



Uppströmsvandring i den restaurerade gamla älvfåran samt funktionskontroll av ny fisktrappa i Norrfors (Umeälven) under laxens vandringsäsong 2012-2013

Kjell Leonardsson, Robert Karlsson, Jan Nilsson och
Hans Lundqvist



Sveriges Lantbruksuniversitet
Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö

Rapport 7

Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies

Umeå 2013

Denna serie rapporter utges av Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö vid Sveriges lantbruksuniversitet, Umeå med början 2011. Serien publiceras endast elektroniskt på institutionens hemsida www.slu.se/viltfiskmiljo .

This series of Reports is published by the Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, starting in 2011. The reports are only published electronically at the department home page www.slu.se/viltfiskmiljo .

E-post till ansvarig författare
E-mail to responsible author Kjell.Leonardsson@slu.se

Nyckelord
Key words Baggböle, diffusor, flödesregim, genetik, kammartrappa, nedströmsvandring, PIT, smolt, sammanflöde, stamsammansättning, telemetri, Vindelälven, öring

Ansvarig utgivare
Legally responsible Hans Lundqvist

Institutionen för Vilt, Fisk och Miljö
Sveriges lantbruksuniversitet
901 83 Umeå

Adress
Address Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies
Swedish University of Agricultural Sciences
SE-901 83 Umeå
Sweden

Förord

Denna rapport omfattar undersökningar och resultat från ett projekt som initierats utifrån ett samarbete mellan flera grupperingar och finansierats av EU, Vindelälvens Fiskeråd, Vattenfall Vattenkraft AB, samt Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapporten fyller två funktioner, dels som en utvärdering av de restaureringsåtgärder som utförts de senaste åren i den gamla älvfåran i Umeälvens nedre del inom ramen för ett samarbete mellan Vattenfall, Vindelälvens Fiskeråd, Umeå Kommun, Länsstyrelserna i Norrbottens respektive Västerbottens län och SLU (se avsnitt 1-3.3.5, 4 samt Bilaga 1-3, 5, 8), dels som utvärdering av den nya fisktrappans funktion i Norrfors (Umeälven) (se avsnitt 1-3.2, 3.3.4, 3.3.6, 4 samt Bilaga 1-4, 6, 7). Vattenfalls nya fisktrappa i Norrfors (Umeälven) färdigställdes inför fiskvandringssäsongen 2010 vid Stornorrfors regleringsdamm. I samband med byggnationen av den nya fisktrappan beslutade Miljödomstolen om en prøvotid för att undersöka den nya fisktrappans funktion. Ett förslag till kontrollprogram under två år, med start 2012, togs därefter fram i samarbete mellan Vattenfall AB, Länsstyrelsen i Norrbottens län, Länsstyrelsen i Västerbottens län och SLU. SLU fick sedan i uppdrag att utföra funktionskontrollen under två år, 2012 och 2013.



VATTENFALL



EUROPEISKA UNIONEN

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Bakgrund & frågeställningar	4
2 Material och metoder	5
2.1 Märkning av fisk.....	5
2.2 Genetikanalyser	8
2.3 Telemetry.....	8
2.4 Passiva sändare och mottagare	10
2.5 Manuell räkning av fisk i diffusorn.....	10
2.6 Omvärldsdata.....	14
2.7 Analys av data	15
2.7.1 Kvalitetsaspekter.....	15
2.7.2 Analys av data	18
3 Resultat och diskussion.....	19
3.1 Stamsammansättning	19
3.2 Återfångster	19
3.3 Vandringsframgång i Umeälvens nedre del och i fisktrappan	20
3.3.1 Sammanfattning.....	20
3.3.2 Sammanflödesområdet.....	25
3.3.3 Baggböleområdet.....	27
3.3.4 Kungsmo.....	30
3.3.5 Övre området, Laxhoppet, diffusorn samt fisktrappan	30
3.3.6 Diffusorn och kammarrappan.....	34
4 Förslag till åtgärder	43
5 Erkännande	43
6 Referenser.....	44
7 Bilagor	45

Sammanfattning

Rapporten sammanfattar 2012 och 2013 års funktionskontroll av fisktrappan samt uppföljning av restaureringsåtgärder i Umeälvens nedre del. Lax fångades, märktes och släpptes nedströms utskovet vid dammen i Norrfors 2012 och i älvens mynningsområde vid Långhalsudden (Obbola) 2013. Under 2012 märktes 104 vilda laxar med aktiva radio- och passiva PIT-märken, samt 278 laxar som enbart märktes med PIT-märken. Under 2013 märktes 148 vilda laxar med både aktiva radio- och passiva PIT-märken, samt 216 vilda och 33 odlade laxar som enbart märktes med PIT-märken. Återvändande vuxenlax som tidigare PIT-märktes som smolt i Spöland eller i fiskodlingen inkluderades också i analyserna. Ett fenprov för DNA-analys togs från alla radiomärkta fiskar innan frisläppning för bestämning av laxens stamtillhörighet. 2012 hade ca 85 % av den märkta laxen Ume/Vindelälvsursprung, medan resterande lax hade en genetisk uppsättning som påminde om Luleälvslox trots intakt fettfena. 2013 befanns alla märkta laxar vara av Ume/Vindelälvsursprung. Radiomärkt fisk registrerades när de kom i närheten av fasta automatiska undervattens- eller luftantennor som placerats i samman-flödet, i den gamla älvfåran som restaurerats med vilpooler samt vid fisktrappan och upp-ströms i Vindelälven. PIT-märkt fisk detekterades när de passerade antenner som monterats i fisktrappans mellanväggar samt när de kom i närheten av den plattdetektor som installerades i Baggböleforsens nedre poolvägg 2013. All fisk som passerade fisktrappans övre del räknades via en sk VAKI utrustning.

Uppföljning av åtgärder i Umeälvens nedre del - Under 2013 passerade 88 % av de radiomärkta laxarna sammanflödesområdet upp till Baggböle och 79 % simmade vidare uppströms från Baggböle ([Tabell 2](#)). Detta är en betydligt högre andel än i tidigare studier då ca 40 % av de märkta fiskarna passerade vidare uppströms. Nästan alla radiomärkta laxar som passerade Baggböle tog sig vidare till Laxhoppet och trots en passageförlust på drygt 30 % uppströms Laxhoppet var andelen märkta laxar som passerade fisktrappan (52 %) dubbelt så hög jämfört med tidigare år. På grund av svaga eller uteblivna signaler på loggrarna vid Spöland och vid intagskanalen mot Stornorrfors kraftverk gick det inte att fastställa vilken väg laxarna simmade efter att de lämnat fisktrappan.

Inga vandringsförbättrande åtgärder har vidtagits i sammanflödesområdet och tiden från märkning till ankomst till Baggböle var ca 8 dygn (median) och merparten av laxarna kom dit i anslutning till 50 m³/s spill. Vandringstiden från Obbola till området vid fisktrappan var ca 30 dagar (median), vilket är ca 10-14 dagar kortare än i tidigare studier ([Tabell 3](#), [Figur 11](#)). Denna skillnad förklaras nästan uteslutande av den kortare tiden för passage av Baggböleforsen. Trots detta ägnade hälften av laxarna en vecka eller mer i Baggböleområdet, vilket tillsammans med tiden från älvmyningen till Baggböle resulterade i en vandringstid på drygt 14 dygn (median). Från Baggböle till Kungsmo tog det drygt 2 dygn och till Laxhoppet drygt 3 dygn. De korta vandringstiderna på denna sträcka visar att det inte längre finns några vandringsproblem sedan laxen lämnat Baggböleforsen upp till Laxhoppet. Vandringstiden från Laxhoppet till passage av fisktrappan tog mindre än 5.4 dygn, men för 25 % av fisken tog det mer än ca 19 dygn ([Figur 12](#)). Någon entydig orsak till den stora passageförlusten (drygt 30 %) och fördröjning i detta övre område har inte kunnat identifieras i analyserna men resultaten pekar på två tänkbara bidragande orsaker; 1) ej optimal anlockning från diffusorn till kammarrappan och 2) problem med fisk som simmar upp mot utskovet på 50 m³/s spillen. Förslag till åtgärder presenteras i avsnitt 4.

Funktionskontroll av fisktrappan

Diffusorn – Vandrings tiden från Laxhoppet till första registrering på undervattensantennen i diffusorn var ca 1.1 dygn (median) och ca 90 % av laxarna som anlände till diffusorn kom dit inom en vecka efter att de ankom Laxhoppet. 76-84 % av de laxar som registrerades på undervattensantennen inne i diffusorn registrerades senare även i fisktrappan, dvs 16-24 % vandrade inte upp i kammarrappan ([Tabell 7](#)). Uppehållstiden efter ankomst till diffusorn och till dess att laxarna registrerades i fisktrappan var ca 4.1 dygn (median). Den manuella räkningen av fisk i diffusorn som genomfördes vid ett flertal tillfällen gav inget tydligt svar på om simmandet in och ut ur hade någon täthetsberoende koppling. Däremot fanns en antydning i en av analyserna att de laxar som inte passerade fisktrappan hade kommit till diffusorn när det varit mer fisk än vanligt i diffusorn. Detta skulle kunna innebära att anlockningen upp i kammarrappan försvåras för nyanländ fisk när det är kraftig ”köbildning” i diffusorn. Bättre anlockning upp i kammarrappan skulle minska ”köbildningen” och korta ned uppvandringstiden, se även avsnitt 4 för åtgärdsförslag.

Kammarrappan – Laxarna passerade huvudsakligen (ca 80 % av fallen) via överfallet mellan kammarrappans sektioner. Mediantiden för vuxen lax att vandra uppströms i kammarrappan från antenn 1 till antenn 6 denna säsong var 3.7 timmar vilket var ungefär densamma som förra säsongen (3.6 timmar). Även en del av smolten som sattes ut nedströms fisktrappan 2013 års vandrade upp i trappan och passerade. Uppvandringstiden för dessa individer var 11.3 dygn, medan tiden från antenn 1 till antenn 6 var betydligt kortare med en mediantid på 3.1 dygn. Den snabbaste passagen som observerades för uppströmsvandrande smolt var 4.6 timmar, vilket visar att även liten fisk relativt enkelt kan passera trappan uppströms. Ingen PIT- märkt kelt vandrade nedströms i fisktrappan under 2013, men flera av de lekvandrande laxarna som simmat upp i fisktrappan vände ned igen, för att senare återvända upp eller lämna fisktrappan för att inte återkomma. Det tog 2.2 timmar (median) för de vuxna laxarna att ta sig nedströms från antenn 6 till antenn 1. Kelt kan med andra ord passera trappan nedströms utan större problem. Vi kan inte uttala oss om de skadas eller inte vid denna nedströmsvandring. Passertiden för nedströmsvandrande smolt i fisktrappan från antenn 6 till antenn 1 var 3.7 timmar (median).

