistansvandringen ut som framgår av Tabell 2. Försöken omfattade 18 grupper med ca 100 märkta fiskar i varje grupp per år. Märkning av fisk gjordes 5-8 dagar innan den sattes ut. Fisken bedövades med MS 222 och märktes med streamermärken (Hallprint, Australien). Försöksfisken sattes ut vid Laxöfisket på eftermiddagen vid fyra olika tillfällen på våarna med ca två veckors intervall, eftermiddagen den 21:a april, 4:e maj, 18:e maj och 1:a juni 2009 samt 27:e april, 5:e maj, 18:e maj och 1:a juni 2010. Vattentemperaturerna vid utsättningstillfällena var 5.7, 11.6, 12.1 och 17.5 °C för 2009 och 6.0, 9.4, 12.5 och 14.6 °C för 2010 i angiven ordning. Den ettåriga fisken sattes ut ett utsättningstillfälle senare än den tvååriga, (då det antogs att den mindre ettåriga fisken vandrar ut senare).

Tabell 2. Försöksdesign för kortdistansvandringförsöken under 2009 och 2010.

	1-årig lax	2-årig lax	1-årig öring	2-årig öring
Foder	Standard	Standard och svält	Standard	LågE och standard
Utsättningstillfällen	3	3	3	3

Den tvååriga laxen som genomgått en svältperiod hade varit utan foder en kortare tid innan försöken startade; 29 dagar under 2009 och 63 dagar 2010.

Utvärdering smolttrummans effektivitet 2010

För var och en av de fyra försöksbetingelserna i Tabell 3 genomfördes fyra replikat i slumpmässig ordning. Varje försök varade ett dygn. För att utvärdera fällans effektivitet användes grupper om 100 st tvååriga laxar och 100 st tvååriga öringar som sattes ut vid Laxöfisket kl 11.30 innan varje försök startade. Fisk sattes ut varje dag under perioden 3:e–18:e maj. Fällan vittjades följande dag kl 10 och omedelbart därefter ändrades också till nästa dags försöksvillkor. Totalt omfattade försöksserien utsättning av 32 fiskgrupper om totalt 3200 individer (2 arter x 16 dagar x 100 fiskar/grupp). Märkning av fisk gjordes 3-6 dagar innan den sattes ut. Fisken, som utfodrats med standardfoder, bedövades med MS 222 och märktes med streamermärken. Vattentemperaturen låg i intervallet 9.0-12.5 °C under de dagar då fisken sattes ut.

Tabell 3. Försöksdesign för smolttrumfeförsök 2010.

Variant	Strömhastighet.	Ledarmar	Smoltfällelage
1	Hög	Ja	Övre
2	Hög	Nej	Övre
3	Låg	Ja	Nedre
4	Låg	Nej	Nedre

Telemetriförsök 2008

Telemetriförsöken i Testeboån utfördes med 25 radiosändarförsedda odlade laxsmolt uppfödda på Standard-foder. De sattes ut ovanför Strömsbro kraftverk. För att minska risken för smoltdödlighet till följd av passage av kraftverket var verket inte i drift under den period då försöken genomfördes, mellan 13-18 maj. Under den tiden rann ca 1 m³/s vatten genom kraftverket. Loggrar utplacerades längs med ån för att kunna följa fiskens vandring ned till åmynningen. Akustisk telemetri i Testeboån utfördes med 20 Standard-utfodrade fiskar och 19 vilda laxsmolt från Dalälven. De sattes ut nedströms Strömsbro kraftverk och kunde sedan följas förbi åmynningen, ut genom den Inre fjärden, genom Yttre fjärden och till en kedja av akustiska mottagare som var placerade tvärs över Gävlebukten, från Utvalnäs till Billudden.

Telemetriförsök i Dalälven utfördes med akustiska sändare på 24 st vilda, 22 odlade smolt uppfödda på Standard-foder och 21 st uppfödda på LågE-foder. Akustiska mottagare placerades i älven, åmynningen, och tvärs över hela Gävlebukten, från Utvalnäs till Billudden (samma mottagare som användes för Testeboån).

Laxsmolten (Tabell 4) märktes med radiosändare (ATS-F1520, livslängd cirka 34 dagar, sändarvikt 1.3 gram) eller akustiska sändare (Vemco-V7, livslängd cirka 50 dagar, sändarvikt 1.7 gram) vid Fiskeriverkets Försöksstation i Älvkarleby.

Tabell 4. Data över laxsmolt som märktes med telemetrisändare.

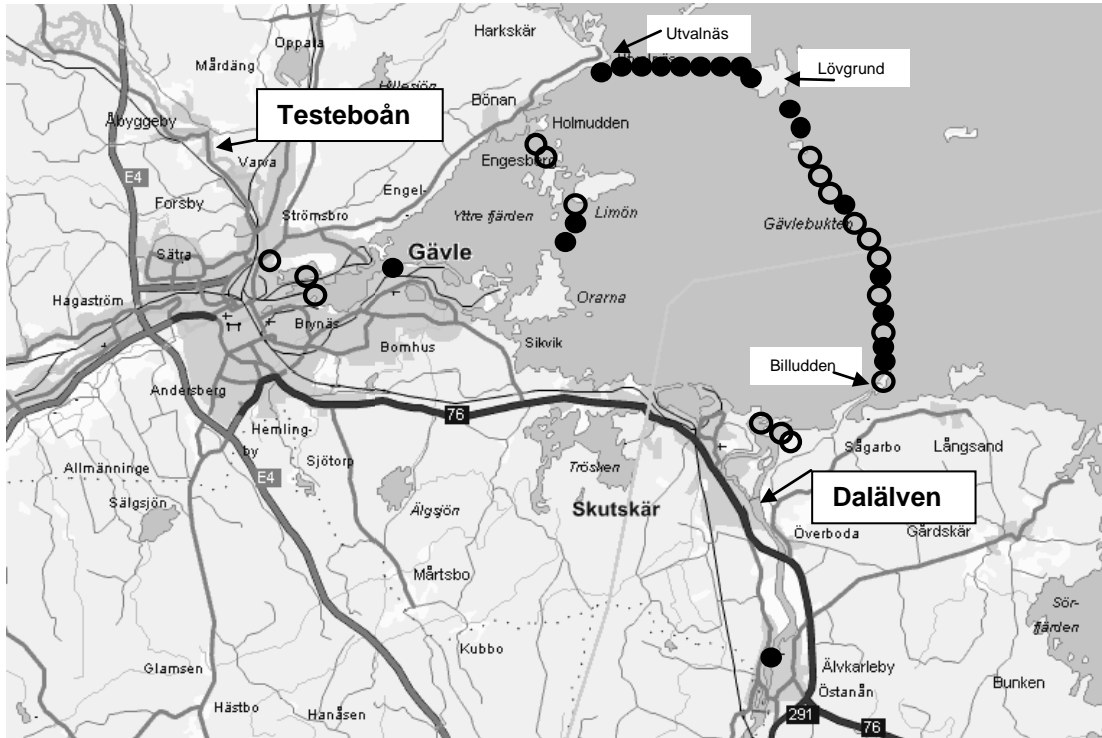
	Radio Standard-foder	Akustisk Standard-foder	Akustisk LågE-foder	Vild smolt
Antal	25	42	21	42
Vikt (g)	50.5-162.2	46.9-125.1	54.8-160.5	21.4-63.0
Längd (mm)	176-235	172-234	185-258	140-202

Samtliga fiskar bedömdes vara i god fysisk kondition och fullständigt smoltifierade. Vid märkningen bedövades fisken med MS 222 och snittades därefter i buksidan varefter sändaren placerades i bukhålan. Radiosändarnas antenn fördes snett bakåt ut genom bukvägen via en kanyl som sedan avlägnades. Efter märkning syddes snittet ihop med två stygn. Märkningsproceduren, från bedövning till färdig applicering av stygnen, tog cirka 2 min/fisk. Efter märkning hölls fiskarna i tråg vid försöksstationen varefter de följande dag transporterades i syresatta transportkärl till respektive utsättningsplats där de sumpades. I Testeboån sattes fisken ut på samma platser som användes 2006-07. All radiomärkt smolt sattes ut på en utsättningsplats i Forsby cirka 3.0 km uppströms Strömsbro vattenkraftverk. De akustiskt märkta fiskarna sattes ut i utloppet från vattenkraftverket. I Dalälven släpptes fiskarna nedströms smoltfällan, cirka 12-36 h efter märkning.

Den radiomärkta smoltens rörelsemönster och nedströmsvandringar följdes genom telemetri. Manuell pejling med mottagare ATS R2100 utfördes strax efter respektive fiskutsättning och pågick tillsammans med automatisk pejling (logger LOTEK SRX_400 med 4-elements Yagi-antenn) t.o.m. den 1 juni. Manuell pejling från land genomfördes regelbundet i syfte att täcka hela den cirka 6 km långa sträckan från fiskens utsättningsplats till havet. Två automatiska loggrar placerades vid kraftverket cirka 3.1 km nedströms fiskens utsättningsplats, den ena vid kraftverkets intagskanal och den andra vid spillfåran. I åns mynning placerades en tredje logger, cirka 5.5 km nedströms fiskutsättningsplatsen

Den sändarmärkta smoltens utvandring i Testeboåns nedersta del samt deras vandring från Skansbron, genom Inre och Yttre fjärden, och genom Gävlebukten (Figur 10) följdes med hjälp av fasta akustiska telemetrimottagare (VR2, Vemco), samt genom manuell pejling (VR

100, Vemco) från båt under tiden 8 maj – 30 maj. En fast logger placerades under gamla E4-bron, en i mynningen till Sältan, en i anslutning till åns utlopp under Skansbron, två centralt i Inre fjärden, en vid Fredriksskans hamn, 5 st i nord-sydlig riktning i höjd med öarna Römaren och Orarna, och 25 i nord-sydlig riktning tvärs över hela Gävlebukten, från Utvalnäs till Billudden.



Figur 10. Loggerpositioner under akustiska telemetriförsöken 2008. Fyllda cirklar indikerar aktiva loggar. Ofyllda cirklar visar försvunna eller inaktiva loggar.

”Range-test” av loggrarna utfördes genom att hålla en sändare i vattnet vid sidan av båten på kända avstånd och därefter kontrollerades registreringar på testad logger. Det maximala avståndet för registrering uppskattades till 200-250 m. I Testeboån utfördes manuell pejling i området mellan Skansbron och Fredriksskans hamn vid tre tillfällen under försöksperioden. Förutom den yttre linjen med loggar beskriven ovan, sattes en logger i Dalälven i höjd med golfbanan (nedströms Älvkarleby kraftverk) samt tre loggar i älvens mynning. Dessutom utfördes manuell pejling också i Dalälven ned till mynningen vid två tillfällen under försöksperioden. En ”Range-test” av VR100 genomfördes. Det maximala avståndet för registrering uppskattades till 350 -400 m då en riktningkänslig hydrofon användes och till 250–300 m med en hydrofon med samma känslighet i alla riktningar.

Telemetriförsök 2009-2010

Under 2009-10 utfördes endast försök med akustisk telemetri i Dalälven. Försöken följde samma inriktning som under 2008 och samma sändare och loggar användes. Följande grupper av fisk användes: ettårig och tvåårig smolt utfodrad med standardfoder och vild laxsmolt. Under 2010 användes också en fjärde grupp av fisk som bestod av tidigare standardutfodrad fisk som fick svälta en kortare tid före utsättningen. En viktig förändring i jämförelse med 2008 var att den loggerkedja som användes var placerad närmare älvmyningen (Figur 24).

Statistisk bearbetning av insamlad data

En mer detaljerad analys gjordes av resultaten från 2009-2010. Vid kortdistansvandringen var den odlade märkta fisken som sattes ut uppströms smoltfällan i Dalälven individmärkt och längd och vikt fanns för varje individ. Fångsterna i smoltfällan producerade två typer av responsdata (1) huruvida fisken fångades eller inte, och (2) för den fisk som fångades tiden mellan utsättning och fångst i dagar. I det första fallet analyserades data med logistisk regression (fångst=1; inte fångst=0), ålder eller typ av foder var klassvariabler medan längd, utsättningsdag och vattentemperatur vid utsättning var kovariater. I det andra fallet analyserades data med *generalized linear methods* där fördelningen i responsvariabeln (antal dagar innan fångst) antogs vara Poisson-fördelad. För 2-årig laxsmolt visade det sig att den binomiala responsen till de tre kovariaterna inte var helt linjär. Det gjorde att det är en grafisk återgivning av sannolikheten att återfångas i smoltfällan efter utsättning ger extrapoleringar som blir svårtolkade och dessutom inte stämmer överens med tidigare studier och beprövad erfarenhet. För att få ett bättre värde på förhållandet mellan utsättningsdag, vattentemperatur vid utsättning och sannolikheten att vandra ut (d v s att fångas i smoltfällan) används en icke-parametrisk multivariat regression. För samtliga statistiska analyser användes SAS statistikprogram, för logistisk regression användes PROC LOGISTIC, för *generalized linear methods* PROC GENMOD och för den icke-parametriska regressionen PROC LOESS.

Antalet fiskar som fångades i smolttrumman 1+2 dagar efter utsättningen jämfördes med antalet som fångades i den huvudsakliga smoltfällan under samma period. Resultaten för samtliga replikat för en försöksvariant summerades och användes för att jämföra smolttrummans effektivitet med X²-analyser och Fisher Exact test i SPSS.

För fiskgrupper som ingick i telemetriförsök användes X²-analyser och t-test (SPSS) för att jämföra skillnader i antal som lyckades med utvandringen samt om individer som lyckades med utvandringen skiljde sig i fråga om längd och vikt från fisk som inte överlevde utvandringen.

Resultat

Totalfångst i smoltfällor och Laxöfisket

Den totala fångsten i utvandringfällan i Kungsådran redovisas i Tabell 5. Där framgår att huvuddelen av fångsten naturligtvis var fisk men att enstaka groddjur och fåglar också fångades i fällan. Större delen av lax- och öringfångsten var givetvis märkt fisk som ingick i de olika försöken. Antalet vilda lax- och öringsmolt (misstänkta lax/öringhybrider undantagna) framgår av Tabell 6. Genomsnittligt under de tre åren fångades bara 114 vild laxsmolt och 41 vilda öringsmolt. Övrig lax och öring har klassificerats som odlad smolt eller icke-utvandringfärdig stirr samt större individer som efter leken valt att övervintra i Kungsådran. En stor del av öringen var dock blanka och det var icke köns mogna fiskar som valt att tillbringa vintern i sötvatten. Dessa individer vandrar normalt ut i havet i samband med temperaturstegringen på våren.