Ca 30-40 % av de uppströmsvandrande laxarna vände nedströms i kammarrappan vid ett eller flera tillfällen och en del av dessa lämnade slutligen trappan nedströms. Andelen som lämnade trappan nedströms av de som registrerades i kammarrappan var ca 4-12 %. Den lägre siffran gäller om man antar att sista registrering på antennpar 5 ledde till passage snarare än att individerna vände nedströms utan att registreras på något av de fyra antennparen. Fördröjningen strax nedströms VAKI-systemet (fiskräknare) i övre delen av kammarrappan, mellan antennpar 6 och 7, var betydligt kortare under 2013 jämfört med 2012. Tiden från första registrering på antennpar 6 till första registreringen på antennpar 7 var 3.4 timmar under 2013 mot 12.3 timmar under 2012. Förklaringen till skillnaden i tid mellan åren är att VAKI-systemet flyttats samt att gallret som styr in fisken mot VAKI:n har bytts ut. Tiden från att laxarna lämnade VAKI-systemet till att de lämnade fisktrappan uppströms var ca 40-60 minuter. De flesta resultaten från kammarrappan visar att kammarrappan fungerar bra. Det enda osäkerhetsmomentet är huruvida fiskarna kan skadas i samband med nedströmspassage genom de undre öppningarna på grund av den höga strömhastigheten genom dessa håll.

1 Bakgrund & frågeställningar

Vattenfalls nya fisktrappa i Norrfors (Umeälven) färdigställdes inför fiskvandringssäsongen 2010 vid Stornorrfors regleringsdamm. Lax och havsöring kan därigenom nå sina lekområden i den oreglerade Vindelälven. Miljödomstolens beslut om en provotid för att undersöka den nya fisktrappans funktion medförde att SLU 2012 i samarbete med Vattenfall AB och Länsstyrelsen i Norrbotten (Luleå) och Västerbotten (Umeå) lämnade ett förslag till kontrollprogram under två år, med start 2012. Den andra vandringssäsongen (2013) för lax och havsöring i Umeälvens nedre del är nu avslutad i och med fisktrappans stängning den 1 oktober 2013 och denna rapport beskriver de undersökningar som genomfördes i syfte att utvärdera fisktrappan och de resultat som framkom. I och med att funktionskontrollen 2013 skulle baseras på uppföljning av laxar som radio- och PIT-märktes i Umeälvens mynning beslutades att även göra en uppföljning av tidigare års telemetristudier (Rivinoja *et al.* 2001, Rivinoja 2005, Lundqvist *et al.* 2008, Rivinoja *et al.* 2009) för att utvärdera effekten på uppströmsvandring av de vandringsförbättrande åtgärder som nu färdigställts i den gamla älvfåran i Umeälvens nedre del. De områden som åtgärdats de senaste åren är:

- a) Baggböleområdet i form av en djup pool för att minska risken för "fall-backs i samband med spillflödesminskningar under vandringssäsongen
- b) Kungsmofallen i form av en vandringsväg med vallar, med öppningar för fiskpassage, som dämmer över de svåraste passagerna
- c) Laxhoppet där gjutningar gjorts för att underlätta passage på olika spillflöden.

Funktionskontrollen fokuserar 2012-2013 på följande frågeställningar:

1. *Hur anlockas uppvandrande fisk från sammanflödet in i den nya fiskvägen (gamla älvfåran)?*
2. *Hur har fiskens benägenhet att passera genom den restaurerade fiskvägen varit för olika märkta grupper av fisk- fungerar vilpoolerna på det sätt som varit avsett?*
3. *Vilken är den märkta fiskens tid för passage genom gamla älvfåran samt fisktrappan?*
4. *Hur lång tid tar det för radiomärkt lax, från att de lämnat fisktrappan övre del, tills de anländer till Vindelälvens nedre del (Spöland) strax uppströms Vindelälvens inflöde i Umeälven?*
5. *Hur ankommer, vandrar och passerar märkt lax i fisktrappan?*

Detta upplägg för märkning genomförs för att uppvandringsdata från märkt fisk ska kunna relateras till lockvattenflöde samt tid på dygnet och säsong, för olika storlekar av lax. Problematiken kring hur märkt fisk hittar fisktrappans ingång samt rörelser och uppehållstid i diffusorn (trappans nedersta del) har belysts separat via manuell räkning av fisk i området samt med både luft- och undervattensantennerna för registrering av radiomärkt fisk. Finalt analyserar vi antal passerande märkt fisk (av totalt antal märkt fisk) i hela trappan som fångats och frisläppts i Umeälvens mynningsområde. Undersökningen 2012 bedömde att det inte förekom sk. "Fall-backs" i systemet, dvs att fisk som lämnat fisktrappan i den nya strömmiljön inte faller tillbaka mot turbinintaget till Stornorrfors kraftverk. Under 2013 registrerades fem märkta individers närvaro på loggern vid intagskanalen mot kraftstationen. Däremot går det inte med säkerhet att veta om de gick ned via turbinerna eller om de vände uppströms igen. Ambitionen med analyserna av resultaten från fisktrappan var att använda resultaten både från 2012 och 2013. Detta har gjorts i viss

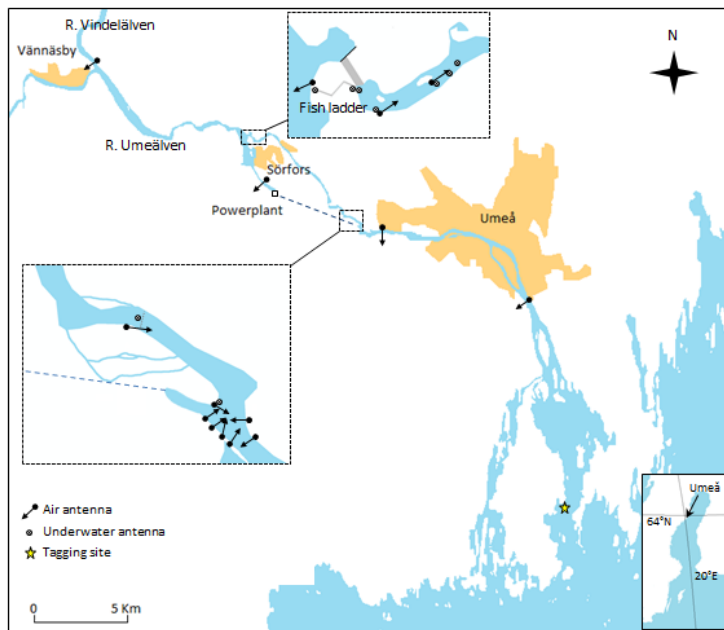
utsträckning, men resultaten från 2012 antyder vid jämförelse med resultaten från 2013 att hanteringen av laxarna på utskovet 2012 innebar en avsevärd störning på vandringsbeteendet. Detta visade sig främst i den långa tiden från märkning till första registrering i fisktrappan under 2012. Av den anledningen bedömer vi att årets resultat är mer tillförlitliga och baserar merparten av analyserna enbart på årets data, dock jämför vi årets resultat med föregående års resultat.

2 Material och metoder

2.1 Märkning av fisk

Fortsättningen av funktionskontrollen av den restaurerade fiskvägen i Stornorrfors som påbörjades 2012 fortsatte under 2013 med märkning av lax i Umeälvens mynning (Långhalsudden), Obbola ([Figur 1](#)). För hjälp med fångst, märkning och återutsättning av lax anlätades en yrkesfiskare med kombifälla som medgav skonsamt selektivt fångst och uttag av fisk från fällan (SWEREF99: 7073638, 763156). Fångad fisk lyftes in i båten individuellt där de placerades i en vattenfylld märkvagga och inspekterades, registrerades (art, kön, längd, vild/odlad och fysisk kondition) och eventuellt märktes av utbildad personal från SLU. All lax skannades efter tidigare insatta PIT-tags innan ytterligare registrering av data eller märkning genomfördes. Endast fisk i god kondition märktes. Totalt märktes 367 vilda laxar vid 17 tillfällen under perioden juni-juli ([Figur 1](#), [Tabell 1](#)). Sju PIT-märkta individer utgår ur analyserna av PIT-data eftersom PIT-märkena inte kunde läsas på dessa individer på grund av tekniska problem med läsaren. Vid 14 tillfällen (juni-juli) märktes 148 laxar (90 honor och 58 hanar, medelstorlek 91 cm (60-116 cm)) med aktiva radiomärken. Alla radiomärkta fiskar märktes också med passiva radiomärken (PIT) plus att ytterligare 219 vilda laxar märktes enbart med PIT-tags. Därutöver märktes 33 odlade med små märken, samt en individ med okänt ursprung. Märkning med gastriska radiomärken (F1835) genomfördes enligt beprövad metodik (Rivinoja *et al.* 2005).

Två typer av PIT-tags användes, små=12 mm (modell FDX 12 mm, n=319) respektive stora=22 mm (modell FDX 22 mm, n=74), för att kunna kontrollera detektionskapacitet hos en automatisk PIT-läsare som monterats i Baggböle samt i fisktrappan ([Figur 1](#)). De stora märkena injicerades precis bakom ryggfenan med skalpell medan de små injicerades med hjälp av PIT-pistol (MK-25 Rapid Implant Gun) enligt återförsäljarens instruktion. Fen- och fjällprov togs från 310 laxar (147 radiomärkta + 162 PIT-märkta fiskar) för DNA-analys och bestämning av laxens stamtillhörighet. Genetikanalyserna visade att individerna med 98 % sannolikhet tillhörde till Ume-Vindelälvspopulationen, dvs det fanns inga säkra belegg för individer med annat ursprung än från Vindelälven. Hanteringstiden per fisk uppgick till ca 2 minuter innan återutsättningen som skedde på fiskfällans utsida för att minimera risken för återfångst.



Figur 1. Karta över studieområdet 2013 och dess geografiska läge (lilla boxen i högra hörnet). Den gula stjärnan visar märkplatsen, pilarna visar placering och riktning av de 15 luftantennerna och de röda punkterna visar undervattenantennernas positioner.