Fångsten i smoltfällan i Kungsådran kan jämföras med hur många vilda fiskar som fångades och Carlinmärktes på våren i fällan i det invallade försöksområdet (misstänkta lax/öringhybrider *ej* undantagna, nedre storleksgräns 135 mm), Tabell 6. Den genomsnittliga fångsten i det invallade området under perioden 1997-2007 var 205 havsöringsmolt och 113 laxsmolt (Tabell 6). För öringsmolt sjönk fångsten under 2008-2010 till 147 smolt vilket var 72% av genomsnittet för den tidigare perioden och för laxen var motsvarande siffra, 62 smolt och 55%.

Tabell 5. Totalfångst i smoltfällan i Kungsådran våarna 2008-2010.

Art	Antal 2008	Kommentar	Antal 2009	Kommentar	Antal 2010	Kommentar	Total fångst 2008-10
okänd fiskart	3	fiskyngel	1	fiskyngel	2	fiskyngel	
abborre	23		4		6		
benlöja	32		7		6		
björkna	43		14		39		
braxen	138		81		161		
färna	1						
vanlig groda	2		6				
gädda	2		5				
gärs	25		27		7		
gös	2				1		
harr	1						
id	7		4		5		
knipa	3	2 döda, 1 levande unge					
lake			2		3		
lax	1163	varav 150 vilda smolt	721	varav 141 vilda smolt	1202	varav 50 vilda smolt	
lax/öring	12	sannolik hybrid	2	sannolik hybrid	10	sannolik hybrid	
mört	43		12		2		
mörtfisk	2						
nejonöga	41		304		56		
nors			1		1		
padda	6		9		3		
sarv	1						
simpa	3						
sork	1						
ål	4		2		1		
havsöring	270	varav 33 vilda smolt	647	varav 74 vilda smolt	999	varav 34 vilda smolt	
Totalt antal	1828		1849		2504		6181

Tabell 6. Utvandring av vild smolt från det invallade försöksområdet 1997-2010 och Kungsådran 2008-2010.

År	Invallade försöksområdet		Kungsådran	
	Öring	Lax	Öring	Lax
1997	152	2		
1998	330	91		
1999	254	204		
2000	240	308		
2001	28	48		
2002	52	34		
2003	42	28		
2004	542	286		
2005	119	125		
2006	289	57		
2007	211	62		
Medel 1997-2007	205	113		
2008	127	57	33	150
2009	209	91	74	141
2010	104	38	34	50
Medel 2008-2010	147	62	47	114
Medel 1997-2010	193	102		

I Tabell 7 redovisas den totala fångsten från smolttrumman under våren 2010. Huvuddelen av fångsten bestod av streamermärkt lax- och havsöringsmolt och endast 1 vild laxsmolt samt 1 vild havsöringsmolt fångades. Utöver dessa fångades bland annat en del vitfisk och nejonögon.

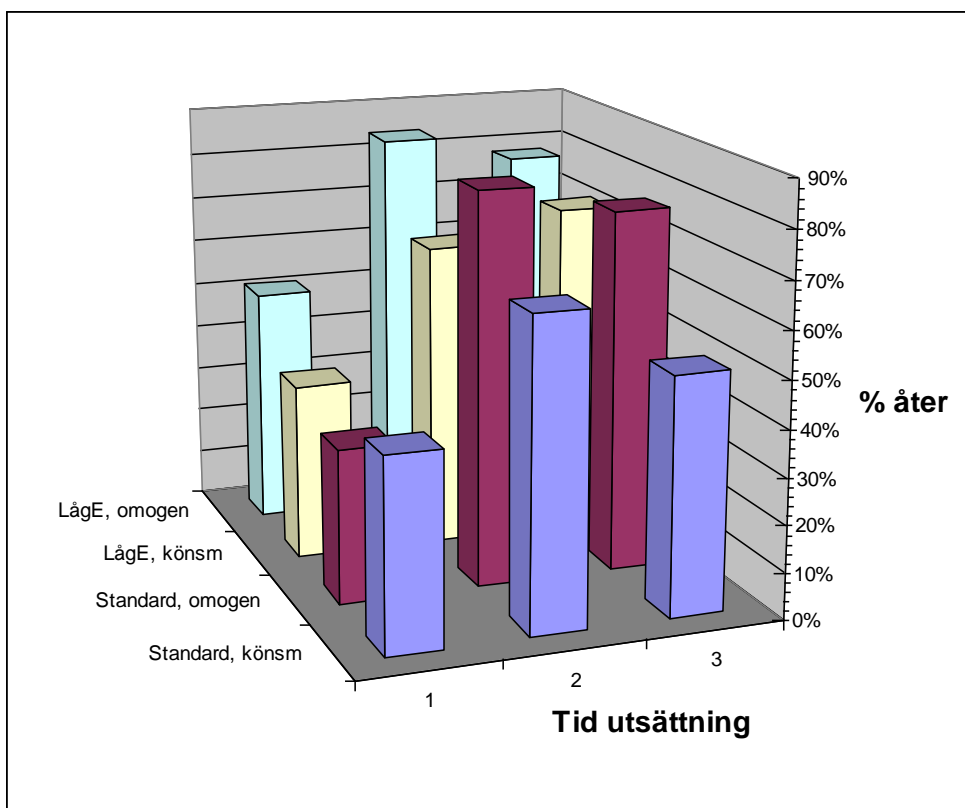
Tabell 7. Fångst i smolttrumman i Kungsådran våren 2010.

Art	Antal	Kommentar
Björkna	14	
Braxen	28	
Gärs	2	
Lake	1	
Lax	150	varav 1 vild smolt
lax/öring-yngel	2	
Benlöja	2	
Mört	5	
Nejonöga	17	
Siklöja	1	
Ål	1	
Havsöring	114	varav 1 vild smolt
Totalt	337	

Kortdistansvandring: märkt odlad fisk – utsättningstid, foder och könsmognad

Under 2008 registrerades totalt 715 PIT-tag märkta odlade smolt vid eller i smoltfällan. Detta utgjorde 61.7 % av den märkta utsatta fisken. Återfynd av fisk från olika grupper redovisas i Figur 11. Som framgår av figuren var andelen återfynd generellt sett relativt låg från den första utsättningstidpunkten. Däremot var den relativt likartad vid tidpunkt 2 och 3. Skillnaden i andel återfynd mellan olika tidpunkter var signifikant (X^2 -test; $p < 0.001$). Andelen återfynd från fisk som utfodrats med LågE-fodret var 53.6% och med Standardfodret 46.4%. Ett Fisher Exact test visade att denna skillnad var signifikant ($p = 0.04$). Av den tidigt könsmogna fisken återfångades 44.1% och av icke könsmogna fisk 55.9%. Den icke könsmogna fisken återfångades därmed i signifikant högre utsträckning ($p < 0.001$).

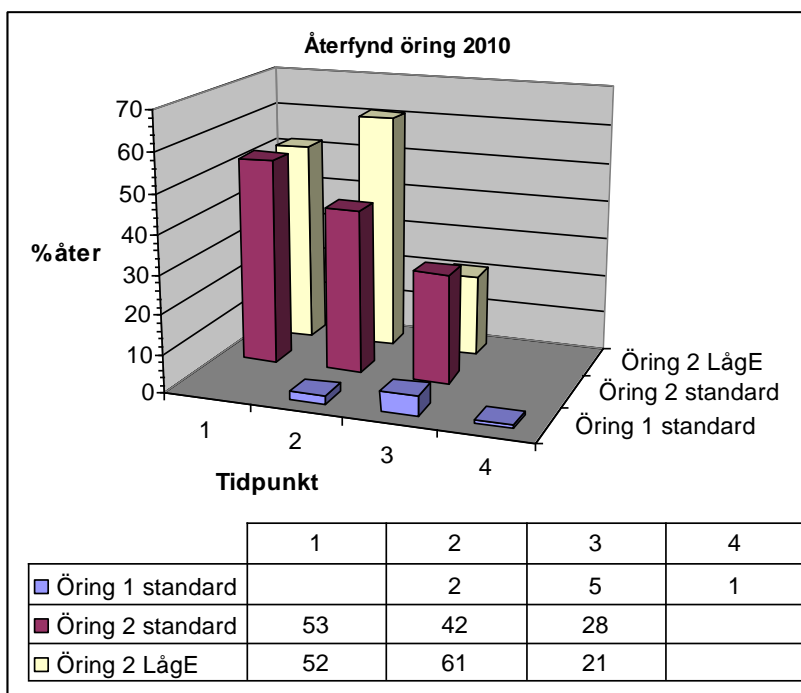
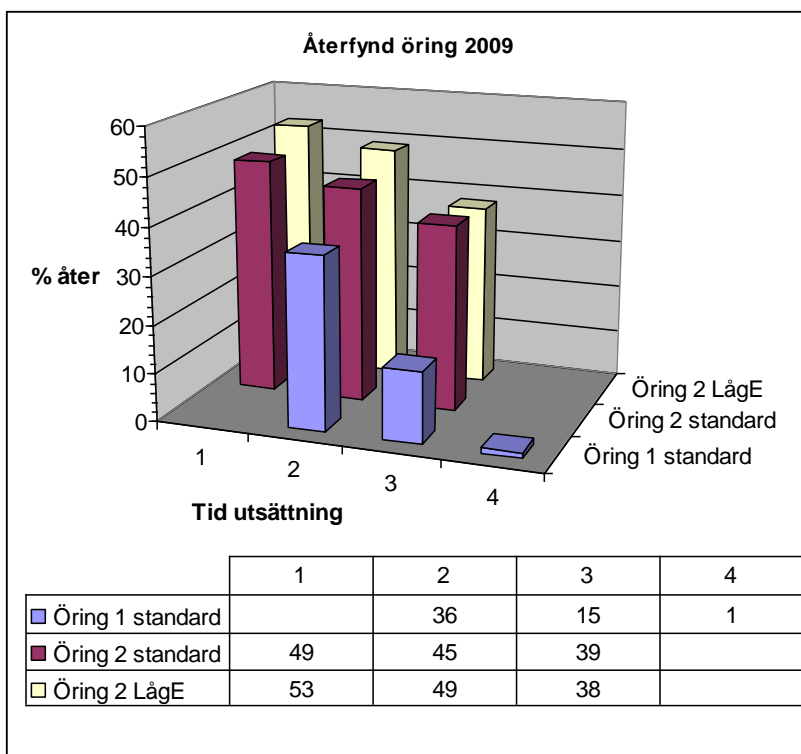
Totalt registrerades 388 olika fiskar av antenssystemet utanför fällans ingång och 605 fiskar vid manuell hantering av fisk fångad i fällan. Tillsammans blev det alltså som ovan nämnts 715 fiskar som simmat fram till fällans ingång eller fångats i den. Det finns flera anledningar till den stora diskrepansen mellan antalet fiskar som registrerats i de två antenssystemen. Ibland uppehöll en fisk sig inom antennens detektionsradie vid ingången under lång tid och den kunde då ge upphov till många data samtidigt som registrering av andra fiskar som simmade in i området blockerades. Det innebär att en del av fisken som återfångades i fällan inte hade registrerats vid ingången. Av de 388 fiskar som registrerats vid ingången vistades 19 där längre tid än 24 timmar och rekordet är en fisk som hade 19 dagar mellan första och sista registrering utanför fällan. Det stora flertalet hade dock bara några få registreringar.



Figur 11. Återfynd av PIT-tag märkt fisk i smoltfällan. Tre olika utsättningstillfällen, två foder samt tidigt könsmogen och omogen fisk. Se texten för mera detaljer.

Ett annat problem var att vid flera tillfällen fungerade inte registreringen i fällan på grund av tekniska problem. Därför gav inte heller registreringen i fällan en heltäckande bild av antalet fiskar som fångats. Av de 388 fiskar som registrerades utanför fällan blev 277 registrerade i fällan. Det innebär att 111 fiskar eller 28.6% inte fångades i fällan. Med hänsyn tagen till att registreringen i fällan var ur funktion vid flera tillfällen innebär siffran trots allt att endast en mindre del av fisken som simmade ner till fällan inte vandrade in i den.

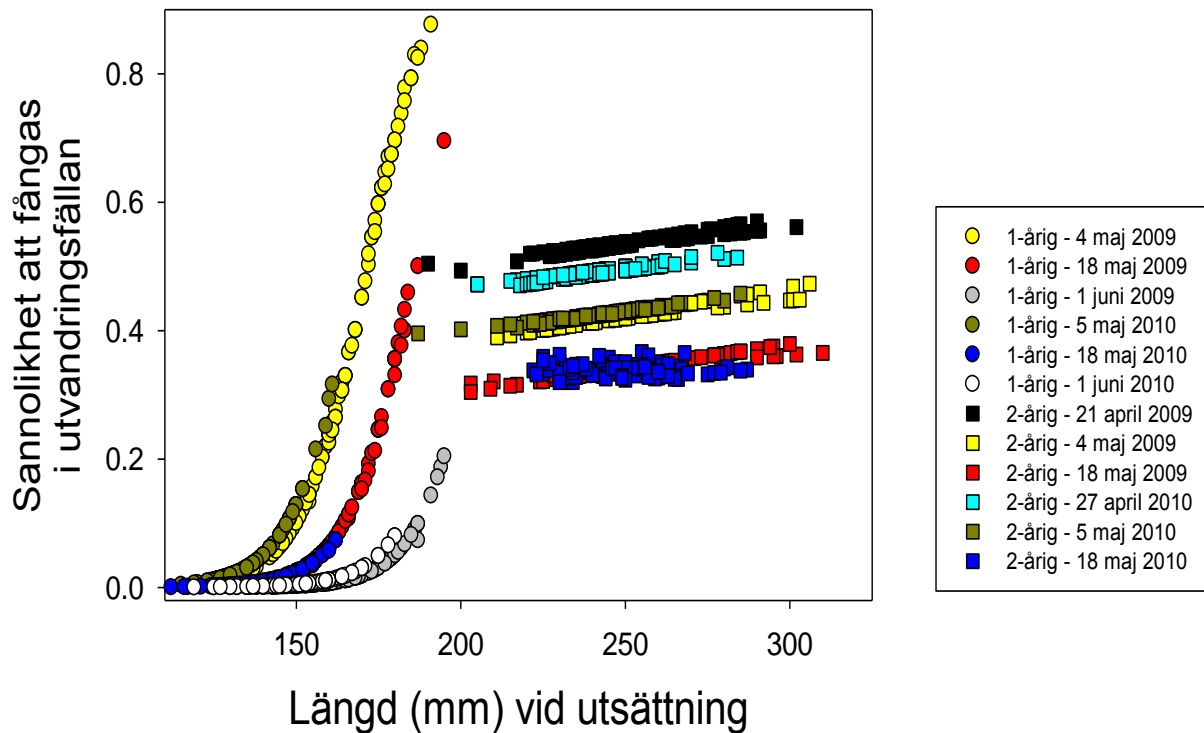
Resultaten från 2009-2010 visas som andelen återfynd av ett- och tvåårig havsöringsmolt uppfödda på standardfoder samt tvååriga smolt uppfödda på lågenergifoder i figur 12. Som framgår av figurerna var det relativt likartade andelar återfynd av den tvååriga fisken som gått på olika foder under de olika utsättningstillfällena, men något högre under tidpunkt två 2010 för öring uppfödda på lågenergifoder (61% återfynd för fisk som utfodrats på lågenergifoder och 42% för standardutfodrad fisk). Återfynden av den ettåriga standardutfodrade öringen under 2009 var högst för det första utsättningstillfället men blev färre ju längre fram på våren fisken sattes ut. Återfynden av den ettåriga fisken var dock färre jämfört med den tvååriga för båda av de överlappande utsättningstillfällena. Under 2010 var återfynden av den ettåriga öringen konstant mycket låga.



Figur 12. Återfynd av streamermärkt öring i smoltfällan. Två åldersklasser, tre olika utsättningsstillfällen samt två olika fodersorter. Den ettåriga fisken som utfodrats med standardfoder sattes ut ett tillfälle senare än den tvååriga.

Vid en statistisk analys behandlades resultaten från de två åren tillsammans. Andelen återfynd av ett- och tvååriga standardodlade laxsmolt samt tvååriga smolt som genomgått en svältperiod under 2009-2010 års försök redovisas i Figur 13. Som framgår av Tabell 8 och Figur 13 fanns det en interaktion mellan ålder och längd, 1-årig smolts utvandring vilja var beroende av storleken, men det sambandet fanns inte för 2-årig smolt. Det fanns också en interaktion mellan ålder och utsättningsdag. För den tvååriga laxen var andelen återfynd något

högre hos smolt som genomgått en svältperiod i jämförelse med den standardodlade fisken vid samtliga utsättningstillfällen under 2009 års försöksserie. Under 2010 var dock andelen återfynd lägre för lax som svultit jämfört med standardodlad vid det sista utsättningstillfället. Återfynden av den ettåriga fisken var färre jämfört med den tvååriga för båda av de överlappande utsättningstillfällena. Under 2010 var återfynden av den ettåriga laxen konstant mycket låga.



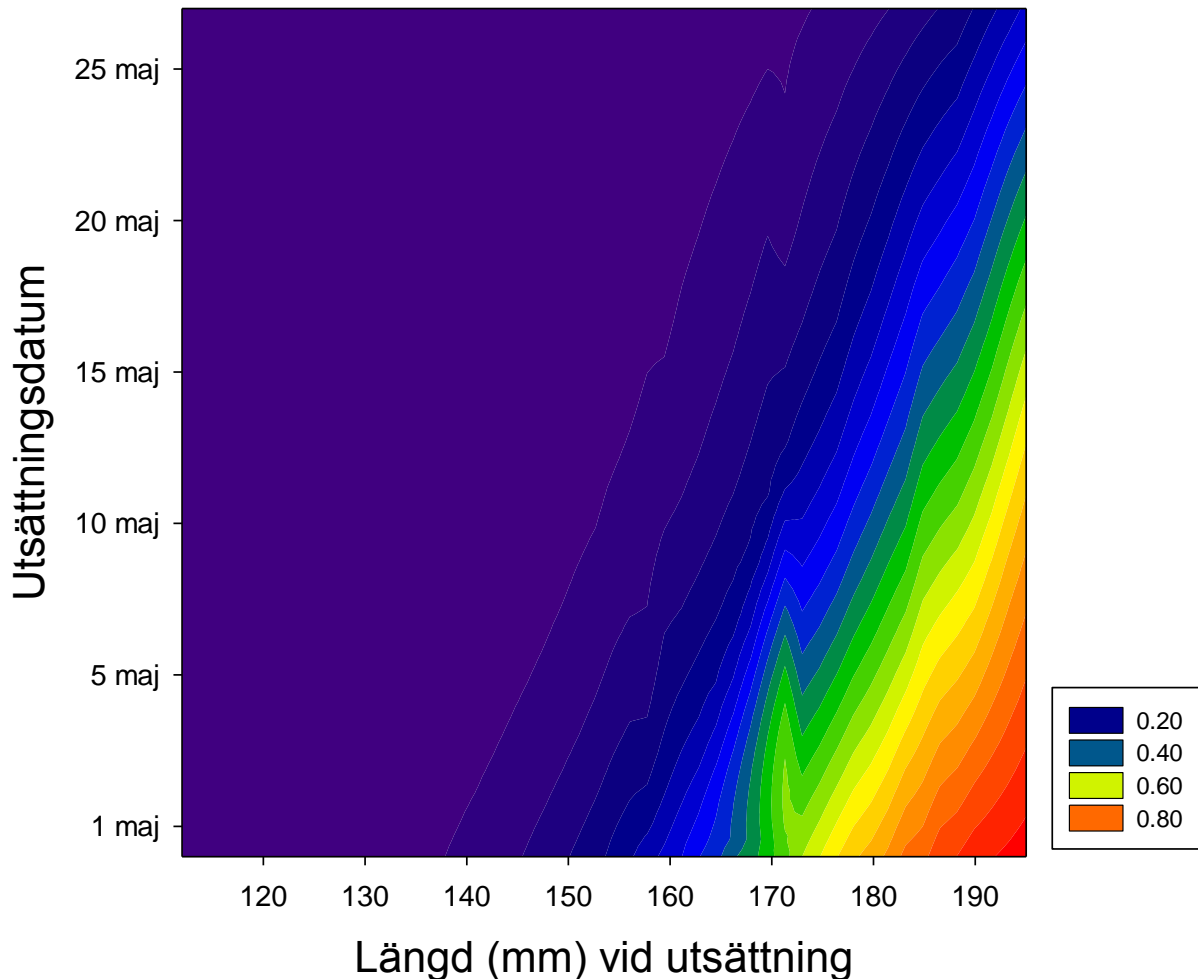
Figur 13. Sannolikheten att fångas i utvandringssfällan för 1-årig och 2-årig öringsmolt uppförd på standardfoder i förhållande till längd vid utsättning. Punkterna i figuren återger de predicerade värdena från modellen i Tabell 8.

Tabell 8. Resultat av logistisk regression för sannolikheten att fångas i utvandringssfällan för öringsmolt uppförd på standardfoder.

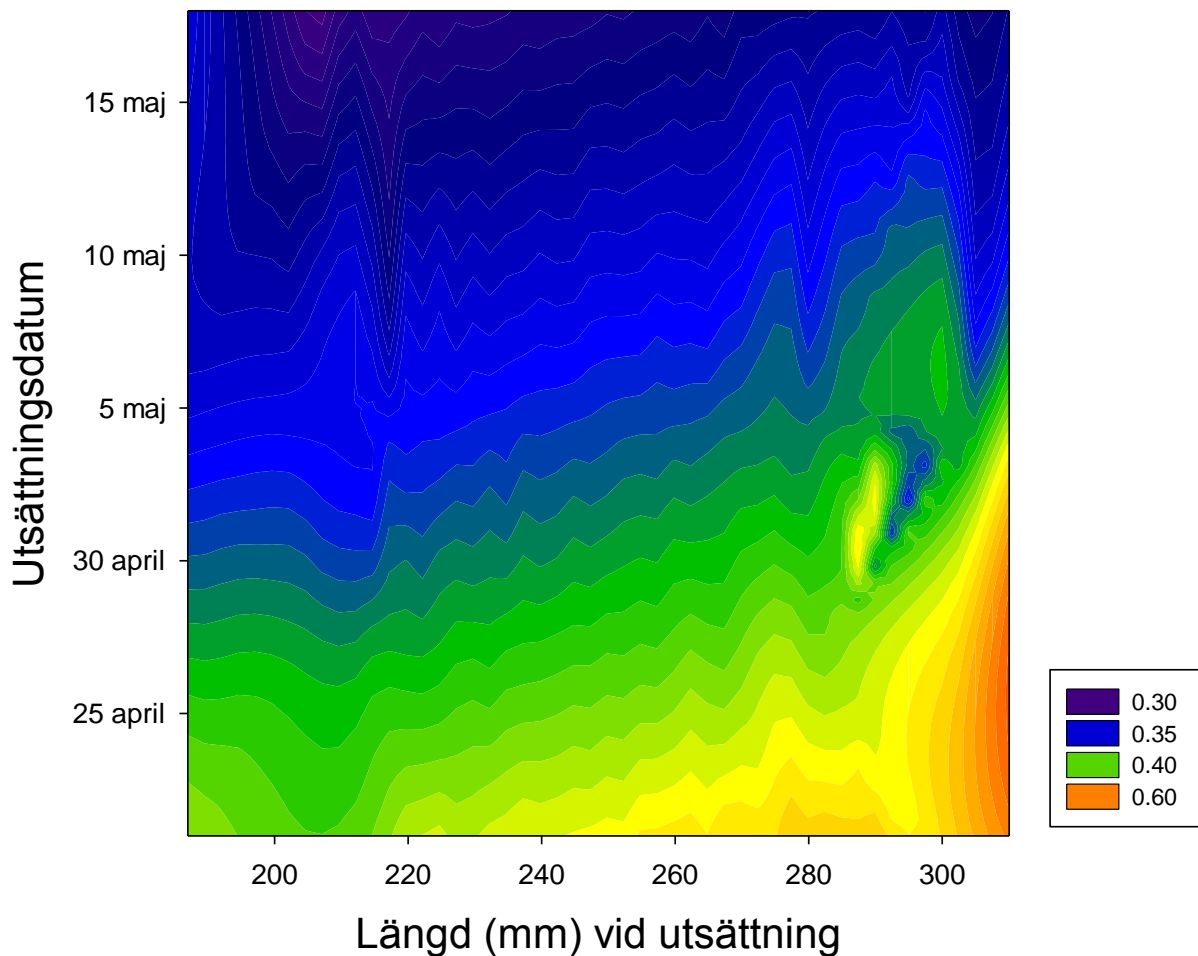
Parameter	Estimat±srd.err.	Wald χ^2	p-värde
Ålder	-2.69±1.93	1.94	0.164
Längd	0.052±0.0068	59.71	<0.001
Utsättningsdag	-0.062±0.0173	13.07	<0.001
Vattentemperatur	-0.096±0.0872	1.20	0.274
Utsättningsdag*Ålder	-0.038±0.0172	4.85	0.028
Vattentemp*Ålder	-0.074±0.0871	0.72	0.395
Längd*Ålder	0.049±0.0068	53.68	<0.001

För ettårig smolt uppförd på standardfoder låg sannolikheten =0.50 (alltså lika stor sannolikhet att återfångas som att inte återfångas) vid 4 maj och längd = 170.5 mm (Figur 14). Som man kan se var sannolikheten högst att återfångas för stor smolt som sattes ut tidigt. Hos de ettåriga öringsmolt som ingick i studien var endast 15.6% större än 170.5 mm. För tvåårig smolt uppförd på standardfoder fanns ingen koppling mellan fiskens storlek och sannolikhet

att återfångas (Figur 15). Sannolikheten var högst att återfångas för stor smolt som sattes ut tidigt. Det fanns det en koppling till utsättningsdag; sannolikhet =0.50 (alltså lika stor sannolikhet att återfångas som att inte återfångas) vid 5 maj.



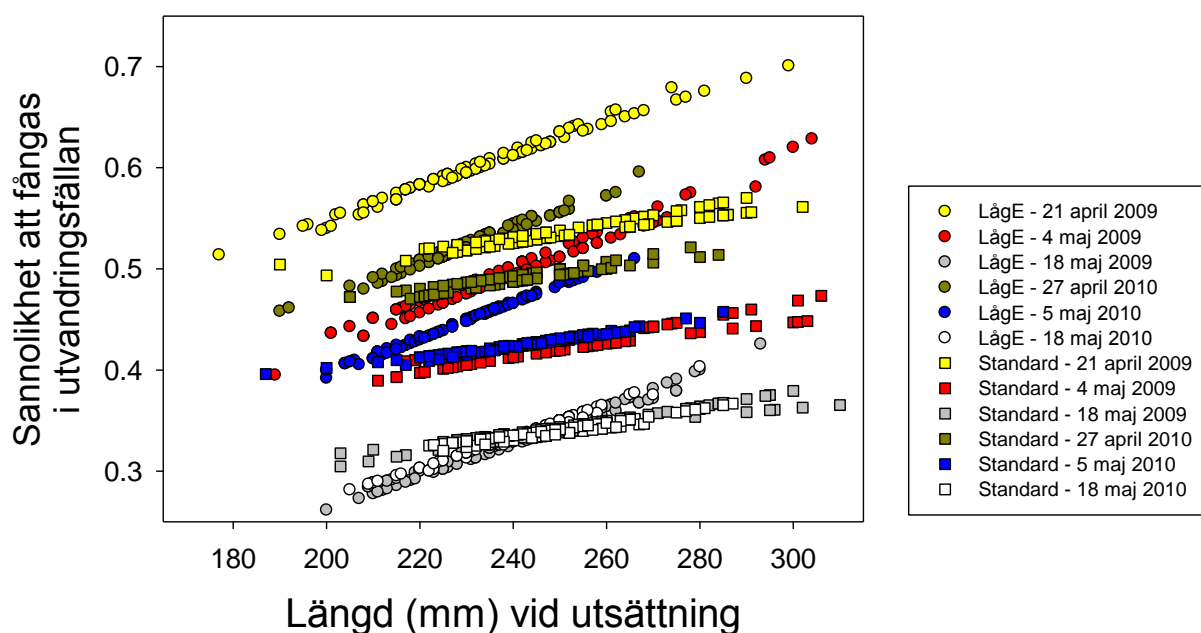
Figur 14. Förhållandet mellan utsättningsdag, storlek (längd) och sannolikhet att återfångas för 1-årig öringsmolt uppfödd på standardfoder. Diagrammet grundas på de predicerade värdena från modellen i Tabell 8.