Märkningen 2012 gjordes vid sex olika tillfällen (juli- aug). Personal från Norrfors fiskodling, Stornorrfors kraftverk och SLU samverkade för att fånga fisk för märkning utanför fisktrappans nedre del. Fångst av fisk för märkning anpassades så att märkning och frisläppning skulle ske vid tider då lockvattenmängden till fisktrappan var 23 eller 50 m³/s. För att fånga fisken som skulle märkas användes ett spill på c. 50 m³/s från B-luckan för att locka fisk till B-utskovets nedre del där fångst, registrering och märkning samt återutsättning skett. Såväl pulsade radiomärken och PIT-tags användes vid märkningen i samband med att vattenföringen i spillluckan stängdes från ca 30 m³/s till noll. Fisk håvades, sumpades och märktes (telemetri + PIT) innan återutsättning. Märkningen skedde vid sex olika tillfällen ([Tabell 1b](#)), från juli till slutet av augusti enligt etablerade metoder (Rivinoja et al. 2005). PIT-märkt fisk fick sitt unika märke omgående efter håvning innan frisläppning. Totalt märktes med aktiva radiomärken (www.atstrack.com), 104 laxar (65 honor och 39 hanar, medelstorlek 89.6 ± 9.98 cm) och 3 öringar (honor) vid spillluckan närmast laxtrappan. Alla 104 laxarna märktes med en inre märkestyp (F1820) medan havsöringarna märktes med en yttre märkestyp (F2120). Alla fiskar märkta med aktiva radiomärken plus ytterligare 278 lax märktes också med sk. passiva radiomärken (PIT-tags (FDX 12 mm)). Denna dubbelmärkning har möjliggjort en noggrann identifiering av unika individer och dessa individers passage till, genom och från fisktrappan, under givna driftförhållanden. Telemetrimärkenas sändningsfrekvens var 151 MHz (10 kHz bredd med 30 och 80 ppm puls) medan PIT-märkenas frekvens var 134 kHz. Innan frisläppning och efter märkning könsbestämdes och mättes fiskarnas längd ([Tabell 1b](#)), samtidigt som ett fenprov togs för DNA-analys av alla radiomärkta individer för senare bestämning av laxens stamtillhörighet. Efter märkning släpptes fiskarna direkt nedanför spillluckan, med undantag av 7 radiomärkta (aktiva märken) individer som frisläpptes ca 1.1 km nedströms (Lillnotan).

Tabell 1. Datum och antal Radio- och PIT-märkta uppströmsvandrande leklax till Vindelälven som fångats och märkts samt frisläppts vid fiskfällan utanför Långhalsudden 2013 och senare registrerats vid en eller flera telemetri/PIT antenner under vandrings säsongen i Norrfors. Alla radiomärkta fiskar blev också märkta med ett PIT-märke. Två storlekar på PIT-märkena användes (12 mm och 22 mm). Storleksgränserna visar min-max värden för respektive märkgrupp.

Märkdatum	12-jun	17-jun	19-jun	24-jun	26-jun	28-jun	01-jul	03-jul	05-jul	08-jul	10-jul	12-jul	15-jul	17-jul	19-jul	24-jul	26-jul	Tot.	
Radio	Antal	7	16	17	15	8	12	13	12	14	12	12	4	4	3	0	0	0	148
	Hona:Hane	6:1	11:5	14:3	10:5	5:3	9:3	11:2	7:5	8:6	3:9	2:10	2:2	1:3	1:2	-	-	-	90:59
	Medellängd (cm)	97	98	96	97	92	94	92	84	87	88	79	85	82	78	-	-	-	91
	Längdinterv. (cm)	74-114	82-108	82-116	79-114	77-102	79-105	82-105	69-101	73-112	74-112	60-110	80-94	71-94	68-87	-	-	-	60-116
	PIT-stl 12:23	7:0	9:0*	1:16	7:8	4:4	6:6	6:7	6:6	7:7	6:6	6:6	2:2	3:1	1:2	-	-	-	69:72
PIT	Antal	0	0	3	15	14	16	16	17	15	7	23	11	28	44	8	27	8	252
	Hona:Hane	-	-	2:1	12:3	9:5	7:9	11:5	6:11	8:7	1:6	7:16	5:6	13:15	8:35*	4:4	1:26	1:7	95:156
	Medellängd (cm)	-	-	105	94	96	90	86	88	81	73	72	74	74	64	70	56	66	76
	Längdinterv. (cm)	-	-	100-111	75-101	77-109	78-117	72-101	72-102	49-98	54-84	40-106	49-105	50:104	47-100	54-97	47-110	49-114	40-117
	PIT-stl 12:23	-	-	2:1	15:0	14:0	16:0	16:0	17:0	15:0	7:0	23:0	11:0	27:1	44:0	8:0	27:0	8:0	250:2
	Vild:Odlad	-	-	3:0	15:0	14:0	16:0	16:0	17:0	15:0	7:0	12:11	9:2	20:8	37:6*	4:4	25:2	8:0	216:33
Tot. märkta	7	16	20	30	22	28	29	29	29	19	35	15	32	47	8	27	8	400	

*Uppgift saknas för en individ.

2.2 Genetikanalyser

Analysen avser årets (2013) uppvandningsförsök på lax fångade, telemetrimärkta och frisläppta från Umeälvens mynningsområde på sin vandring till laxtrappan i Norrfors. I samband med att laxarna förseddes med radiosändare togs vävnadsprov för DNA analys. Avsikten med DNA analyserna har varit att undersöka om de laxar som har varit föremål för studien tillhör Ume/Vindelälvens laxstam eller om det funnits ett inslag av älvsfrämmande lax. DNA extraherades från vävnadsprov av 144 radiomärkta laxar. För samtliga individer analyserades variation i 8 DNA mikrosatellitmarkörer med PCR och en Beckman Coulter sekvenseringsutrustning. Denna variation tillsammans med variationen i samma markörer för ett känt material bestående av 11 olika laxstammar (Torneälv, Kalixälv, Luleälv, Byske älv, Skellefte älv, Sävarå, Vindelälv, Lögdeälv, Ångermanälv, Indalsälv, Ljusnan) användes i en stamsammansättningsanalys baserad på MSABayes. Analysen ger dels stamproportioner men beräknar även individuella sannolikheter för stamtillhörighet.

Provtagning och genetikanalyserna av de 106 laxarna som radiomärktes 2012 utfördes på samma sätt på som under 2013.

2.3 Telemetri

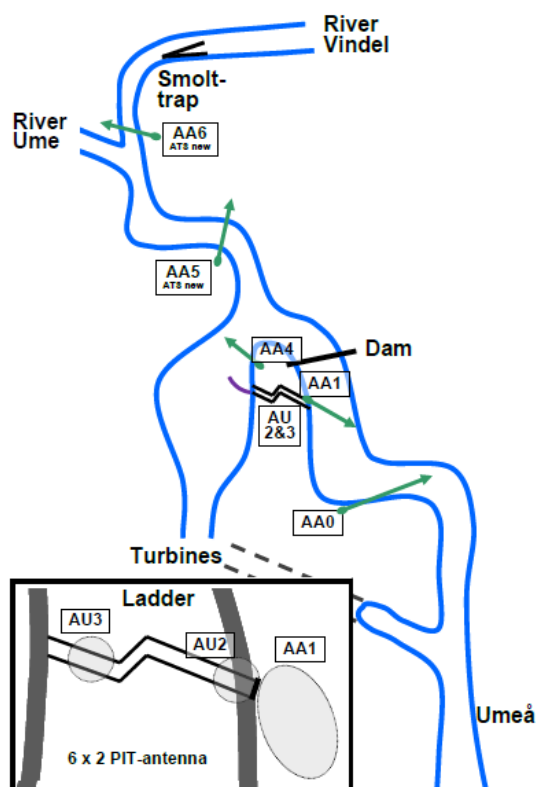
De radiomärkta fiskarnas vandring studerades främst med hjälp av registreringar på de fasta automatiska telemetriloggrarna (NOAA-loggrar, samt ATS-4100). Loggrarna var strategiskt placerade i älven från mynningen och uppströms med start i Gimonäs småbåtshamn i Umeälven upp till Slöjdarnas hus (Vindelälven) utanför Vännäsby ([Bilaga 1](#)). Varje logger var försedd med 1-2 stycken luft- eller undervattensantennerna för att optimera läsningen av märkta individer. Totalt placerades 15 luftantennerna och 9 undervattensantennerna ut längs älvssträckan. Huvuddelen av antennerna installerades vid de primära problemområdena i sammanflödet, torrfåran, samt vid fisktrappans närområde ([Figur 1](#)). Luftantennerna, som har en större detektionsräckvidd, jämfört med undervattensantennerna, har använts för att ge en övergripande bild av var fisken befinner sig. Undantaget var dock sammanflödet där sju luftantennerna användes på en liten yta för att triangulera fiskens position i ett försök att bestämma vilken väg fiskarna väljer genom området. Sex av dessa antenner hör dock till ett forskningsprojekt vilket innebär att detaljerade resultat från dessa antenner inte analyserats i denna rapport. Däremot har registreringarna från samtliga antenner använts för att avgöra när fisken befann sig i sammanflödesområdet. Undervattensantennerna användes vid sammanflödet (udden), Baggbölepoolen, Kungsmofallen, Laxhoppet, och i fisktrappan för att erhålla och högupplösta data av fiskens närvaro och simbeteende vid dessa platser. Loggerpositionerna Gimonäs båthamn, EFS-gården i Umeå och Slöjdarnas hus bedömdes som minst viktiga i 2013 års funktionskontroll av vandringsleden och användes endast då det fanns tillgång till lediga loggar. Dessa data ger ett bra referensmaterial vid jämförelse med studier gjorda tidigare år. Driftkontroll och tömning av de aktiva loggrarna gjordes 1-3 gånger i veckan.

Resultaten från de fasta telemetriloggrarna kompletterades med fyra stycken båtpejlingar längs sträckan från kraftverkets utloppstunnel ner till brackvattenmiljön nära havet den 25/7, 4/9, 25/9 och 4/10. Dubbla loggar och antenner användes för att maximera detekteringen av märkt fisk vid dessa pejlingar. Syftet med båtpejlingarna var, förutom positionsbestämning av märkt fisk på väg till eller från gamla älvfåran, att avgöra om

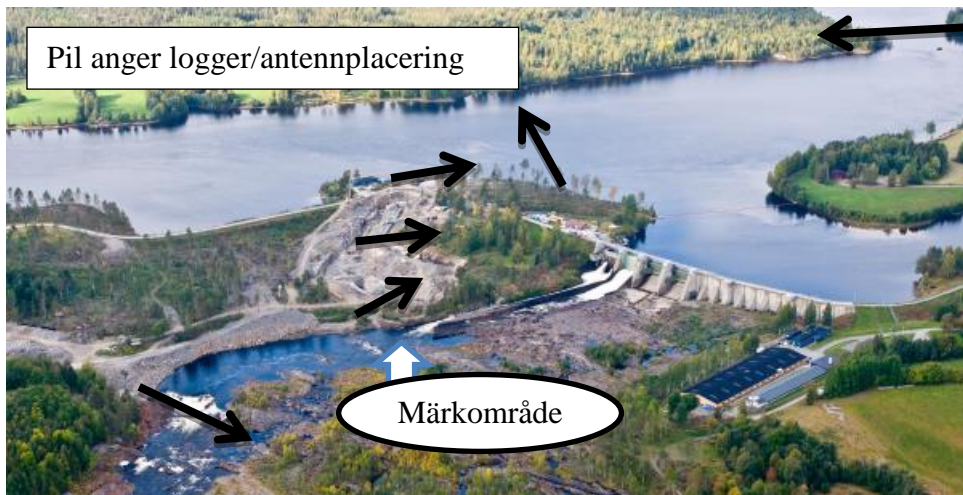
signalerna härrörde från levande fisk med sändare, sändartapp eller död märkt fisk. Under sista veckan i september och efter fisktrappans stängning genomfördes även manuella pejlingar till fots längs torrån för att utreda förekomst av sändartapp och/eller död märkt fisk, samt undersöka om fisk stängts inne i de vattenansamlingar som bildas längs sträckan efter att fisktrappans lock- och spillvatten stängs av.