Figur 15. Förhållandet mellan utsättningsdag, storlek (längd) och sannolikhet att återfångas för 2-årig öringsmolt uppfödd på standardfoder. Diagrammet grundas på de predicerade värdena från modellen i Tabell 8.

Tiden det tog för 1-årig smolt uppfödd på standardfoder att vandra ut var 5.27 ± 0.258 dagar och för 2-årig smolt 5.08 ± 0.089 dagar, Wald $\chi^2 = 0.01$, $p=0.904$. Åldern påverkade således inte tiden det tog innan fisken hamnade i utvandringsfällan. Dessutom fanns det en negativ korrelation mellan vattentemperatur och tid det tog att vandra ut (Wald $\chi^2=4.48$, $p=0.034$); d v s ju varmare det var i vattnet desto snabbare vandrade fisken ut.

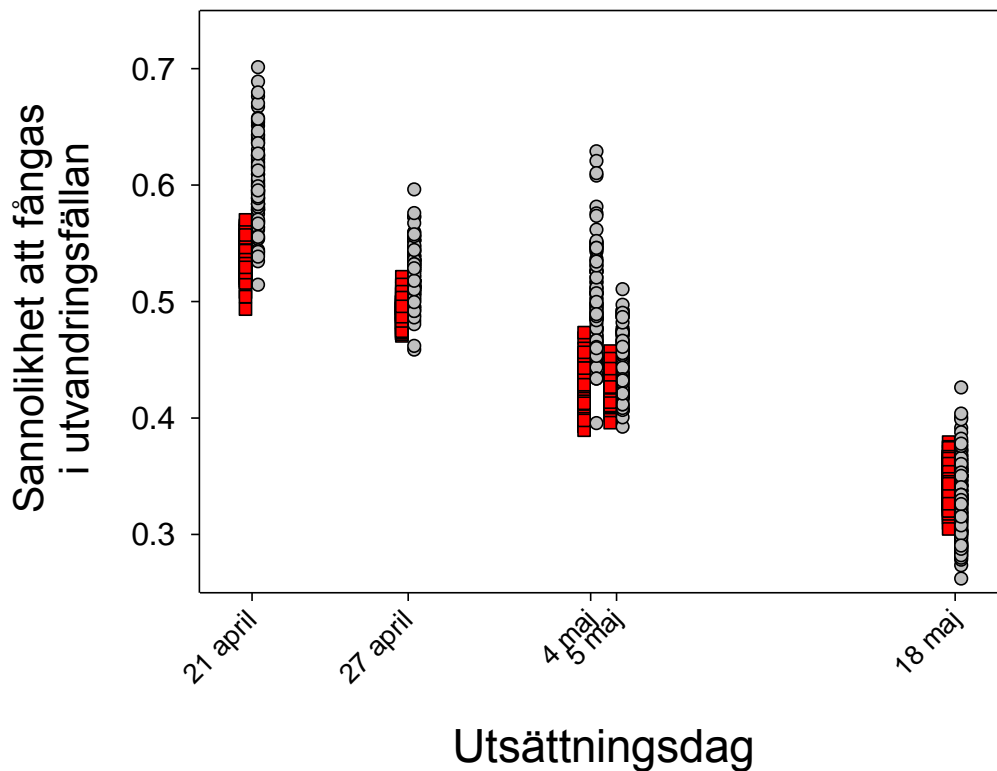
Fodret påverkade inte utvandringsviljan. Den enda faktor som utvandringsviljan verkade påverkas av var utsättningsdagen (se Figurerna 16, 17 samt Tabell 9).



Figur 16. Sannolikheten att fångas i utvandringsfällan för 2-årig öringsmolt uppfödd på standardfoder eller lågenergifoder i förhållande till längd vid utsättning. Punkterna i figuren återger de predicerade värdena från modellen i Tabell 9.

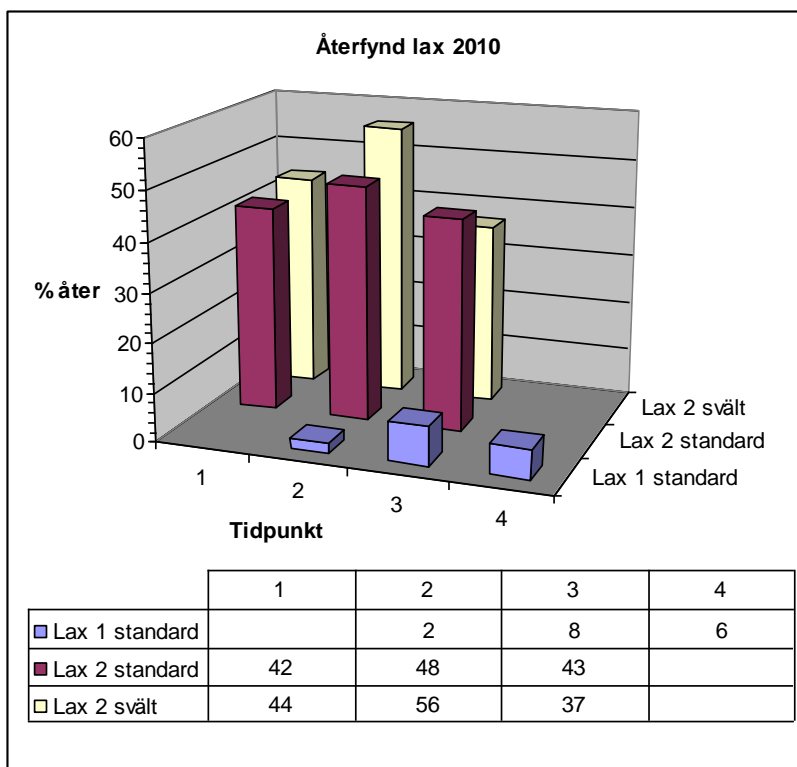
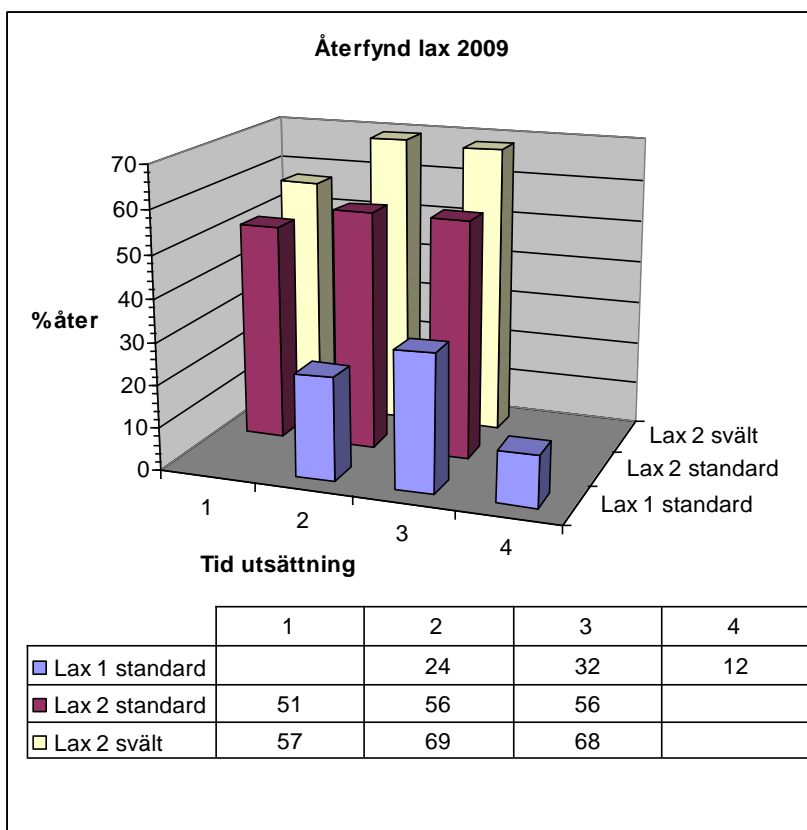
Tabell 9. Resultat av logistisk regression för sannolikheten att fångas i utvandringsfällan för 2-åring öringsmolt uppfödd på standardfoder eller lågenergifoder.

Parameter	Estimat±srd.err.	Wald chisq	p-värde
Foder	0.998±1.841	0.294	0.588
Längd	0.0049±0.0036	1.84	0.176
Utsättningsdag	-0.038±0.0167	5.21	0.023
Vattentemperatur	0.0063±0.0588	0.013	0.915
Utsättningsdag*Foder	-0.0136±0.0167	0.667	0.414
Längd* Foder	0.0022±0.0036	0.370	0.543
Vattentemp* Foder	0.028±0.0588	0.221	0.639



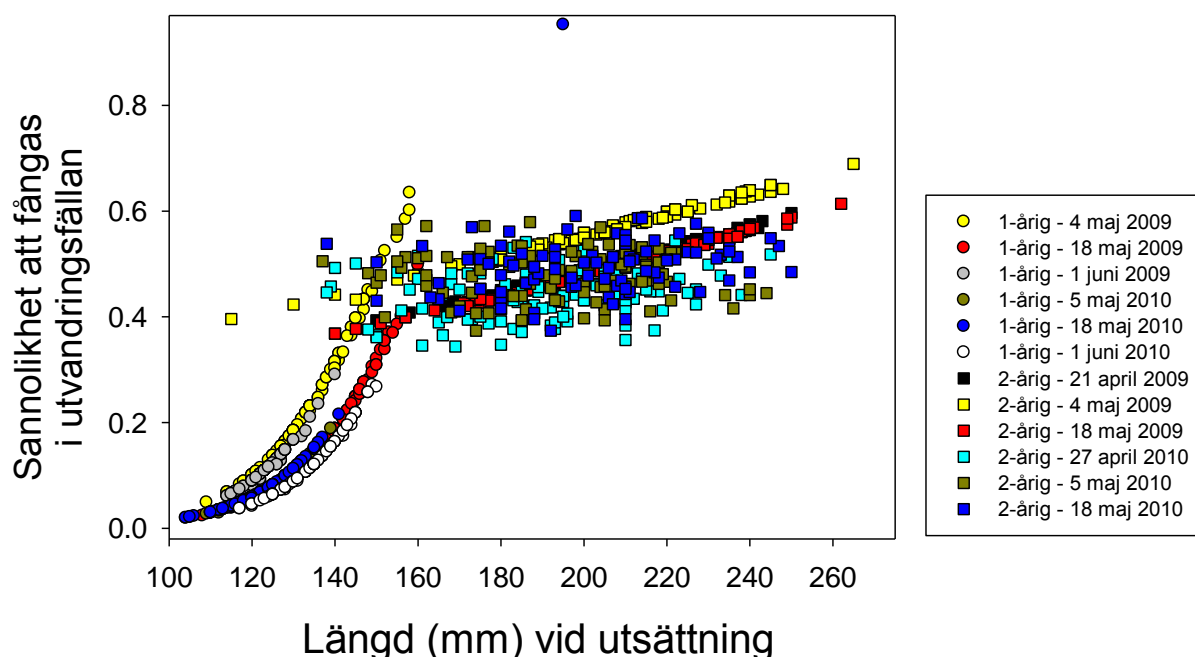
Figur 17. Sannolikheten att fångas i utvandringfällan för 2-årig öringsmolt uppfödd på standardfoder (röda, fyrkanter) eller lågenergifoder (grå, runda) i förhållande till utsättningsdag . Punkterna i figuren återger de predicerade värdena från modellen i Tabell 9.

Tiden det tog för smolt uppfödd på standardfoder att vandra ut var 5.60 ± 0.062 dagar och för de som föddes upp på lågenergifoder 5.35 ± 0.061 dagar, Wald $\chi^2 = 0.31$, $p=0.577$. Fodret påverkade således inte tiden det tog innan fisken hamnade i utvandringfällan. Det fanns en negativ korrelation mellan utsättningsdag och tid det tog att vandra ut (Wald $\chi^2 = 12.39$, $p<0.004$), d v s ju senare fisken sattes ut desto snabbare vandrade den ut. Men då ska man ha i minnet att senare på säsongen vandrade lägre andel ut, men de som vandrade ut gjorde det snabbt.



Figur 18. Återfynd av streamermärkt lax i smoltfällan. Två åldersklasser, tre olika utsättningstillfällen samt två olika utfodringar (standardfoder och svältperiod). Den ettåriga laxen som utfodrats med standardfoder sattes ut ett tillfälle (ca 2 veckor) senare än den tvååriga.