Täckningsområdet för antennerna vid diffusorn undersöktes med ett sk rangetest för att avgöra om antennerna registrerade signaler från sändare inom just de områden som var tänkt. Upplägget av rangetestet och resultaten redovisas i [Bilaga 3](#).

Vid undersökningen som genomfördes 2012 studerades de radiomärkta fiskarnas vandringar genom manuell pejling och detekterades med fasta automatiska loggrar (LOTEK_SRX 400 samt ATS-4100) som placeras enligt [Figur 2](#). De automatiska loggrarna var försedda med totalt 6 luft- och 2 undervattenantennerna. Dessa antenner placerades från Vindelälvens mynning i Umeälven ner till Laxhoppet ([Figur 2](#) och [Figur 3](#)), med merparten förlagda till laxtrappans närområde och Laxhoppet, i fisktrappans diffusor samt trappans utgång. Ytterligare tre luftantennerna placerades uppströms fisktrappan c. 200 meter (Björkudden, södra stranden), 800 meter (grilludden) och 11000 meter (Spöland-Vindelälven). Denna fördelning och senare registrering av märkt lax innebar att laxens simhastighet i uppvandringen (km/dag) skulle kunna beräknas för fisken när de lämnat fisktrappan. Därtill placerades två loggrar av äldre typ (ATS-2100) med luftantennerna vid kraftverkets turbinintag, respektive utloppstunnel. De manuella pejlingarna utfördes från land 2-5 gånger i veckan och inkluderade en båtpejling i början på oktober som sträckte sig från kraftverkets utloppstunnel ner till brackvattenzonen nära havet.



Figur 2. Schematisk skiss över de centrala antennens placering 2012 för automatiska loggrar inom studieområdet. Därtill placerades luftantennerna vid kraftverkets turbinintag, respektive utloppstunnel.



Figur 3. Översiktsbild över undersökningsområdet med en ej färdigställd fisktrappa. Bilden visar tänkta antennplaceringarna 2012 för registrering av de telemetrimärkta fiskarna.

Loggrarna som skannade och registrerade data kontinuerligt under studietiden (6 juli till 8 oktober 2012) tömdes på data regelbundet, varefter informationen kombinerades och analyserades. De automatiska loggrarna registrerade ca 1 miljon unika data som användes för att klarlägga individuella fiskars positioner under specifika tider, vilka korrelerades till manuell radiopejling. Därtill användes data från PIT-antennerna i trappan för att validera fiskens vandringmönster inom trappans sträckning. Filerna organiserades så man kan lägga in omvärldsdata (vattennivå, flöde och temperatur, samt ljusintensitet registrerades kontinuerligt vid flera platser under studien) för att analysera om detta påverkar fiskens beteende.

2.4 Passiva sändare och mottagare

Den väl utbyggda infrastrukturen i Baggböle och i fisktrappan för automatisk läsning av PIT-märken användes för att få information om vilka individer som passerat tillräckligt nära antennerna. I Baggböle fanns en plattdetektor (Biomark, BIO 10' STOUT SYSTEM), 3 x 1 m, som var fäst strax under slitsen i betongvallen vid poolens nedre del. Denna läsare var i funktion under perioden 1 juli till 30 september. I fisktrappan i Norrfors ([Figur 6](#)) finns 7 antennenpar för läsning av PIT-märkt fisk som passerar i trappan. Nedan ges en faktabeskrivning som visar tekniken. Personal från fiskodlingen i Norrfors (Vattenfall AB) tömde PIT-läsarna löpande under säsongen och sammanställde data till ett format som lämpade sig för dataanalyserna i denna rapport.

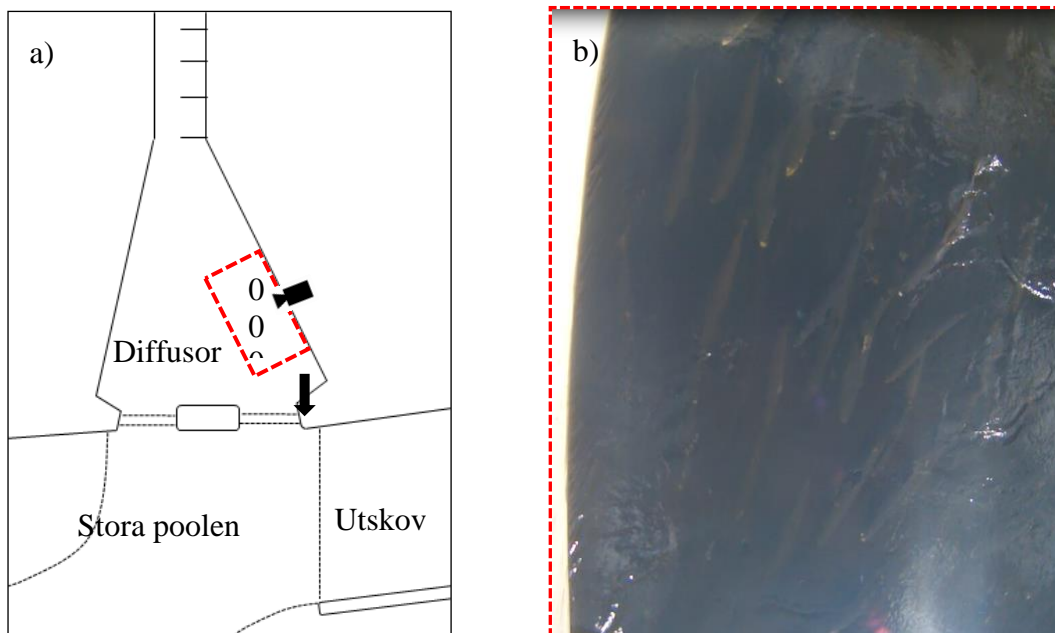
2.5 Manuell räkning av fisk i diffusorn

Den här delstudien är en del av den funktionskontroll som genomförs av fiskvägen vid Stornorrfors kraftverk, Umeälvens nedre del, 2012 och 2013. Under telemetristudien 2012 undersöktes bland annat passageeffektiviteten och rörelsemönstret förbi fisktrappan i Stornorrfors. Studien visade att majoriteten av laxarna som passerade trappan besökte diffusorn flera gånger innan den slutgiltiga uppvandningen i kammarttrappan samt att laxarna generellt spenderade lång tid i diffusorn (Karlsson, 2013). Att laxen stannar upp vid hinder längs vandringssträckan och går in i mer stationära perioder bör ses som naturligt (Webb, 1990, Gowans et al. 1999; Økland et al. 2001). Dock var värdena för den märkta laxen i vår studie 2012 betydligt högre än för lax i jämförbara studier (Gowan et al. 1999; Bjornn et al. 2000), varvid vi misstänker att det råder icke optimala vandringsmöjligheter förbi fisktrappan

i Stornorrfors. Denna problematik kan leda till minskat antal lyckade passager och sänkt fitness hos passerande fisk t ex genom ökad skadefrekvens som kan leda till spridning av sjukdomar bland ansamlad fisk i trappans närhet. Det är alltså viktigt att utvärdera vad som påverkar fiskens vilja och förmåga att passera genom fisktrappan. Denna här delstudien syftar till att undersöka om fisktätheten i diffusorn påverkar fiskens vilja att vandra uppströms i fisktrappan. Följande frågeställningar hanteras.

- Påverkar tätheten av fisk inne i diffusorn in- och utpassagen av fisk till diffusorn?
- Påverkar tätheten av fisk inne i diffusorn fiskens benägenhet att passera trappan?

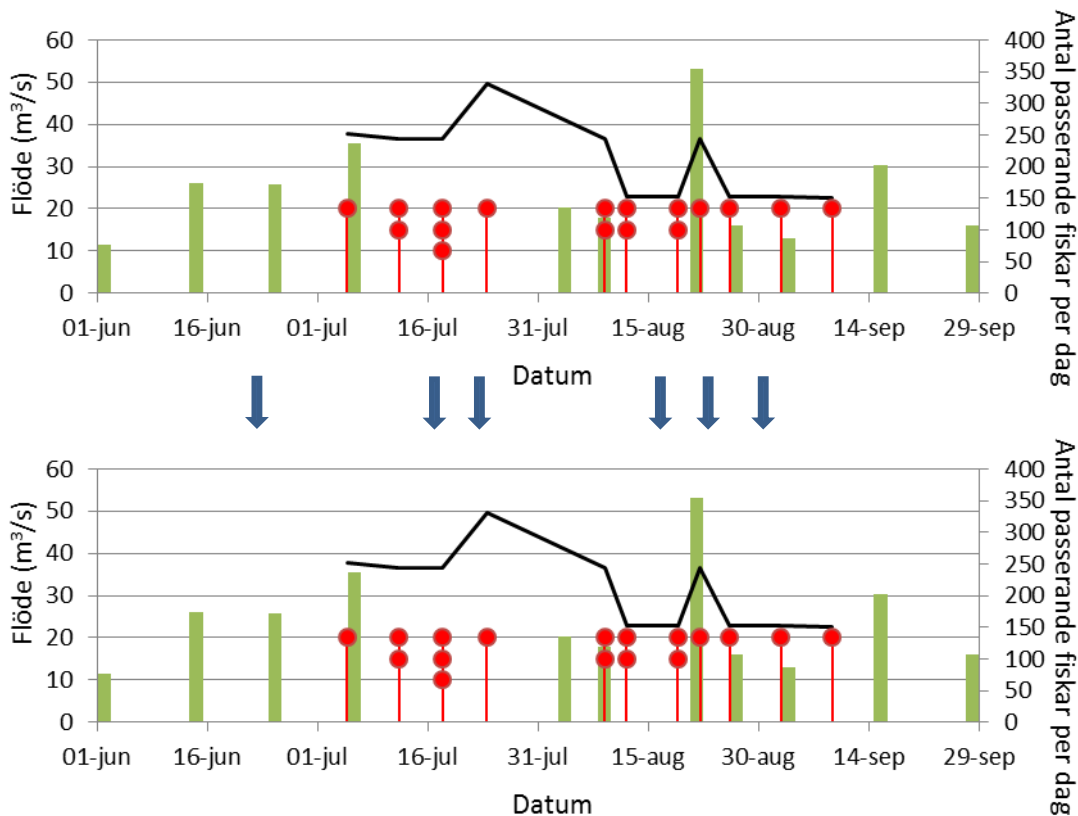
Delstudien bygger på manuella observationer av in- och utpasserande fisk i diffusorn, videoinspelning vid diffusorn ([Figur 4 a](#) och [b](#)) samt preliminära data för fiskpassage genom VAKI-systemet i fisktrappans övre del. De manuella observationerna genomfördes vid 17 tillfällen under perioden 2013-07-05 tom 2013-09-09 ([Figur 5](#)). Observationer genomfördes endast vid ca 23 m³/s flöde i torråran då möjligheten att se fisk vid diffusorns list är mycket begränsad vid högre flöden på grund av vitvattenbildning. Försöket genomfördes på sådant sätt att observatören stod vid diffusorns fundament (dess norra sida) och räknade in- och utpasserande fisk mot den vita listen som utgör klacken mellan diffusorn och den stora "naturliga" poolen nedströms trappan ([Figur 4 a](#)). Observationstiden för varje tillfälle var 20 minuter. Dessa observationer var spridda över dygnets ljusa timmar men med tyngdpunkt på eftermiddagen då flest neddragningar av lockvatten genomfördes.



Figur 4a-b. Skiss över diffusorn (a), placeringen av videokameran och kamerans inspelningsområde markerat med streckad röd linje. Figur b visar ett urklipp från en videosekvens då siktförhållandena är bra. Pilen (figur a) anger platsen från vart observationerna vid den norra ingången genomfördes.

Vid varje observationstillfälle spelades en videosekvens in om minst 10 minuter i över norra hörnet av diffusorn ([Figur 4 b](#)). Kameran som användes var fast monterad och filmade samma område i diffusorn vid alla observationstillfällen. Videosekvensen granskades i

efterhand och ett mått på fisktätheten i diffusorn skattades genom att pausa videon då sikten i vattnet var som bäst och manuellt räkna de fiskar som syntes på bilden (Figur 4 b). Detta mått anger inte den totala mängden fisk i diffusorn utan ska endast ses som en relativ siffra på fisktätheten. Data för vattenflöde och fiskpassager genom VAKI-systemet tillhandahålls av Vattenfall AB. Data för fiskpassager är endast preliminära och kan i viss utsträckning komma att korrigeras.



Figur 5. Flödesdata i gamla älvfåran (svart linje) och antal fiskar som passerat genom VAKI-systemet per dag (gröna staplar). Röda vertikala staplar visar datum för observationstillfälle och antalet cirklar visar mängden observationer genomförda under det specifika datumet. De blå pilarna indikerar långsam neddragning från 50 till 23 m³/s av flödet genom gamla älvfåran.

Då väder och vattenförhållanden hade stor inverkan på siktdjupet i vattnet både vid räkningen av in- och utpasserande fisk vid listen och vid uppskattningen av den relativa tätheten från videosekvenserna noterades sikten i tre klasser ("bra", "medel" och "dålig"). För vidare analys har enbart material som insamlats vid sikt som bedömts som bra eller medel använts. Då dålig sikt vid listen inte behöver betyda dålig sikt för bedömning av den relativa tätheten varierar antalet observationer mellan de olika analyserna.

FAKTARUTA - Passiv Integrerad Transponder (PIT) teknik i fisktrappan

Detekteringen av PIT-märkt fisk som passerar antennerna i fisktrappan blir avlästa genom en relativt sinnrik konstruktion. Ett märke med Passiv Integrerad Transponder (PIT) innehåller en spole av koppartråd runt en järnkärna. En sådan spole producerar elektricitet om den befinner sig i ett elektromagnetiskt fält; dvs funktionen följer samma princip som en vanlig transformator. När det elektromagnetiska fältet är tillräckligt starkt kommer en ström i märket att generera ett nytt elektromagnetiskt fält som påverkar amplituden i det förstnämnda enligt ett mönster som är förprogrammerat i märket. På så vis kan man läsa av märken och lagra deras unika identifikationssignal genom att bygga aktiva antenner med starkt magnetfält.

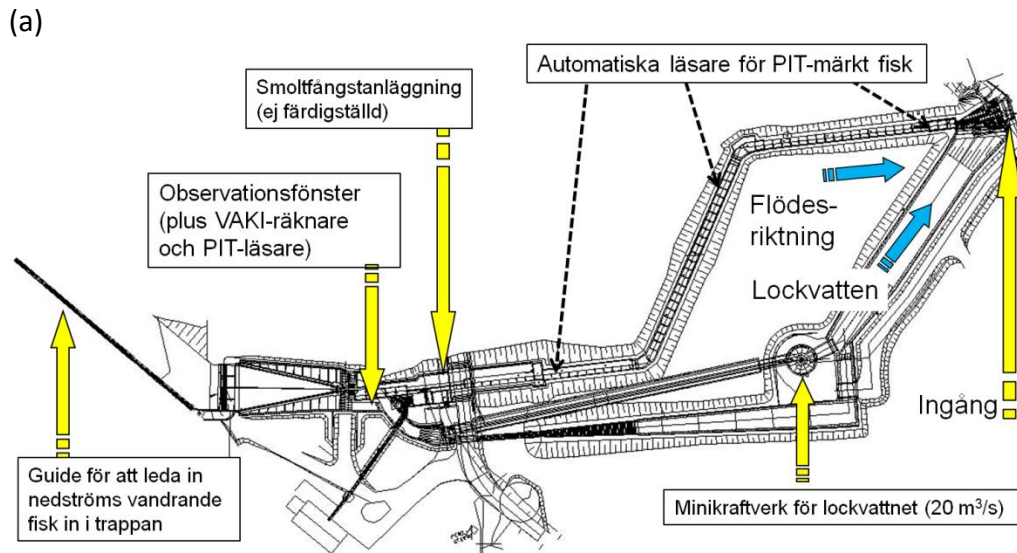
Vid fisktrappan i Norrfors består varje antenn (Biomark Inc., USA) av en spole där koppartråd lindats tätt ihop i ett plan (6-8 varv). På utsidan av antennen, på kort avstånd från spolen, finns en metallsköld som absorberar elektromagnetiska signaler från utsidan som kan störa antennens funktion (t.ex. andra antenner eller elektriska motorer och generatorer). Två antennstorlekar används i fisktrappan; stora antenner för överfallspassager (ca 160 x 80 cm) och mindre antenner för bottenpassager (ca 80 x 80 cm). En överfallsantenn och en bottenantenn är monterad på var och en av de sex mellanväggar som övervakas. Övervakning vid sex mellanväggar ansågs i förstudien vara ett minimum för att kunna garantera att alla fiskar som simmar genom fisktrappan registreras vid minst ett tillfälle. Mellanväggarna valdes ut för att möjliggöra övervakning av individuella beteenden över hela fisktrappans längd. Sålunda finns antenner vid mellanväggar nummer 3, 5, 33, 35, 62 och 64, räknat från fisktrappans ingång för lekfisk. Antalet mellanväggar är totalt 70 stycken. Dessutom finns två till antenner i anslutning till de två fiskräknarna nära fisktrappans utgång ([Figur 6 a och b](#)).

Varje antenn är ihopkopplad med en mottagare. Vid Norrfors fisktrappa använder vi konsekvent Destron FS-2020 som mottagare, och alla mottagare är synkroniserade med varandra via signalkabel. Mottagaren sänder ut en stark bärvåg på 134,2 kHz. När ett märke passerar genom en antenn så är den här bärvågen tillräckligt stark för att generera ström i märket så att en amplitudmodulerad (AM) signal kan läsas av i mottagaren. Mottagaren har en AM-demodulerare som kan känna av förändringar i amplituden, och vid en sådan förändring filtrera bort bärvågen och omformar AM-signalen till en frekvensmodulerad (FM) signal med 4 kHz förskjutning från bärvågens frekvens. FM-signalen kan sedan tolkas av en integrerad krets till en binär sekvens motsvarande märkets ID-nummer. ID-numret skickas sedan seriellt till en dator där det kan lagras.

Kommunikationslösningen vid fisktrappan i Norrfors består av optiska enheter som vidarebefordrar den seriella signalen från varje PIT-läsare till en centraldator. När datorn tar emot ett ID-nummer från ett märke så lagras detta tillsammans med tid (i millisekunder) och ett referensnummer för vilken antenn som märket registrerades på. Denna information kan sedan användas för att analysera fiskarnas rörelser genom fisktrappan.



Foto: typ av PIT-märke som använts (12 mm i längd).



Figur 6 (a, b) Skiss över fisktrappans hela utformning samt var PIT-läsande antenner är placerade(a). Svarta pilar visar placeringen av PIT-antennen i (b) trappans övre del tittande nedströms medan motsvarande PIT-antennen höger bild i (b) visar dess placering strax uppströms ingången till kammarrappan från diffusorn och längre upp i kammarrappan.

2.6 Omvärldsdata

Flödesdata på timbasis och uppdelat på spill respektive flöde via stora kraftverket erhöles från Vattenfall AB för hela vandringsperioden, maj-september. För registrering av vattenståndsfluktuationer och vattentemperaturer användes 14 st tryck- och temperaturloggrar (HOBO U20-001-01) samt 2 st temperatur- och ljusintensitetsloggrar (HOBO UA-002-64) för att få ett mått på siktförhållandena i vattnet i kammarrappan. Tryck- och temperaturloggrar placerades i sammanflödesområdet, diffusorn, kammarrappan, uppströms fisktrappan, Spöland, samt i mynningen i Obbola. Temperatur- och ljusintensitetsloggrarna placerades i luft respektive i övre delen av kammarrappan. Ett

registreringsintervall mellan 2 min och 1 timme användes beroende var loggern utplacerats. Kortast registreringsintervall användes för loggrar i och utanför fisktrappan samt i Baggbölepoolen. Det kortare intervallet valdes för att med god precision kunna utvärdera hur förändringar i flödet eventuellt påverkade fiskens rörelsebeteende.