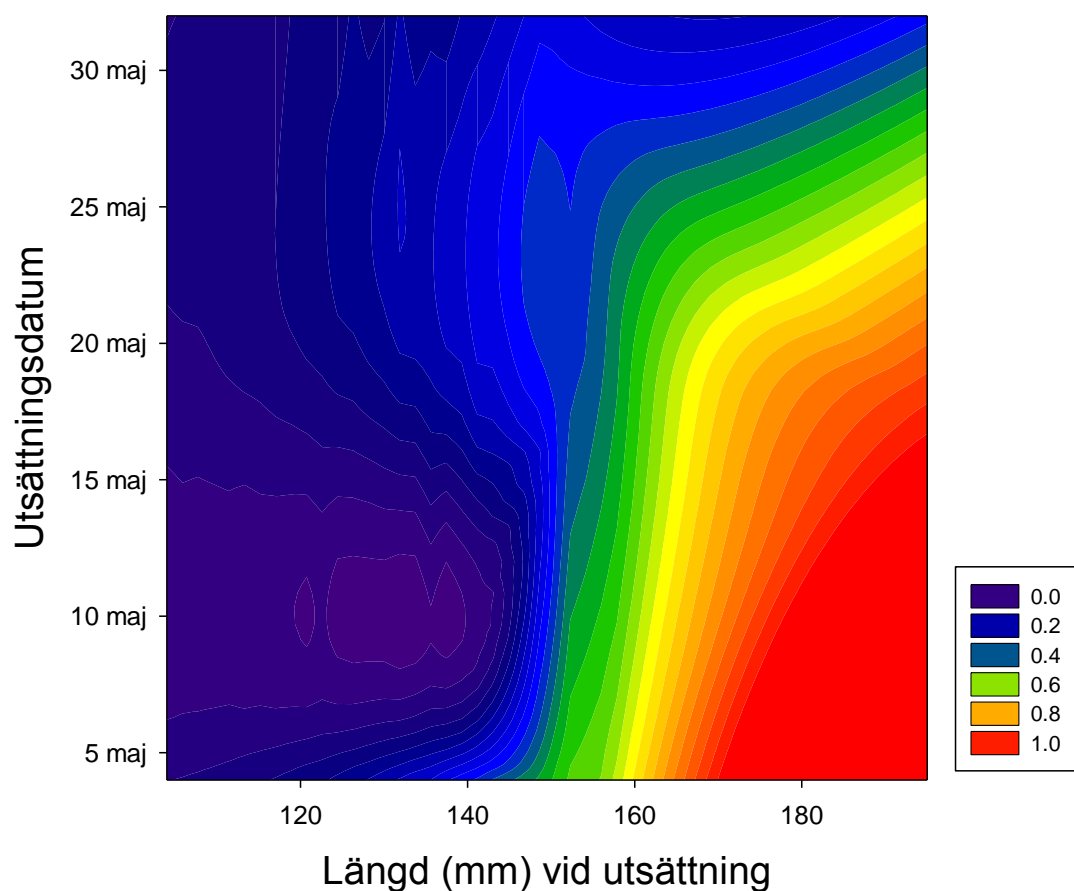
Vid en statistisk analys behandlades de två åren samlat. Som framgår av Tabell 10 samt Figur 19 hade åldern ingen betydelse för utvandringstiljjan hos laxsmolt. (men precis som hos öring gällde det om 1-årig och 2-årig fisk sattes ut samtidigt i samma vattentemperatur och var av samma storlek). På samma sätt som hos öringen fanns också en interaktion mellan längd och ålder, utvandringstiljjan hos 1-årig smolt var starkare knuten till storlek vid utsättning än hos 2-årig smolt. Däremot fanns ingen interaktion mellan ålder och utsättningsdag eller ålder och vattentemperatur, vilket säger att både 1-åringar och 2-åringar var lika beroende av dessa variabler. Däremot fanns hos laxsmolten ett beroende av vattentemperaturen, vilket inte fanns hos öringmolten. Hos laxen var både datum och temperatur av betydelse för utvandringstiljjan, till skillnad från öring där endast datum var viktigt.



Figur 19. Sannolikheten att fångas i utvandringstiljjan för 1-årig och 2-årig laxsmolt i förhållande till längd vid utsättning. Punkterna i figuren återger de predicerade värdena från modellen i Tabell 10.

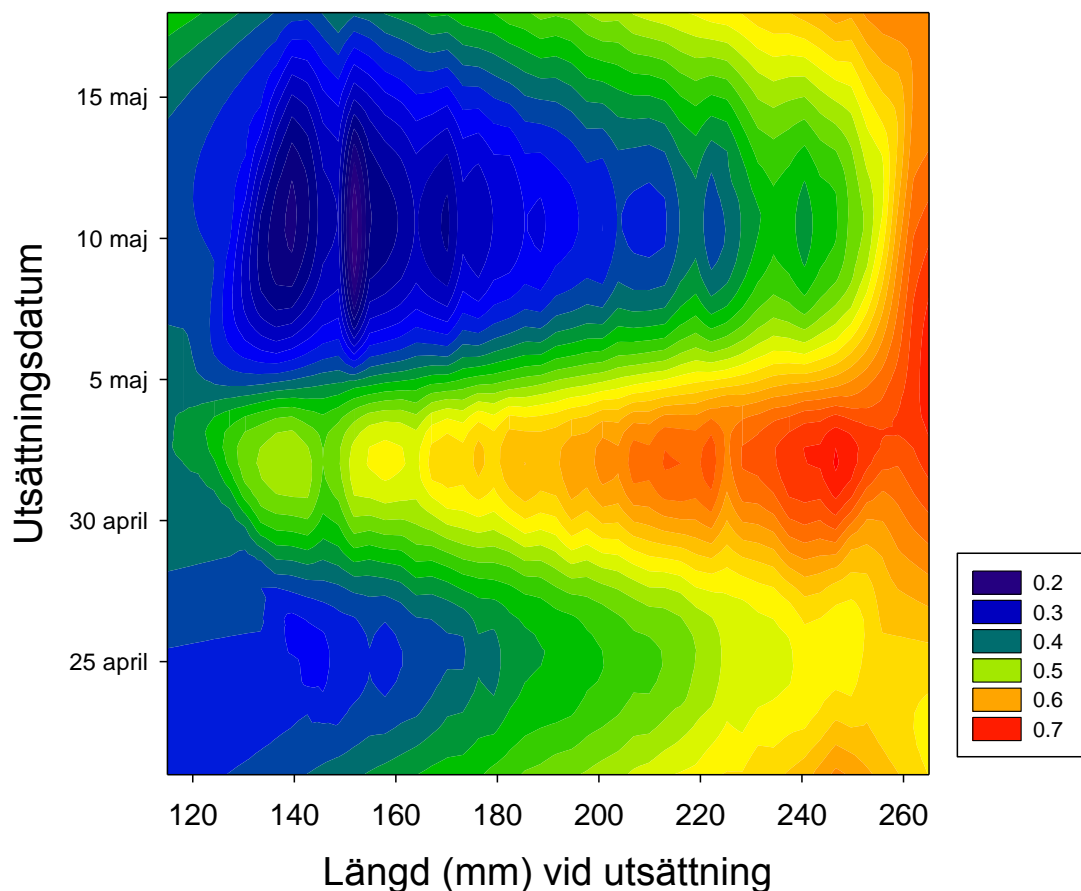
Tabell 10. Resultat av logistisk regression för sannolikheten att fångas i utvandringstiljjan för laxsmolt uppfödd på standardfoder.

Parameter	Estimat±srd.err.	Wald chisq	p-värde
Ålder	-3.46±1.81	3.64	0.056
Längd	0.039±0.0070	31.34	<0.001
Utsättningsdag	-0.041±0.0167	5.89	0.015
Vattentemperatur	0.173±0.0740	5.49	0.019
Utsättningsdag*Ålder	-0.016±0.0168	0.94	0.333
Vattentemp*Ålder	0.075±0.0740	1.03	0.311
Längd*Ålder	0.031±0.0069	19.70	<0.001



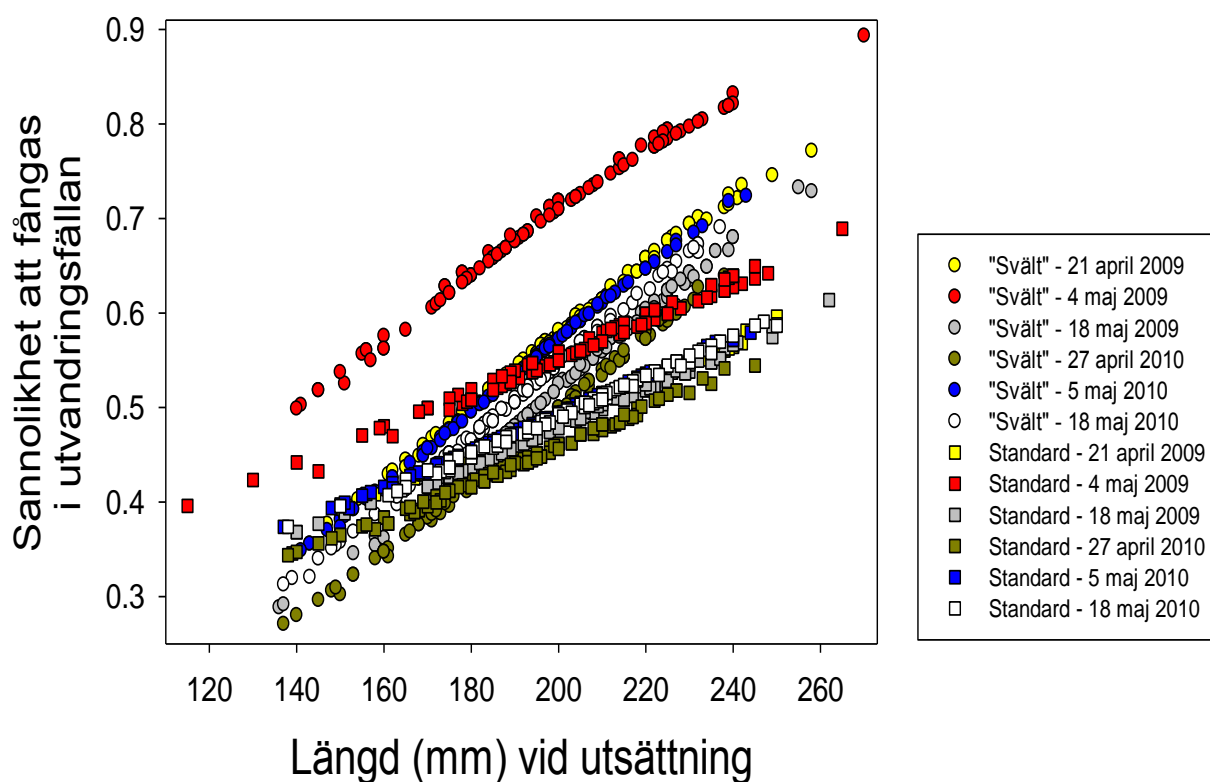
Figur 20. Förhållandet mellan utsättningsdag, storlek (längd) och sannolikhet att återfångas för 1-årig laxsmolt uppfödd på standardfoder. Diagrammet grundas på de predicerade värdena från modellen i Tabell 10.

Sambandet mellan andel av laxsmolt uppfödd på standardfoder som återfångades, fiskstorlek samt utsättningsdag redovisas i Figur 20 för 1-årig och i Figur 21 för 2-årig laxsmolt. Som man kan se var sannolikheten att återfångas högst för stor smolt som sattes ut tidigt.



Figur 21. Förhållandet mellan utsättningsdag, storlek (längd) och sannolikhet att återfångas för 2-årig laxsmolt uppfödd på standardfoder. Diagrammet grundas på de predicerade värdena från modellen i Tabell 10.

Som framgår av Tabell 11 påverkade fodret (laxsmolt uppfödda på standardfoder jämfört med laxsmolt som genomgått en svältperiod) således inte utvandringstiljan, däremot fanns en koppling till utsättningsdag, storlek vid utsättning och vattentemperatur vid utsättning. Inga interaktioner var signifikanta, vilket betyder att smolt oberoende av om de fått foder eller inte reagerade lika vid samma längd och att de reagerade lika på utsättningsdag och vattentemperatur, se Figur 22.

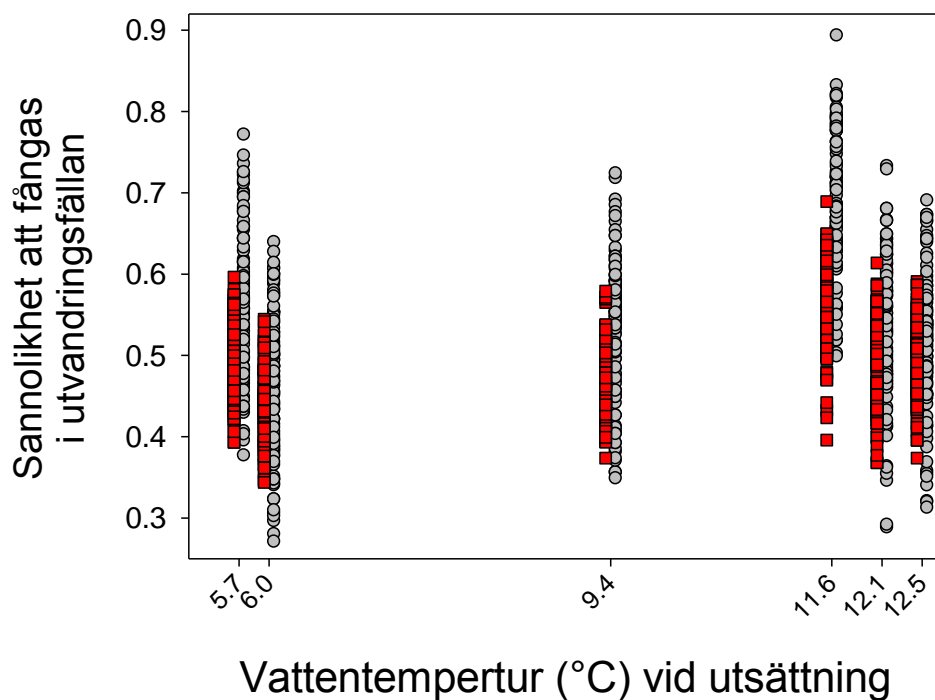


Figur 22. Sannolikheten att fångas i utvandringsfällan för 2-årig laxsmolt uppförd på standardfoder eller genomgått en svältperiod i förhållande till längd vid utsättning. Punkterna i figuren återger de predicerade värdena från modellen i Tabell 11.

Tabell 11. Resultat av logistisk regression för sannolikheten att fångas i utvandringsfällan för 2-årig laxsmolt uppförd på standardfoder eller som genomgått svältperiod.