2.7 Analys av data

2.7.1 Kvalitetsaspekter

Totalt kunde 22 sändartapp alternativt död fisk konstateras under 2013. Fem av dessa var säkra sändartapp där sändaren antingen återfunnits eller att individen registrerats på PIT-läsarna i fisktrappan utan att en enda registrering gjorts på telemetri loggrarna. Efter trappans stängning återfanns fem radiosändare och ytterligare 16 konstaterades i den gamla älvfåran. Utifrån platsen där sändarna återfunnits eller positionerats bedöms 11 av dessa som sannolika sändartapp; 3 st död fisk, 2 st död fisk eller sändartapp, samt 6 levande fisk. Sändartappen hade skett vid Baggböle (1), Kåddisholmen (1), Brännland (3), mellan Brännland och Sörforsbron (1), strax nedanför Kungsmofallen (1) och i stora poolen nedanför trappan (3). Död fisk (med eller utan kadaver) konstaterades vid Brännland (1), Kungsmo (1), och Laxhoppet (1). Av de fiskar som bedömdes levande blev två uppfiskade av Vattenfall, 3 st kvar i stora poolen nedanför trappan, 1 positionerad i lilla poolen nedanför laxhoppet, 1 st i stora "edan" vid Kungsmo och 1 strax nedför Kåddisholmen. Vid poolfisket efter säsongens slut fångades även tre av de laxar som enbart märktes med PIT-märken.

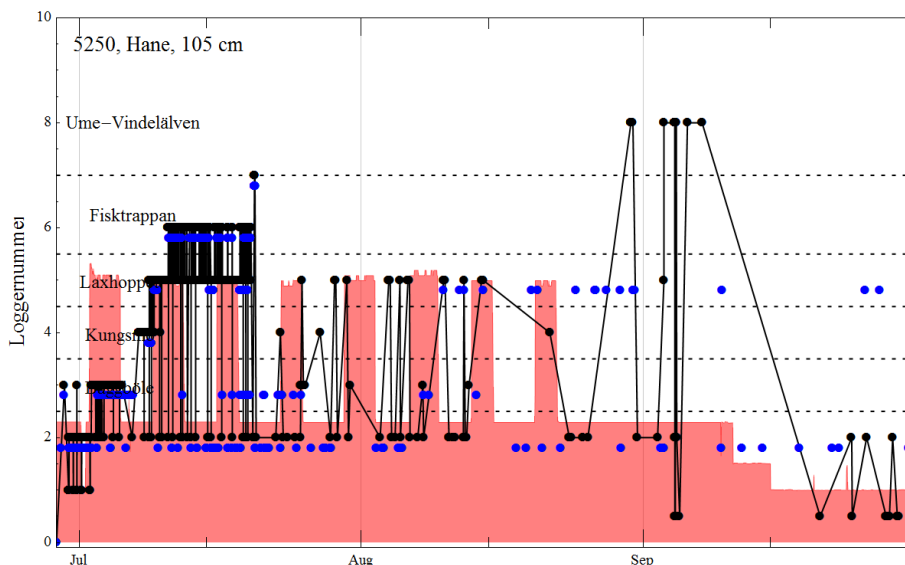
I samband med båtpejlingarna längs sträckan sammanflödet – nedströms Stora Sandskär konstaterade vi 2 st döda fiskar och 3 st död fisk/sändartapp (kunde ej bedömas vilket). De två som bedömdes döda återfanns vid grilludden (strax nedströms sammanflödet) och i höjd med Volvos industrier. Resterande 3 sändare återfanns i höjd med EFS-gården (2) och väster om Stora Sandskär.

Två av de radiomärkta laxarna uteslöts ur analyserna i denna rapport eftersom den ena (sändare nr 8300) inte registrerats på någon logger under säsongen i kombination med att sändaren hittades i nedre delen av Umeälven (Sandskär) och den andra sändaren (nr 1250) som hittades uppströms Baggböle hade inte med säkerhet registrerats på någon logger. För den senare individen har visserligen registreringar gjorts, men de hade mycket låg signalstyrka och går därför inte enkelt att skilja från bruset. Tre av de övriga individerna som märktes i Obbola som har registrerats för passage av fisktrappan på PIT-läsarna tycks ha tappat sändarna, alternativt att sändarna slutade fungera innan laxarna nådde de första loggrarna i älven. Dessa 5 individer har uteslutits ur analyserna av telemetridata.

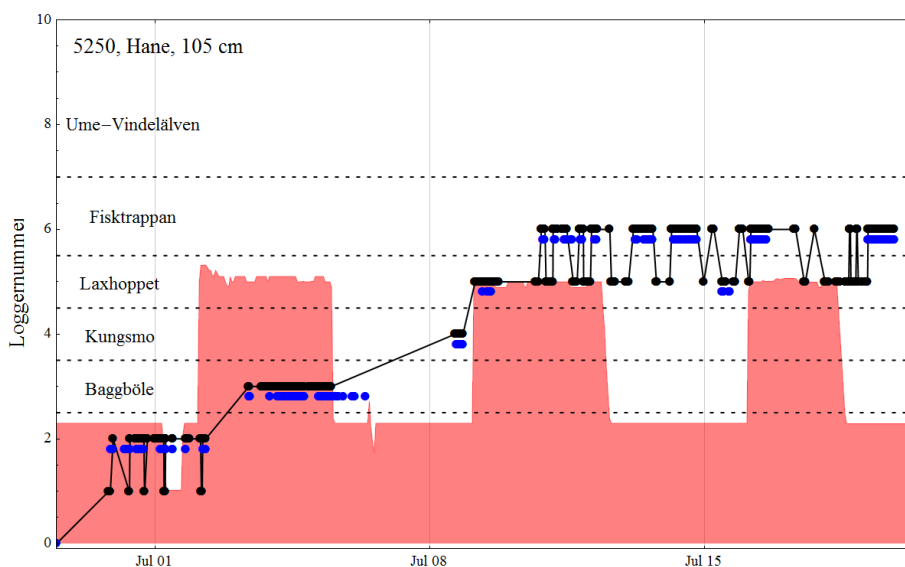
Telemetridata karaktäriseras av en stor mängd brus som måste filtreras bort innan data kan analyseras. Vid filtreringen användes kriterierna att signalstyrkan måste överskrida -95 dB med minst 5 registreringar per minut. Dessa gränser fastställdes efter visuell inspektion av data för att hitta en lämplig nivå för att balansera risken att missa korrekta signaler mot att utesluta så mycket brus som möjligt. Med lägre tröskel återstår uppenbart brus i datasetet samtidigt som högre tröskel innebär en risk att korrekta signaler filtreras bort. Dessutom beräknades simhastigheter baserat på tidsangivelser och avstånd mellan loggrarna, varvid orimliga simhastigheter användes som grund för att utesluta ytterligare "felaktiga" registreringar. Därefter gjordes en subjektiv bedömning av data utifrån en visuell inspektion av tidsseriefigurer, se exempel i [Figur 7](#) och [Figur 8](#). I den filtreringen gjordes

bedömningen om "avvikande" data kunde vara rimliga. Till exempel kunde registreringar i sammanflödesområdet följas av registreringar i diffusorn utan att individen registrerats på någon av de mellanliggande loggrarna, för att därefter registreras i sammanflödesområdet igen. Sannolikheten att en individ skulle kunna undgå registrering på mellanliggande loggrar bedömdes i sådana fall mycket liten, varvid de "avvikande" registreringarna uteslöts ur de fortsatta analyserna. Denna typ av bedömning gjorde för varje enskild individ.

Tillförlitligheten i registreringarna på EFS-loggern, logger nummer 1 i [Figur 7](#) och [Figur 8](#), har dock inte kunnat verifieras fullt ut och det finns sannolikt kvar en hel del brus i dessa data. Av den anledningen har det inte lagts någon tyngd på detaljerade analyser baserat på EFS-data. Årets resultat antyder dock att det tidigare dokumenterade "jojo"-beteendet mellan sammanflödesområdet och Umeå förekommer hos många av individerna, men en kvantifiering av beteendet utifrån årets data skulle vara förknippad med stora osäkerheter. Ett exempel på hur loggerinformationen kan se ut före och efter filtrering ges i [Figur 7](#) respektive [Figur 8](#).



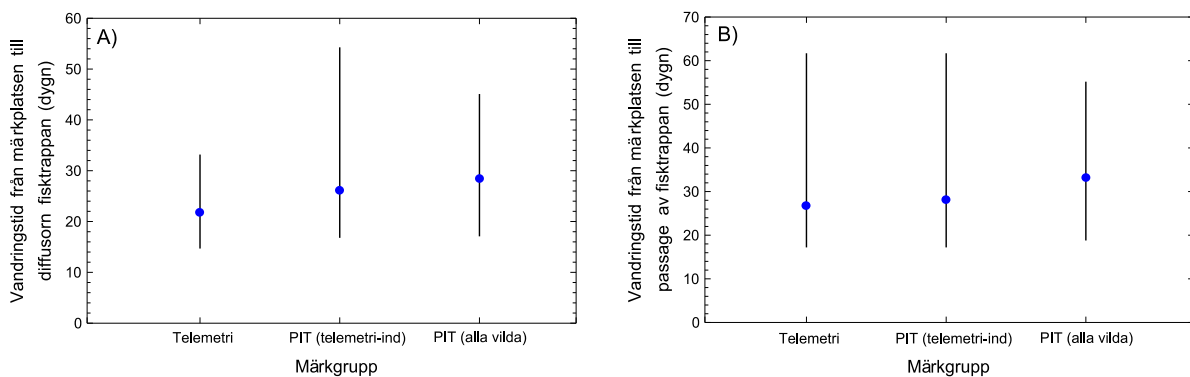
Figur 7. Exempel på loggerdata från en individ (sändarnummer 5250) före filtrering av brus och orimliga registreringar. Den svarta linjen binder samman punkterna som motsvarar registreringar på luftantennerna för att underlätta den visuella tolkningen av rörelserna. Linjen startar från $y=0$ vid märkdatumet. De blå punkterna motsvarar registreringar på undervattensantennerna och deras position i figuren har sänkts med 0.2 enheter för att kunna särskilja registreringar på luftantennerna från de på undervattensantennerna. Vid diffusorn motsvarar blå färg registreringar inne i diffusorn medan svart avser registrering utanför diffusorn. Numret uppe till vänster i figuren avser märkesnumret (sändaren). Den ljusröda ytan visar spillflödet med en skala som motsvarar 10 ggr värdet på y-axeln.



Figur 8. Exempel på loggerdata från en individ (sändarnummer 5250) efter filtrering av brus (minst -95 dB signalstyrka och minst 5 registreringar per minut) och orimliga registreringar. Tidsserien visar hur den märkta laxen rört sig i älven efter märkning. Den svarta linjen binder samman punkterna som motsvarar registreringar på luftantennerna för att underlätta den visuella tolkningen av rörelserna. Linjen startar från $y=0$ vid märkdatumet. De blå punkterna motsvarar registreringar på undervattensantennerna och deras position i figuren har sänkts med 0.2 enheter för att kunna särskilja registreringar på luftantennerna från de på undervattensantennerna. Vid diffusorn motsvarar blå färg registreringar inne i diffusorn medan svart avser registrering utanför diffusorn. Numret uppe till vänster i figuren avser märkesnumret (sändaren). Den ljusröda ytan visar spillflödet med en skala som motsvarar 10 ggr värdet på y-axeln.