Parameter	Estimat±srd.err.	Wald chisq	p-värde
Foder	1.84±1.724	1.14	0.285
Längd	0.012±0.0029	16.78	<0.001
Utsättningsdag	-0.046±0.0172	7.12	0.008
Vattentemperatur	0.173±0.0613	7.97	0.005
Utsättningsdag*Foder	0.021±0.0172	1.55	0.213
Längd* Foder	-0.0039±0.0029	1.75	0.186
Vattentemp* Foder	-0.075±0.0613	1.48	0.223

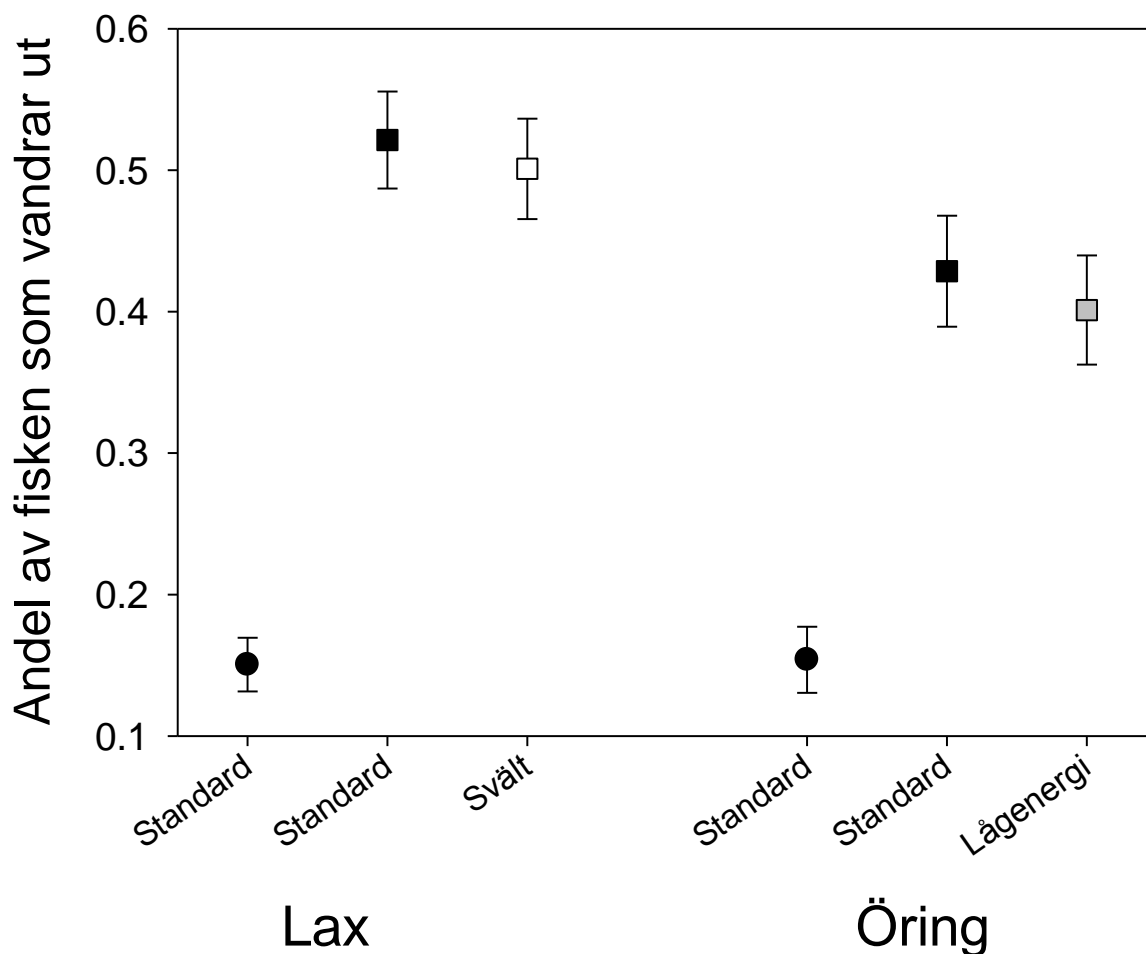
Sannolikheten att återfångas i utvandringsfällan för 2-årig smolt som utfodrats med standardfoder eller som genomgått en svältperiod redovisas i förhållande till vattentemperaturen i Figur 23.



Figur 23. Sannolikheten att fångas i utvandningsfällan för 2-årig laxsmolt uppfödd på standardfoder (röda, fyrkanter) eller genomgått svältperiod (grå, runda) i förhållande till vattentemperatur. Punkterna i figuren återger de predicerade värdena från modellen i Tabell 11.

Tiden det tog för smolt uppfödd på standardfoder att vandra ut var 2.60 ± 0.043 dagar och för de som genomgått en svältperiod var 2.20 ± 0.044 dagar, Wald $\chi^2 = 10.98$, $p < 0.001$. Fodret påverkade således tiden det tog innan fisken hamnade i utvandningsfällan, svält fisk vandrade ut snabbare än de som utfodrats med standardfoder. Det fanns en negativ korrelation mellan vattentemperatur och tid det tog att vandra ut (Wald $\chi^2 = 167.6$; $p < 0.001$); d v s ju varmare det var i vattnet desto snabbare vandrade fisken ut. Det fanns också en negativ korrelation mellan längd vid utsättning och tiden det tog att vandra ut (Wald $\chi^2 = 10.88$, $p = 0.001$); d v s ju större fisken var vid utsättning desto fortare vandrade den ut.

Även om 1-årig öring och lax hade högre utvandningsvilja än 2-årig vid samma storlek så var 2-årig fisk mycket större och storleken var av signifikant betydelse för utvandningsviljan, ju större en smolt var desto högre var sannolikheten att den vandrade ut. Det hela sammanfattas i Figur 24. Det är viktigt att påpeka att detta endast rörde utvandningsviljan hos smolt, inte överlevnaden i havet.



Figur 24. Andel som beräknades vandra ut av olika smoltåldrar och foder hos lax och öring. Cirklar=1-årig smolt; fyrkanter=2-årig smolt; fyllda symboler = standardfoder, ofyllda eller grå symboler är svält respektive lågenergifoder. ”T:na” är 95% konfidensnivåer.

Elfiske i Kungsådran

I Tabell 12 redovisas resultaten från elfiskena i Kungsådran. Jämfört med andra vatten och med tanke på den enorma tillförseln av rom från lekande fisk var det förvånansvärt lite fisk på många av lokalerna, trots det goda uppväxthabitatet för lax och öring i delar av området. Framförallt var tätheten av ungar som var äldre än 0+ mycket låg. Det tydde troligen på en hög dödlighet från 0+-stadiet och till 1+. De lokaler som hade de högsta tätheterna nu, nr 3 och 5, ligger båda i mindre förgreningar av Kungsådran. Andelen uppväxthabitat i mindre förgreningar är liten i Kungsådran. Med andra ord var tätheten av lax och öring sett till hela Kungsådran låg. Utöver lax och öring fångades enstaka individer av stensimpa, abborre, mört, lake, ål, gädda och en stäm. Flera stora laxar och öringar som lekt i Kungsådran påträffades utan att fångas. Enstaka fiskar bedömdes under elfiskena som hybrider, dessa är inte medtagna i Tabell 12.

Tabell 12. Resultat från elfiske i Kungsådran, Dalälven. Tätheter av fisk i antal/100m². Fisk som var längre än 120 mm bedömdes som äldre än 0+. Under 2009-2010 utfördes elfisken så tidigt på sommaren att lax- och öringyngel inte kunde särskiljas vid de tidiga fiskena. På grund av detta finns i tabellen kolumner där fångsten av lax och öring summerats ihop. Lokalernas läge framgår av Figur 9.

Fiskedatum	Vtemp(°C)	Lokalnr	Area	Lax 0+	Lax	Laxtot	Öring 0+	Öring	Öringtot	Lax och öring 0+	Lax och öring >0+	Lax och öring tot.
20081107	2,8	1	400	3,2	0,8	4,00	0,7	0,6	1,30	3,9	1,4	5,30
20081107	2,8	2	217	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00
20081107	2,8	3	18	22,2	5,6	27,80	5,6	16,7	22,30	27,8	22,3	50,10
20081107	2,8	4	324	5,7	2,2	7,90	0,4	0,3	0,70	6,1	2,5	8,60
20081105	3,3	5	69	101,7	18,2	119,90	21,9	18,2	40,10	123,6	36,4	160,00
20090701	21,6	3	81	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,00	83,3	0,0	83,30
20090919	13,3	3	81	50,6	1,4	52,00	1,4	27,6	29,00	52,0	29,0	81,00
20090624	16,8	5	130	0,0	0,0	0,00	0,0	1,7	1,70	267,8	1,7	269,50
20090911	15,6	5	130	103,2	0,0	103,20	63,7	6,4	70,10	166,9	6,4	173,30
20100617	15,9	3	81	0,0	0,0	0,00	0,0	1,2	1,20	116,9	1,2	118,10
20100825	17,2	3	81	42,3	0,0	42,30	26,3	1,4	27,70	68,6	1,4	70,00
20100616	15,4	5	130	0,0	0,0	0,00	0,0	4,2	4,20	197,3	4,2	201,50
20100819	18,9	5	130	84,6	0,0	84,60	75,1	2,3	77,40	159,7	2,3	162,00

Telemetri 2008

Den radiomärkta smolten i Testeboån visade ett varierande rörelsemönster efter utsättning. Generellt noterades dock en långsam nedströmsvandring och relativt höga förluster av smolt på den övre åsträckan. Totalt förlorades 16 smolt (64 %) i den övre delen av ån. Av resterande 9 smolt anlände 7 till området kring Strömsbro kraftverk (i.e. två smolt detekterades aldrig vid Strömsbro kraftverk). Trots att kraftverket var avstängt under den tid då den märkta smolten passerade, visade data från de automatiska loggrarna att en av de 7 fiskarna passerade kraftverk via turbinerna, där den möjligen dog (trots avstängning rann ca. 1 m³/s vatten genom kraftverket). Resterande smolt (6 st) vandrade via spillfåran och 5 av dessa registrerades i estuariet. Inget samband mellan fiskstorlek eller vattenflöde och mortalitet observerades. Sammanfattningsvis konstateras att endast 5 av de 25 radiomärkta smolten (20%) passerade hela försöksområdet för radiomärkningsstudien under studietiden av cirka 1 månad. De som detekterades i estuariet passerade hela försöksområdet (från utsättningsplats till sältan) under 25-119 timmar. Tiden mellan första och sista detektion i det inre estuariet för respektive smolt var 31.2 timmar i medel, vilket tyder på att smolten försenades under sin vandring i detta område.

Vid den akustiska telemetrin i Testeboån uppstod vissa tekniska problem. En del av de akustiska mottagarna registrerades ingen fisk inne i Testeboån (Figur 10). Av 19 och 20 utsatta vilda respektive odlade smolt registrerades 10 och 5 st (53 och 25%) på loggern vid Fredriksskans (Figur 10). Av dessa passerade minimum 7 vilda (37%) och 4 odlade (20%) loggrarna mellan öarna Römaren och Orarna (bara 2 av 5 loggrarna fungerade, så det är möjligt att flera passerade utan att registreras). Av de 11 smolt som simmade förbi öarna registrerades 4 (3 vild och en odlad) på någon eller flera av de yttersta loggrarna (Figur 10, Tabell 13). Många av de yttersta loggrarna fungerade ej varför fler än 4 smolt troligen passerade. Av de resterande fiskarna detekterades 2 vilda smolt vid utsättningsplatsen och 3

vilda i inre fjärden (Sältan) under manuell pejling från båt. Dessa fiskar antogs ha prederats av gädda.

Utvandringstiden för de fiskar som detekterades på den yttersta loggerlinjen var, från utsättningsplats till yttersta loggerlinjen, 80.2 timmar för vild laxsmolt och 75.9 timmar för den odlade smolten. Detta ger en simhastighet av 0.41 kroppslängder sek^{-1} för den vilda smolten (medellängd cirka 17 cm) och 0.35 kroppslängder sek^{-1} för den odlade (medellängd cirka 21 cm). Beräkningarna baseras på en uppskattad sträcka av 20 km från utsättningsplatsen till den yttersta loggerlinjen.

Tabell 13. Sammanfattning av de akustiska telemetriförsöken i Testeboån 2006, -07 och -08. Grå skuggning = vild smolt. IL = Inga loggrar installerade i det aktuella området. --- Loggrar ej aktiva.

Plats	Antal				Kumulativ överlevnad %			
	'06	'07	'08	'08	'06	'07	'08	'08
Ån	20	21	20	19	100	100	100	100
Inre fjärden	17	14	---	---	85	67	---	---
Fredriksskans	10	6	5	10	50	29	25	53
Orarna-Römaren	8	5	4*	7*	40	24	20*	37*
Utvalnäs-Billudden	IL	IL	1*	3*	IL	IL	5*	16*

* Minimumöverlevnad; troligen högre då vissa loggrar ej fungerade.

I Dalälven uppstod liknande tekniska problem som i Testeboån uppstod med en del loggrar (Figur 10). Därför registrerades ingen fisk i åns mynning och troligen endast en del av de som passerade yttersta loggerlinjen. Totalt släpptes 66 smolt märkta med akustiska sändare (23 vilda, 22 Standard-odlade och 21 odlade med LågE foder). 20 vilda smolt (87%), 18 Standard (82%) och 18 LågE smolt (86%) passerade loggern i älven i höjd med golfbanan (Figur 10). Av dessa registrerades minimum 11 vilda (48%), 10 Standard (45%) och 9 LågE (43%) fiskar vid någon eller flera av de yttersta loggrarna (Figur 10, Tabell 14). Ingen fisk detekterades vid manuell pejling i Dalälven.

Utvandringstiderna för de fiskar som detekterades på den yttersta loggerlinjen var, från utsättningsplats till yttersta linjen, 53.1 timmar för Standard smolt (11.4-135.7), 54.4 timmar för LågE smolt (14.7-92.8) och 84.6 timmar för vild fisk (5.5-298.2). Den stora skillnaden mellan vild och odlad fisk förklaras av en vild individ som vandrade extremt långsamt (298.2 timmar). Exkluderas denna så var vandringstiden för vild smolt 58.4 timmar. Detta ger en simhastighet av 0.36 kroppslängder sek^{-1} för den vilda smolten, exkluderat den långsammaste, (medellängd ca. 17 cm), 0.32 kroppslängder sek^{-1} för Standard fisken (medellängd 21 cm) och 0.32 kroppslängder sek^{-1} för LågE fisken (medellängd 21 cm). Beräkningarna baseras på en uppskattad sträcka av 13 km från utsättningsplatsen till den yttersta loggerlinjen.

Tabell 14. Sammanfattning av akustiska telemetriförsök i Dalälven 2008. Grå skuggning = vild smolt. --- Loggrar ej aktiva.

Plats	Antal			Kumulativ överlevnad %		
	Standard	LågE	Vild	Standard	LågE	Vild
Utsättningsplats	22	21	23	100	100	100

Älven, golfbanan	18	18	20	82	86	87
Mynningen	---	---	---	---	---	---
Utvalnäs-Billudden	10*	9*	11*	45*	43*	48*

* Minimumöverlevnad; troligen högre då vissa loggrar ej fungerade.

Ett antal loggrar (18 av 38; 47%) var inaktiva eller försvann under försöket varför det faktiska antal detekterade smolt i de olika områdena sannolikt underskattade det verkliga antalet passerande fisk. Särskilt borde detta ha gällt den yttre loggerlinjen mellan Lövgrund-Billudden. I denna loggerlinje var endast 7 av 16 loggrar aktiva (44%) samtidigt som den delen genererade i stort sett alla de detektioner som registrerades på den yttre loggerlinjen (Figur 10, Tabell 15).

Tabell 15. Antal registreringar i yttersta loggerlinjen (kursiv, understruken text indikerar inaktiva eller förlorade mottagare) per logger från Utvalnäs till Billudden. Se även Figur 10.

Logger	Testeboån Vild	Testeboån Standard	Dalälven Vild	Dalälven Standard	Dalälven LågE	Total
Utvalnäs_7402						0
2873						0
2867						0
2865						0
2870						0
2871						0
2875	1					1
2866						0
2874	1					1
Lövgrund_2868						0
Lövgrund_2869						0
<u>5972</u>						0
<u>5680</u>						0
<u>5978</u>						0
<u>5976</u>						0
<u>5981</u>						0
<u>5970</u>						0
<u>2872</u>						0
<u>5969</u>					1	1
<u>7401</u>						0
<u>5994</u>			3	1	1	5
<u>5979</u>						0
<u>5989</u>	1		1	3	5	10
<u>5973</u>	2	1	7	8	6	24
<u>Billudden_5992</u>						0
Totalt antal fiskar*	3	1	11	10	9	34

* Det var flera individer som detekterades i mer än en logger.

Telemetri 2009-2010

I Figur 25 redovisas placeringen av loggrar i Dalälvens mynningsområde och den yttre loggerlinjen ute till havs. Samma placering användes under 2009 och 2010. Detaljerade data från 2010 redovisas inte i figur. Under 2009 förlorades ingen av loggrarna men under 2010 försvann den logger som var placerad längst till väster på kusten. Eftersom bara några få

registreringar gjordes där under 2009, innebar det inte något väsentligt bortfall av information. Bara några få registreringar gjordes i den västliga grenen av älvens mynningsområde (Bodaån). Efter det att fisken passerat mynningen vandrade de flesta i riktning mot nordost, mot Billuddens nordspets.



Figur 25. Placering av loggrar (röda punkter) för telemetrisk studier i Dalälvens mynningsområde år 2009. Talen anger antalet fiskregistreringar på varje logger i Dalälvens mynning (gul bakgrund) eller på kusten (vit bakgrund). Samma uppställning för loggrarna användes år 2010.

Antalet fiskar från olika fiskgrupper som registrerades i älv, mynning och längs den yttre loggerlinjen på kusten framgår av Tabell 16. Av allt att döma fungerade inte registreringen av fisken i mynningen inte helt felfritt under 2010, eftersom flera fiskar registrerades på kusten än i mynningen. Anledningen till detta är okänd. Det fanns en tendens att en högre andel vild fisk än ettårig eller tvåårig odlad registrerades på kusten, men inga signifikanta skillnader fanns mellan grupperna (Fisher Exact test, $p > 0.05$). Under 2010 gjordes försök med en fjärde grupp som svultit en tid. Andelen från den gruppen som registrerades på kusten avvek inte signifikant från någon av de andra grupperna.

Tabell 16. Antal fiskar som användes i telemetriförsök under 2009-2010 samt om fisken registrerats längre ner i älven, i mynningsområdet eller längs en yttre loggerlinje på kusten.

Fiskgrupp	År	Totalt utsatta	Registrerad					
			N älv	% älv	N mynn.	% mynn.	N kust	% kust
1 år standard	2009	25	21	84%	20	80%	17	68%
1 år standard	2010	25	13	52%	3	12%	11	44%
1 år standard	Totalt	50	34	68%	23	46%	28	56%
2 år standard	2009	25	21	84%	17	68%	14	56%
2 år standard	2010	25	14	56%	12	48%	11	44%
2 år standard	Totalt	50	35	70%	29	58%	25	50%
2 år svält	2010	25	10	40%	8	32%	9	36%
2 år svält	Totalt	25	10	40%	8	32%	9	36%
Vild	2009	26	23	88%	21	81%	20	77%
Vild	2010	23	14	61%	10	43%	14	61%
Vild	Totalt	49	37	76%	31	63%	34	69%
Alla		174	116	67%	91	52%	96	55%

En analys av storleken på de fiskar som registrerades på kusten i jämförelse med den fisk som inte återfanns där redovisas i Tabell 17. För vild fisk fanns en signifikant skillnad ($p < 0.01$) så att fisk som klarade av vandrigen var tyngre och längre än de som inte återfanns på kusten. Däremot fanns inte motsvarande skillnader inom någon av de andra grupperna. Det är värt att notera att den ettåriga fisken varierade mycket lite i storlek och det kan vara anledningen till att det även för dessa små fiskar saknades signifikanta skillnader.

Tabell 17. Längd (mm) och vikt (g) för fisk som använts i telemetriförsöken under 2009-2010. Medelvärde och SD anges. Värden anges dels för samtliga fiskar, men också uppdelat efter om fisken framgångsrikt nådde loggerlinjen på kusten (registrerad på kust) eller inte (ej registrerad på kust).

Fiskgr.	Ej registrerad på kust					Registrerad på kust					Samtliga fiskar				
	Medel- längd	SD längd	Medel- vikt	SD vikt	N	Medel- längd	SD längd	Medel- vikt	SD vikt	N	Medel- längd	SD längd	Medel- vikt	SD vikt	N
1 år st	136.7	7.66	23.3	3.75	22	141.1	8.85	25.4	4.73	28	139.2	8.55	24.5	4.42	50
2 år st	213.6	19.39	99.4	26.68	25	218.3	16.19	102.9	24.81	25	215.9	17.83	101.1	25.56	50
2 år sv	215.4	12.28	96.3	16.84	16	210.2	9.96	87.8	13.64	9	213.6	11.57	93.2	16.01	25
Vild	165.7	10.13	37.7	6.58	15	177.2	9.85	46.9	8.75	34	173.7	11.18	51.2	49.95	49

Smolttrumma

Andelen återfynd av streamermärkt odlad lax- och öringsmolt vid de olika försöksbetingelserna redovisas i Tabell 18. I tabellen samt vid en statistisk analys jämfördes fångsten från smolttrumman med fångsten av den utvandningsbenägna försöksfisken (tillhörande smolttrumme-försöket) som fångades i den huvudsakliga smoltfällan vid motsvarande tid. Vid försökets början förutsågs det att det skulle ta ca ett dygn för fisken att vandra ner till fällområdet. Detta visade sig stämma relativt bra, men då fångsten i smolttrumman var förhållandevis låg inkluderades även fiskar som fångats två dagar efter utsättningsdagen för att få ett solidare material när data analyserades statistiskt. Som framgår av tabellen fångades det betydligt mer lax i smolttrumman då den stod i sitt övre läge med högre strömhastighet jämfört med om den var placerad i läget med lägre strömhastighet (8

och 21% av totalfångsten mot 6 och 11%), Fisher Exact test, $p < 0.001$). Skillnaden mellan fångst med respektive utan ledaromar var liten, det fångades till och med något flera fiskar utan än med ledaromar, men denna skillnad var inte signifikant. För öring skedde den högsta fångsten (24 %) skedde vid hög strömhastighet med ledaromar och den lägsta andelen (12%) fångades vid hög strömhastighet med ledaromar, men ingen signifikant skillnad fanns mellan några av de olika försöksbetingelserna till följd av det låga antalet fångade fiskar. Däremot fanns en signifikant ($p < 0.01$) skillnad i beteende mellan de två arterna där öringfångsten vid jämförelse med laxfångsten var relativt högre med ledarm. Däremot skiljde sig öringfångsten inte från laxfångsten i avsaknad av ledaromar. Det föreföll därmed som att fångsteffektiviteten för öring ökade med ledaromar.

Tabell 18. Fångst av lax och öring i smolttrumman per dag med de olika försöksbetingelserna samt fångsten i smoltfällan samma dag. Fångsten räknat på dag 1 och 2 efter utsättning av fisken. Den procentuella delen av totala fångsten som gjordes i smolttrumman anges också.

Fälläge	Datum	Strömhastighet	Ledarm	Antal lax smoltr	Antal öring Smoltr	Antal lax smoltfälla	Antal öring Smoltfälla
Övre	4:e maj	Hög	Ja	7	1	26	8
Övre	8:e maj	Hög	Ja	9	8	56	12
Övre	12:e maj	Hög	Ja	6	3	47	14
Övre	18:e maj	Hög	Ja	14	4	35	17
Summa				36	16	164	51
% fångst				18	24		
Övre	5:e maj	Hög	Nej	12	3	43	17
Övre	9:e maj	Hög	Nej	5	3	29	20
Övre	13:e maj	Hög	Nej	10	6	46	14
Övre	19:e maj	Hög	Nej	13	0	31	6
Summa				40	12	149	57
% fångst				21	17		
Nedre	6:e maj	Låg	Ja	1	0	55	16
Nedre	10:e maj	Låg	Ja	3	11	63	29
Nedre	14:e maj	Låg	Ja	5	1	44	19
Nedre	17:e maj	Låg	Ja	4	7	41	9
Summa				13	19	203	73
% fångst				6	21		
Nedre	7:e maj	Låg	Nej	3	2	51	28
Nedre	11:e maj	Låg	Nej	3	2	49	23
Nedre	15:e maj	Låg	Nej	5	1	44	10
Nedre	16:e maj	Låg	Nej	8	4	12	8
Summa				19	9	156	69
% fångst				11	12		

Diskussion

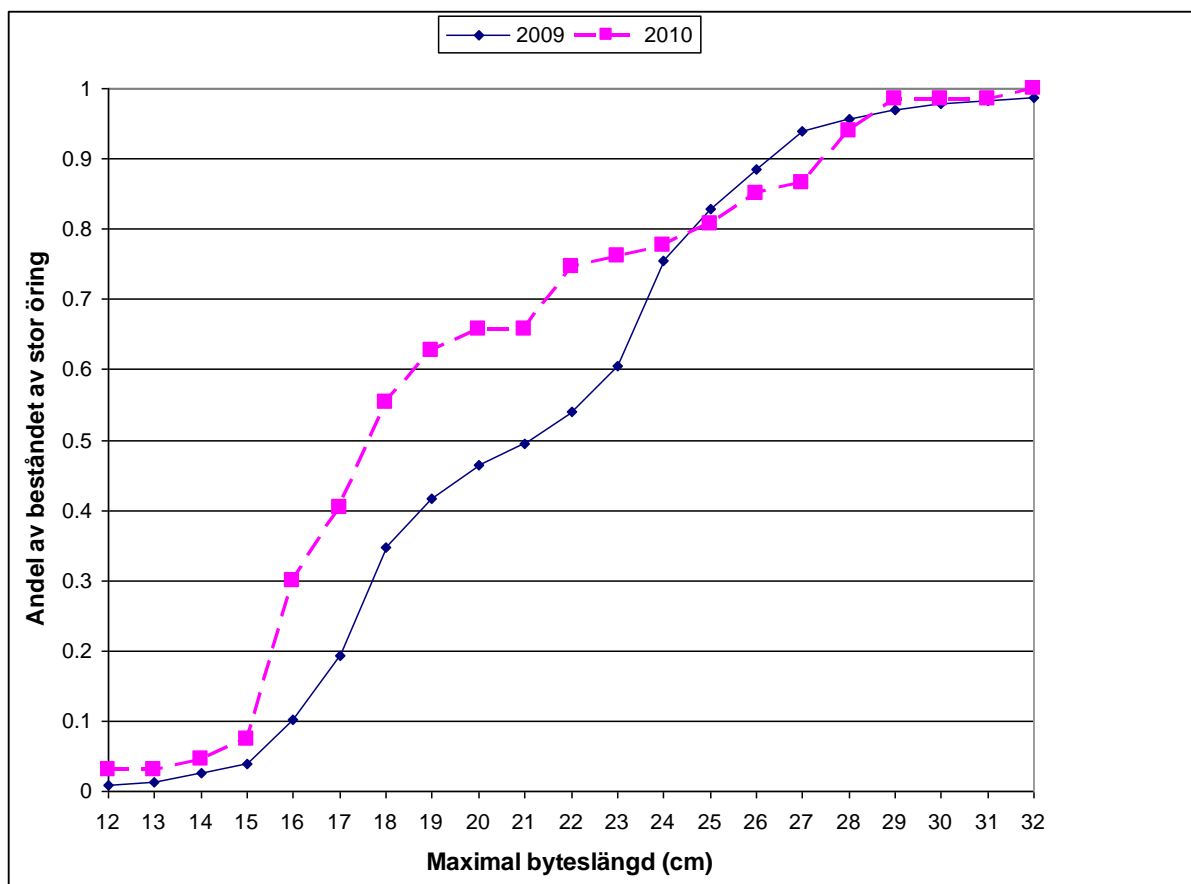
Predation av stor öring –en viktig faktor?

I Dalälven sätts årligen ut i storleksordningen 60000 öringsmolt. De öringar som överlever postsmolt-perioden vandrar tillbaka upp i älven och en stor del av den icke könsmogna fisken tillbringar vintern i älven. Då vattentemperaturen stiger till ca 10-12°C på våren börjar fisken vandra ut ur älven. Sportfiske efter öring som tillbringat vintern i älven är populärt, men i Kungsådran är fiske inte tillåtet. När en smoltfälla sattes upp i nedre delen av Kungsådran så innebar det att den normala utvandringsvägen för fisken var blockerad. Det var bara om fisken

fångades i fällan som den lyftes över barriären och fick möjlighet att lämna älven. Tyvärr är vårt intryck att speciellt stor öring hade god förmåga att undvika att fångas i den typ av fälla som vi använt. Vi har diskuterat med kanadensiska forskare om detta, men de har normalt liten erfarenhet av öring och dess beteende, så de har inte kunnat bidra till att lösa problemen även om de är mycket kunniga i andra avseenden.

Redan 2008 upptäcktes att öringen som blev instängd uppströms smoltfällan hade en tendens att vandra uppströms efter en period. Normalt fångas mycket lite uppvandrande fisk i avelsfisket i Laxöfisket, beläget vid dammen i övre delen av Kungsådran, under maj månad, som ett exempel fångades under åren 2004-07 bara en öring under maj månad. Under 2008 fångades så mycket som 210 öringar i Laxöfisket. Även sedan smoltfällan monterats ned i början av juni fortsatte de höga fångstsiffrorna. Under juni togs därmed totalt 224 öringar i avelsfisket. Under åren 2004-07 har fångsten varierat mellan 6 och 12 öringar i juni. Den höga fångsten 2008 måste uppenbarligen hänga samman med att smoltfällan hindrat nedvandring av fisk som normalt skulle ha lämnat älven under våren. Att så många fiskar vandrade upp och fångades i Laxöfisket var helt oväntat. Denna typ av beteende där fisk från att egentligen försöka vandra nedströms snabbt vänder och börjar vandra uppströms förefaller inte vara belagt i litteraturen (pers. komm. Erik Degerman, Fiskeriverket).