Analyserna av telemetridata har i vissa fall lett till olika antal observationer beroende på vad som analyserats. Anledningen till denna diskrepans beror på att en del av de sanna registreringarna föll bort i samband med filtreringen av data. Detta problem har inte kunnat åtgärdas eftersom det inte går att veta vilka av de svaga signalerna som är sanna och vilka som är brus.

För beräkningen av vandringstider mellan olika loggrar har medianvärden använts för att minimera eventuellt fel som kan ha uppstått i händelse av att några individer fått felaktigt accepterade eller raderade registreringar. Den typen av fel är svårare att åtgärda vid beräkning av bortfallet av individer i olika områden i samband med uppströmsvandringen. I det sammanhanget ger PIT-registreringarna mer tillförlitliga data och dessa data ger dessutom möjlighet till validering av resultaten från telemetridata. Avvikelserna i vandringstiderna och andelen av märkta från märkningen i Obbola till diffusorn samt till passage av fisktrappan stämmer dock relativt väl överens vilket innebär att resultaten från analyserna av telemetridata kan betraktas som tillförlitliga (Figur 9).



Figur 9. Kvalitetskontroll av telemetridata med PIT-data som referens. Enbart resultat från märkt vild lax ingår i jämförelsen. Vid utvärdering av vandringstid från märkplatsen till diffusorn/fisktrappan (A) fanns data från 108 radiomärkta individer (telemetri), 90 PIT-märkta individer (radiomärkta) och 203 PIT-märkta individer (samtliga vilda PIT-märkta) att tillgå. Skillnaden i antal radiomärkta respektive PIT-märkta med radiosändare beror främst på att telemetridata baseras på registreringar i diffusorn medan PIT-märkta registrerades på antennerna uppe i fisktrappan. Vid utvärdering av vandringstid från märkplatsen till passage av fisktrappan (B) fanns data från 73 radiomärkta individer (telemetri), 79 PIT-märkta individer (radiomärkta) och 185 PIT-märkta individer (samtliga vilda PIT-märkta) att tillgå. Skillnaden i antal radiomärkta respektive PIT-märkta med radiosändare tycks bero på sändartapp för några av individerna samt att loggern vid fisktrappans övre del tycks missat ett par individer.

Loggerdata från intagskanalen mot Stornorrfor kraftverket och vid Spöland har inte använts på grund av osäker datakvalitet från dessa loggrar.

2.7.2 Analys av data

Loggerdata från telemetristudien användes dels för att fastställa vandrings- och uppehållstider mellan och vid de olika loggrarna och dels för att beräkna bortfallet av individer från märkplatsen och upp till den övre öppningen på fisktrappan. Motsvarande beräkningar har gjorts på data från PIT-registreringarna i Baggböle och fisktrappan. Analyserna av PIT-data från fisktrappan omfattade även vandringstider uppströms från antenn 1 till antenn 6 och 7 och omvänt. Dessa analyser gjordes för tre grupper av fisk; vuxen lax märkt i

Obbola 2013, smolt märkt i Spöland respektive i odlingen i Norrfors. För den vuxna fisken analyserades dessutom hur stor andel som använde de övre respektive undre öppningarna vid passage mellan sektionerna i fisktrappan.

För att undersöka vilka flödesförhållanden som rådde i sammanflödet strax innan de radiomärkta laxarna registrerades för första gången på Baggböleloggern samanalyserades tiderna för loggerregistreringarna med flödesdata via spill och via turbinerna i kraftverket. Den tidslagg som användes beräknades som medianvärdet för mellanskillnaden mellan första registreringen i Baggböle och den sista registreringen i sammanflödesområdet innan registreringen i Baggböle. Ytterligare ett antal värden på tidslagg analyserades, men i och med att resultaten var likartade inom ± 2 timmars lag gjordes de slutgiltiga analyserna med hjälp av medianvärdet.

Vid analys av vilka flödesförhållanden som rådde när de radiomärkta laxarna lämnade Baggbölepoolen uppströms användes spilldata för perioden från uppströmpassagen och 24 timmar bakåt i tiden för de enskilda individerna.

3 Resultat och diskussion

3.1 Stamsammansättning

Stamsammansättningsproportionerna visade att materialet från 2013 enbart hade en signifikant komponent: vindelälvslox med 98 %. Samtliga laxar hade en individuell sannolikhet att tillhöra Vindelälvsstammen som översteg 0.70. Det finns alltså ingen anledning att utifrån DNA analyserna misstänka något som helst inslag av älvfrämmande lax bland de analyserade.

Resultatet av 2012 års analyser visade att stamsammansättningsproportionerna av materialet hade två signifikanta komponenter. Den stora komponenten var Vindelälvslox med 83,7% (95% konf.int.: 72,0-94,3 %) av de 106 laxarna. Den andra signifikanta komponenten var Luleälv med 14,4% (95% konf. int.: 5,6-26,1%). Laxindividernas sannolikheter visade alltså att 86 individer hade en sannolikhet som översteg 0,7 att tillhöra Vindelälvsstammen medan 9 individer hade motsvarande sannolikhet att tillhöra Luleälven och ingen individ visade en sådan hög sannolikhet för någon annan stam. Stamproportionerna och de individuella sannolikhetsvärdena visar entydigt att den stora majoriteten av de radiomärkta laxarna tillhörde Vindelälvsstammen men att det även fanns ett mindre inslag av Luleälvslox eller närbesläktad stam som inte finns i referensdatat.

3.2 Återfångster

Fem av de laxar som märktes i Obbola återfångades i ryssjan 2-3 dagar senare, median=2 dygn. Dessutom fångades fem laxar som hade PIT-märken från tidigare års märkningar. Dessa individer registrerades i märkprotokollet som återfångst men användes sedan i analyserna som om de vore märkta. Endast en av dessa individer, märkt i Spöland 2011, hade registrerats i älven. Data från den individen kunde inte användas för att beräkna vandrings tiden till trappan eftersom den redan hade varit inne i trappan och vänt nedströms innan den fångades i Obbola 7 dagar senare. Den återvände dock upp i älven efter återutsättningen i Obbola och registrerades 6 dagar senare på PIT-läsaren i Baggböle.

En av de radiomärkta laxarna (5450, hane, 60 cm, ca 2.1 kg) fångades på spö i Gargnäs-Råstrandsområdet kring den 2 september. Den laxen märktes den 10 juli och passerade fisktrappan morgonen den 15 augusti, vilket ger en uppvandringstid på max 18 dygn från dess att den lämnade fisktrappan. Sportfiskaren upptäckte det stora PIT-märket i samband med rensning av fisken. Däremot upptäcktes inte radiosändaren. De sändare som användes var endast 19 cm inklusive antenn, vilket uppenbarligen kan vara svårt att upptäcka även i en liten lax. Av den anledningen kan inga slutsatser dras av att inga radiosändare återsänts till SLU trots angiven adress på sändarna och utlovad belöning.

3.3 Vandringsframgång i Umeälvens nedre del och i fisktrappan

Detta avsnitt ger dels en sammanfattande beskrivning av resultaten från uppströmsvandringen och dels detaljerade resultatbeskrivningar för de enskilda områdena i älven nedströms dammen i Norrfors. Resultat från telemetristudien respektive PIT-registreringarna presenteras tillsammans där det varit möjligt för att få en samlad bild av resultaten.

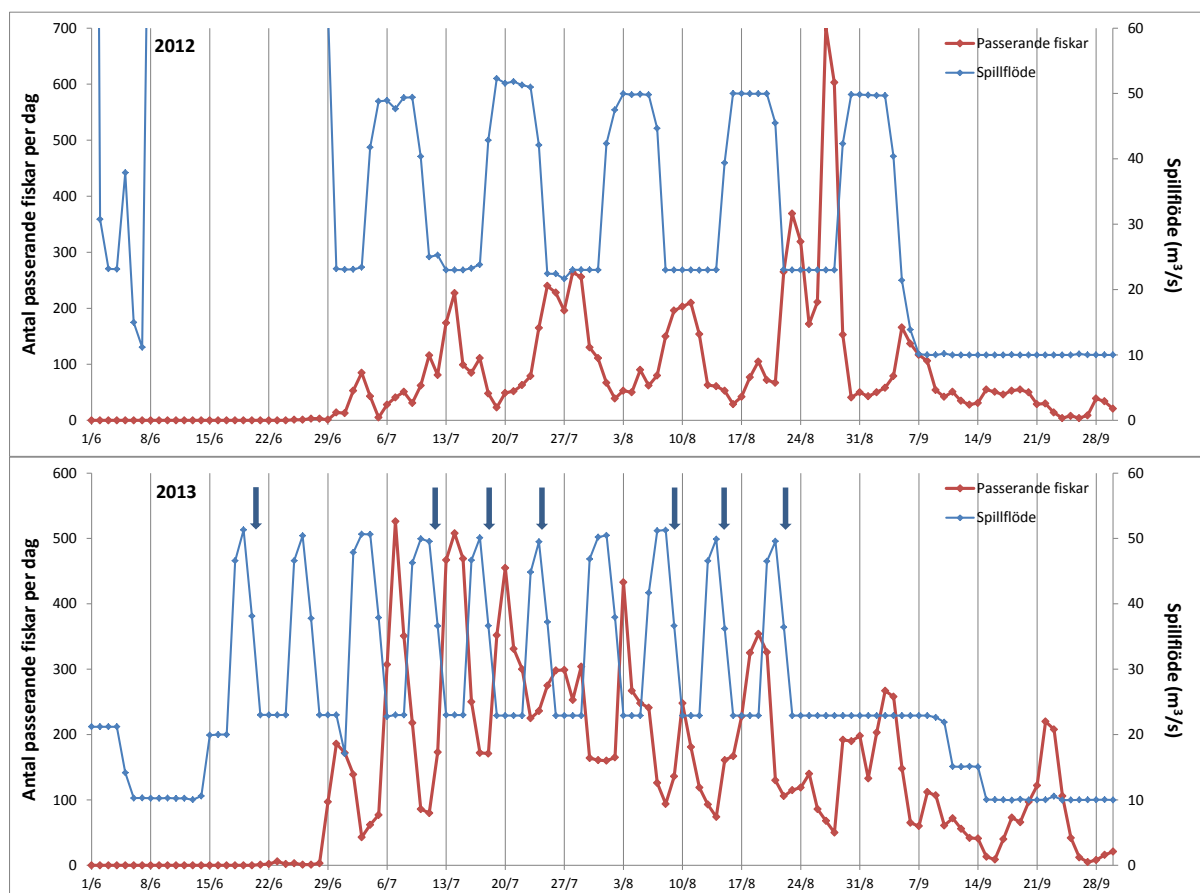
3.3.1 Sammanfattning

Andelen av de radiomärkta laxar som vid något tillfälle varit i sammanflödesområdet var 88 %. Andelen som registrerades ha vandrat upp till sammanflödesområdet var något högre än vid tidigare års telemetristudier i området, vilket kan förklaras av att samtliga radiomärkta laxar 2013 uteslutande utgjordes av Vindelälvslox enligt de genetiska analyserna. Alla utom en av dessa registrerades även i Baggböle. Nio procent av de som kom till Baggböle passerade inte vidare uppströms i den gamla älvfåran vilket innebär att 79 % av de radiomärkta individerna simmade vidare uppströms. Andelen som passerade förbi Baggböle var nästan dubbelt så hög jämfört med tidigare studier (ca 40 %, med viss mellanårsvariation). Den största skillnaden mot tidigare års resultat uppstod från Baggböle och uppströms. Andelen lax som tog sig till Baggböle var 11 procentenheter högre än tidigare, men andelen som fortsatte uppströms var över 37 procentenheter högre, 79 % mot tidigare 42 %. Av den anledningen var också andelen radiomärkt fisk betydligt högre även upp mot Laxhoppet och fisktrappan ([Tabell 2](#)).