Under alla tre åren sågs ofta stor öring som vakade eller hoppade uppströms smoltfällan och området blev ett tillhåll för tjuvfiskare eftersom fisken var så huggvillig, speciellt under maj. Vi vet inte hur stort beståndet av öring som fanns uppströms fällan, men det var med säkerhet flera hundra fiskar som ansamlades i lugnområdet ovanför fällan. Öring övergår normalt till fiskdiet när de är ca 30 cm långa (Damsgård 1995, Hyvärinen och Huusko 2006). De kan äta fisk som är upp till ca 40% av deras kroppslängd, men det är absolut maximum och även större öringar föredrar byten som är 10-15 cm långa (Hyvärinen och Huusko 2006). Om vi utgår från att längden på den öring av minst 30 cm längd som fångades i smoltfällan under 2009 och 2010 var representativ för beståndet uppströms fällan, kan vi beräkna beståndets maximala bytesstorlek. Varje öring antogs bidra med samma tillskott till begränsningen, oberoende av hur stor den var. Som framgår av Figur 26 kunde nästan all öring som fanns i Kungsådran äta fisk upp till 10-15 cm längd. I Kungsådran fanns endast lite fisk i den storleken, med undantag för den fisk vi satte ut i olika försök. Tvåårig fisk var normalt klart över 15 cm i längd, men en stor del av den ettåriga fisken var kortare än 15 cm. Vi har tyvärr inte genomfört några studier av om vuxen öring verkligen ätit stora mängder smolt. Det innebär med andra ord att vi inte kan få frågan slutligt besvarad. Om vi trots avsaknaden av konkreta bevis antar att det förekom predation i stor skala, så påverkade det resultaten från kortdistansförsöken. Eftersom predationen troligen var mycket storleksselektiv, påverkades återfångsten av fisk av olika storlek i olika utsträckning. Dessutom var det rimligt att anta att örings aptit ökade senare under våren. Det innebar troligen att det blev en kraftigare negativ påverkan på återfångsten av smolt som sattes ut senare på säsongen.



Figur 26. Beräknad maximal bytesstorlek för öring med en längd av minst 30 cm längd som fanns ovanför smoltfällan under vårarna 2009-10. Antaganden anges i texten.

Produktion av laxfisk i Kungsådran

Syftet med smoltfällan var bland annat att undersöka hur stor produktionen av havsöring- och laxsmolt var i Kungsådran. De extremt låga siffror på utvandringen som uppmättes är inte i linje med tidigare kalkyler. I slutet på 1980-talet gjordes beräkningar som tydde på att smoltproduktionen i Kungsådran med den nya vattenregim som fortfarande gäller borde kunna bli flera tusen smolt årligen (källa Bjarne Ragnarsson). Det skulle då utgöra ett värdefullt tillskott till produktionen av odlad fisk i älven som under 2005-2007 i genomsnitt var 222000 laxsmolt och 68000 havsöringsmolt. Havsöringproduktion gynnas i förhållande till lax på lugnflytande strömsträckor (Milner *et al.* 2006). Eftersom Kungsådran är relativt lugnflytande så fanns det skäl att förvänta sig en relativt hög andel öring i området. De uppmätta siffrorna visade tvärtom på att antalet laxsmolt var klart högre än antalet öringsmolt, genomsnittligt under de tre åren fångades bara 114 laxsmolt och 47 öringsmolt i smoltfällan. Detta kunde möjligen härledas till att antalet uppvandrande laxar var mycket högre än antalet öringar och att de därmed dominerade vid leken. Det innebär att antalet öringstirr blev fåtaligare än laxstirr och det fanns också en risk att de blev utkonkurrerade på grund av den stora mängden laxstirr i omgivningen. Detta trots att öringstirr i kontrollerade fältstudier visat sig vara konkurrensstarkare än laxstirr (Milner *et al.* 2006).

På grund av de uppseendeväckande låga siffrorna fanns det goda skäl att undersöka viktiga felkällor. För det första kan produktionen i Kungsådran jämföras med den i det invallade försöksområdet. Den totala vattentäckta arealen i Kungsådran har beräknats till 3.19 ha, varav 2.56 ha uppströms smoltfällan och 0.63 ha nedströms fällan och fram till området där

Kungsådrans nedre del slutar i Dalälvens huvudfåra. Ytan uppströms fällan är av variabel och svårberäknad kvalitet då det gäller produktion av laxfisk. Elfisken som utfördes på lämpliga lokaler vid flera tillfällen under sommaren och hösten visade på extremt låga stirrtätheter, speciellt när det gällde ungar som var äldre än 0+. Det invallade försöksområde med en total vattentäckt areal av 0.69 ha, som är isolerat från övriga delar av Kungsådran, har under åren 1997-2010 i genomsnitt producerat 102 laxsmolt och 193 öringsmolt enligt fångsten i en Wolf-fälla i områdets nedre del. Under 2008-2010 var fångsten lägre, i genomsnitt 62 laxsmolt och 147 öringsmolt. Det innebär att produktionen i det invallade området var ungefär lika stor som den i hela Kungsådre-området i övrigt, trots att Kungsådran är så mycket större än det invallade området. De elfisken som utfördes visade att tätheten speciellt av stirr som var äldre än årsungar var låg. Det antar vi tydde på att den låga produktionen i Kungsådran kan bero på kraftig predation från öring som tillbringar en stor del av året i Kungsådran.

Utvandring av odlad och vild smolt –kortdistansförsök och telemetri

Kortdistansförsöken blev svåra att utvärdera i och med den sent uppkomna teorin om predation av öring. Den statistiska analys som genomförts av resultaten tog inte hänsyn till inverkan av eventuell predation av öring. Framförallt en jämförelse av resultaten med olika storlekar av smolt blev svår att hantera. Däremot visade resultaten klart att det saknades signifikanta skillnader i fråga om andel utvandrande tvåårig öringsmolt som uppfötts på standardfoder eller ett LågE-foder. Inte heller fanns signifikanta skillnader mellan tvåårig laxsmolt uppfödd på standardfoder fram till utsättningen och smolt som svält 1-2 månader före utsättning.

Telemetriförsök har gjorts på havsöring i Sävarån i Västerbotten för att jämföra utvandringshastighet och överlevnad mellan vildfisk, grupper av standardodlade fiskar och fiskar som sedan har låtit svälta de sista månaderna innan utsättning (Lundqvist *et al.* 2006, Serrano *et al.* 2009). Det visade sig att den svältodlade öringen uppträdde mer som en vild fisk genom både snabbare utvandring och med en högre överlevnad än de fiskar som odlats med standardfoder. Så vitt känt har sådana försök inte utförts med laxsmolt och vår försöksdesign i Älvkarleby utgjorde en repetition av havsöringförsöket. Vid försöken i Sävarån utfodrades fisken inte alls under vintern (Serrano *et al.* 2009). I försöken i Älvkarleby var svältperioden endast 1-2 månader och det kan ha varit för kort tid för att ge en avsevärd effekt på utvandringstendensen. I en driftsodling av den typ som finns i Älvkarleby finns risk för problem i och med att om fisk som svälter inte kan hållas i mycket låga tätheter finns det risk för allvarliga bitskador.

Resultaten från kortdistansförsöken och telemetriförsöken stödde till en del varandra, medan de skiljde sig åt i andra väsentliga delar. Att vild fisk i telemetriförsöken skulle visa en tendens (icke signifikant) till högre överlevnad var inte förvånande. I de flesta undersökningar som genomförts har vild fisk genomgående haft högre överlevnad än odlad fisk under olika delar av livscykeln (Romakkaniemi 2008). Däremot fanns en stor diskrepans mellan kortdistansförsöken och telemetrin då det gällde resultaten från ettårig laxsmolt. Under telemetriförsöken var ettårig fisk lika framgångsrik som tvåårig fisk i sin vandring till kusten. I kortdistansvandringen däremot fångades samma storlek av ettårig fisk (<15 cm) endast i mycket låg utsträckning i smoltfällan. Detta var det viktigaste argumentet för att någon felkälla påverkade resultaten i Kungsådran. Ett alternativ skulle vara att avstånden mellan gallren var så stort att mindre fisk skulle slippa mellan spjälorna. Vi tror dock inte att det var fallet. Avståndet mellan spjälorna på ca 12 mm var alltför litet för att fisk i den storleken skulle ta den vägen förbi smoltfällan.

Resultaten från försök med utsättning av fisk vid olika tidpunkter visade delvis att en tidig utsättning var fördelaktig. Tyvärr fanns en risk att även dessa resultat var påverkade av predation. Det föreföll rimligt att predationsrisken blev allt högre ju längre fram på våren utsättningen skedde.

Resultaten från såväl kortdistansförsöken som telemetriförsöken står till förfogande för den som vill utföra grundligare analyser.

Smolttrumma

Smolttrummor har använts i Sverige sedan 2005. De har använts i en rad olika vattendrag och i de flesta mindre och medelstora vattendrag där de använts har erfarenheterna varit goda. I de fall där det funnits behov av att öka fällans fångsteffektivitet har man dock varit tvungen att satsa avsevärda resurser. Utvärderingen som gjordes i Kungsådran visade betydelsen av en hög strömhastighet för att fånga främst mycket laxsmolt. Däremot var det tveksamt vilken roll ledarmarna spelade. Den ställning som användes för att hålla gallren fick sitta på fällan hela tiden, eftersom det var helt opraktiskt att inför varje försöksdag ändra (montera på eller av) dem. Vår bedömning var att ställningen var så gles att fisken lätt borde ha kunna passerat genom den och den borde därför inte ha påverkat smoltfångsten. För öringfångsten kan gallren ha varit av betydelse. Öringfångsten brukar ofta vara alltför låg för att beståndet ska kunna uppskattas med god precision. En ökning av fångsten ökar säkerheten i beståndsuppskattningen och därför rekommenderar vi att man i framtiden använder ledarmar med galler. Det fanns inga speciella praktiska problem med ledarmarna, utom att de vid hög strömhastighet (högre än den som förekom i försöken i Kungsådran) kan börja vibrera. Av allt att döma finns en viss strömhastighet då det blir en egenresonans i ledarmarna. Vi hittade ingen enkel metod att eliminera vibrationen. Det kan finnas en risk att fisk dels undviker vibrerande utrustning, men också att vibrerande delar så småningom går sönder.

Erkännanden

Ett tack till Vattenfall AB med Per-Olof Ferm, Nils Martinsson med flera för positivt bemötande och tillstånd att sätta upp fiskfällor i Kungsådran. Tack till Bengt Hemström och Mats Henriksson, Vattenfall AB, för hjälp med hållfasthetsberäkningar och teknikanpassning. Firman Fältassistans med Dagmar Jonsson och Magnus Lindgren för hjälp med smolttrumman. Även tack till Älvkarleby Turisthotell med Hans Hansson för positiv inställning till projektet. Personal vid Fiskeriverkets Försöksstation och Sötvattenslaboratoriet har med stor energi och entusiasm deltagit i undersökningarna. Slutligen ett varmt tack till Dave Reddin, Department of Fisheries and Oceans, Newfoundland, Kanada, för hans bidrag till att projektet blev en framgång. Projektet har finansierats av Gävle kommun (2008), statliga fiskevårdsmedel samt Fiskeriverkets Försöksstation.

Referenser

- Damsgård, B. (1995). Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), as prey for piscivorous fish – a model to predict prey vulnerabilities and prey size refuges. *Nordic Journal of Freshwater Research* 71, 190–196.
- Eriksson, L.-O., Rivinoja, P., Östergren, J. och Serrano, I. 2008. Smoltkvalité och överlevnad hos kompensationsodlad lax och öring. SLU – institutionen för vilt, fisk och miljö. Rapport 60.
- Hyvärinen, P. och Huusko, A. 2006. Diet of brown trout in relation to variation in abundance and size of pelagic fish prey. *Journal of Fish Biology* 68, 87-98.
- ICES 2008. Report of the Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST).

ICES CM 2008/ACOM:05.

Karlsson, L., Moberg, B., Öholm, J., Ragnarsson, B., Rivinoja, P., Serrano, I., Larsson, S. 2006. Studier av lax- och öringsmoltvandring i Testeboån våren 2006. Rapport daterad 2006-11-09.

Lundqvist, H., Leonardsson, K., Karlsson, L., Larsson, S., Östergren, J., Nilsson, J., Serrano, I. och Carlsson, U. 2006. Lax- och öringsmoltvandring i Sävarån 2005 och 2006 för bedömning av Sävarån som indexvattendrag för svenska skogsälvar. Rapport Vattenbruksinstitutionen, SLU, 901 83 Umeå.

Lundqvist, H., Leonardsson, K., Carlsson, U., Larsson, S., Nilsson, J., Östergren, J., Karlsson, L., Rivinoja, P., Serrano, I., Palm, D. och Ferguson, J. 2010. Monitoring Juvenile Atlantic Salmon and Sea Trout in the River Sävarån, Northern Sweden. Kapitel 20 i C. Hurford, M. Schneider & I. Cowx (eds.), Conservation Monitoring in Freshwater Habitats, Springer. Tryckt i Holland.

Milner, N.J., Karlsson, L., Degerman, E., Johlander, A., MacLean, J. och Hansen, L.-P. 2006. Sea Trout (*Salmo trutta* L.) in European Salmon (*Salmo salar* L.) Rivers. In: Sea Trout: Biology, Conservation & Management. pp. 139-156. . Blackwell Publishing Ltd, Oxford.

Ragnarsson, B., Dahlén, N., Karlsson, L., Dannewitz, J., Petersson, E., Serrano, I., Larsson, S., Rivinoja, P., Lagenfeldt, I och Moberg, B. 2009. Utvandring och initial havsvandring av odlad och vild laxsmolt från Dalälven och Testeboån våren 2008. Rapport 2009-03-06.

Rivinoja, P., Larsson, S., Serrano, I., Moberg, B., Karlsson, L. och Ragnarsson, B. 2007. Utvandring och initial havsvandring hos odlad laxsmolt i Testeboån 2007. Rapport.

Romakkaniemi, A. 2008. Conservation of Atlantic salmon by supplementary stocking of juvenile fish. Doktorsavhandling. Universitet i Helsingfors, Finland. <http://ethesis.helsinki.fi>.

Serrano, I., Larsson, S. och Eriksson, L.-O. 2009. Migration performance of wild and hatchery sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts - implications for compensatory hatchery programs. Fisheries Research 99: 210-215.