Drygt hälften av de radiomärkta laxarna passerade fisktrappan under säsongen, vilket är dubbelt så hög andel jämfört med tidigare år. Enligt telemetrin passerade 73 av 143 laxar vilket ger 51 % (95 % konfidensintervall: 43-59 %) och andelen passerande vild lax blev nästan densamma, 52 % (95 % konfidensintervall: 47-57 %). Däremot har det inte gått att avgöra vart laxarna simmade efter att de lämnat fisktrappan eftersom loggern i Spöland och vid intagskanalen mot kraftverket bara registrerat ett fåtal individer, troligen på grund av störningar i kombination med svaga mottagningsförhållanden. Kraftigt fluktuerande mottagningsförhållanden noterades även i sammanflödesområdet samt vid den manuella pejlingen under säsongen.

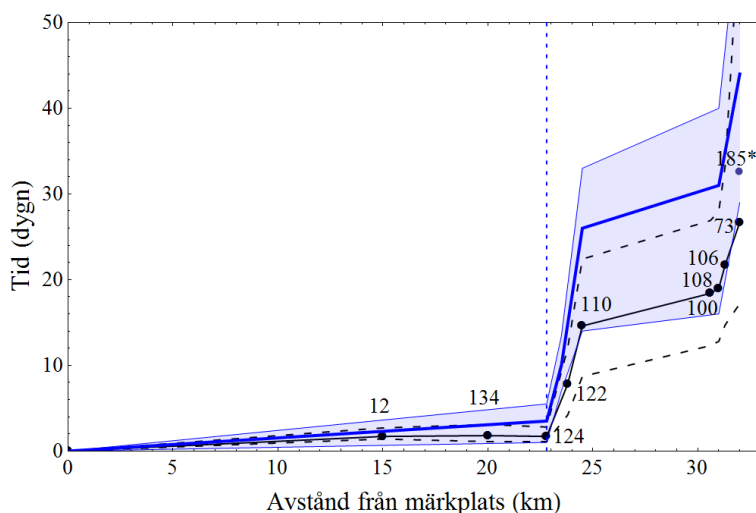
Tabell 2. Andel av de radiomärkta fiskarna som vid något tillfälle befunnit sig vid respektive logger från dammen i Norrfors och nedströms. Värden inom parentes avser den andel av de märkta som passerade vidare uppströms. Notera att referenspunkten här har satts till Obbola (100 %) medan man i tidigare studier satt referenspunkten vid sammanflödesområdet. I denna tabell har dock resultaten från tidigare studier räknats om med Obbola som referens. Totalt ingår 143 individer i underlaget för tabellen. *Andelen gäller de vilda laxarna som PIT-märktes i Obbola (n=360). Avståndet är räknat från märkplatsen i Obbola.

Område	Avstånd (km)	Procent av märkta	Proc. av märkta ref.
Obbola	0	100	100
Backen	20	92	80
Sammanflödet	22.8	89	80
Baggböle	23.8	88 (79)	76 (42)
Kungsmo	30.6	79	40
Laxhoppet	31	78	33
Diffusorn	31.3	75	
Passage fisktrappan	31.6	52*	25



Figur 10. Antal passerande vild och odlad lax och öring per dag i laxtrappan (röd linje) i Norrfors över vandrings säsongerna 2012 (övre) och 2013 (nedre) i relation till genomförda vattenspill om 50 m³/s för att stimulera uppvandringen från sammanflödet mot Baggböleforsen. De blå pilarna indikerar långsam neddragning av flödet från 50 till 23 m³/s genom torråran.

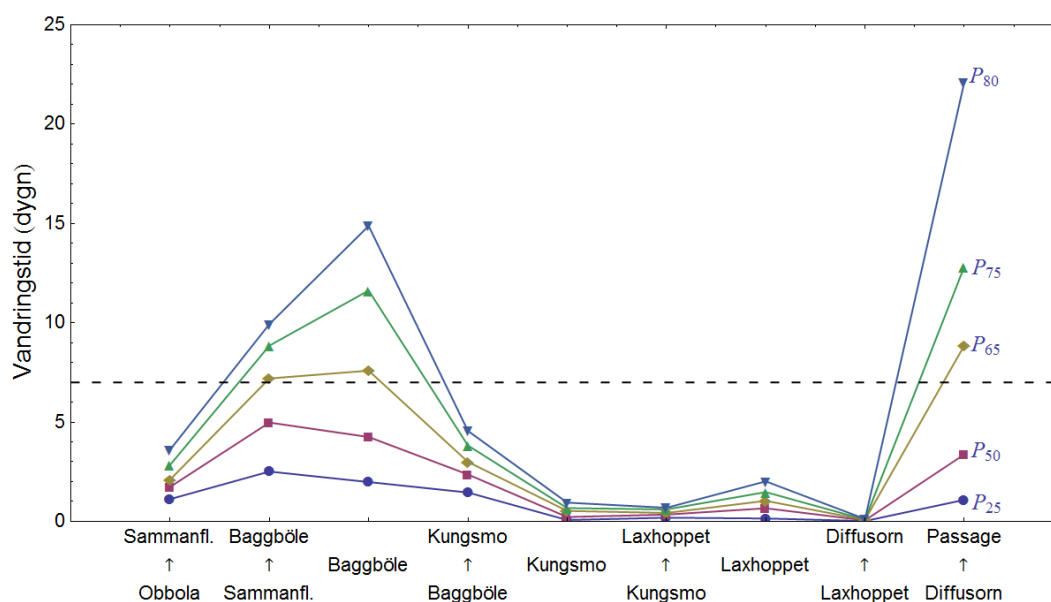
Vandringstiden från Obbola till passage av fisktrappan var ca 27 dygn för radiomärkt lax (median, n=73), vilket var ca 10-14 dagar kortare än i tidigare studier. Denna skillnad förklaras till största delen av den kortare tiden för passage av Baggböleforsen ([Figur 11](#), [Tabell 3](#)). Det finns dock fortfarande tre områden nedströms dammen i Norrfors som märker ut sig med långa vandrings-uppehållstider ([Bilaga 5](#)). Mer än 35 % av de radiomärkta laxarna tillbringade dock mer än en vecka dels i sammanflödesområdet och dels i Baggböle, samt uppströms Laxhoppet från det att laxarna registrerades i diffusorn tills de passerade fisktrappan ([Figur 12](#)). I ca 30 % av fallen var det samma individer som tillbringade lång tid både i sammanflödesområdet och i Baggböleområdet. Av de individer som tillbringade mer än en vecka från första registrering i diffusorn till passage av fisktrappan hade 46 % tillbringat lång tid även i sammanflödesområdet och 42 % hade tillbringat lång tid även i Baggböleområdet. 12 % av de individer som tillbringade lång tid från första registrering i diffusorn till passage av fisktrappan hade även tillbringat lång tid i sammanflödesområdet och i Baggböleområdet. Av de radiomärkta laxar som tog sig upp till området nedan dammen men som inte passerade fisktrappan hade 31 % tillbringat mer än en vecka i sammanflödesområdet och 38 % hade tillbringat mer än en vecka i Baggböleområdet. 8 % av de som inte passerade fisktrappan hade tillbringat mer än en vecka både i sammanflödesområdet och i Baggböleområdet. Nivåerna på dessa procentsatser kan förklaras inom slumpens ramar vilket innebär att det inte är samma laxar som tillbringat lång tid i alla tre områden. Det innebär att förbättringsåtgärder i ett eller flera av dessa områden har bättre förutsättningar att ge önskad effekt än om det vore samma 35 % av individerna som av någon anledning skulle haft långsammare uppvandring än övriga i de tre områdena.



Figur 11. Vandringstid för radiomärkt lax från märkplatsen vid Långhalsudden (Obbola) till första registrering på loggrarna från fisktrappan i Norrfors och nedströms (fyllda svarta cirklar med heldragen svart linje=median, svarta streckade linjer=1a och 3e kvartilerna). Den feta heldragna blå linjen markerar resultat från tidigare års studier och det ljusblå fältet markerar området mellan den 1a och den 3e kvartilen. Den vertikala streckade ljusblå linjen markerar gränsen mellan sammanflödet och den gamla älvfåran. Siffrorna ovanför de fyllda cirklarna avser antalet observationer. Resultat från loggern vid fisktrappans mynning upp mot Umeälven, ca 32 km uppströms Obbola, visas till höger i figuren.

Tabell 3. Vandringstider (dygn) från märkplatsen vid Långhalsudden i Obbola till de olika loggerområdena längs älven upp mot dammen i Norrfors. Utöver mediantider ges tiderna för ett antal percentilgränser.

Område	2.5	25	Median	75	97.5	N
Sammanflödet	0.6	1.1	1.7	2.8	11.6	124
Baggböle	1.7	4.2	7.8	12.0	30.9	122
Kungsmo	7.0	12.3	18.4	26.9	64.2	100
Laxhoppet	6.0	12.8	19.0	28.0	59.9	108
Diffusorn	9.1	14.7	21.7	33.2	68.2	106
Laxtrappan, övre	8.1	17.2	26.7	61.7	103.7	73



Figur 12. Vandringstider mellan de olika områdena där telemetriorloggrar fanns placerade. Vandringstiden avser tiden från den första registreringen i område 1 till första registreringen i område 2, område 1 → område 2, alternativt den tid de stannar i området vid respektive logger. De olika kurvorna visar olika percentiler där P_x anger X:e percentilen. Den streckade linjen utgör skiljelinjen där en del av laxarna tillbringar mer vecka.

Sammanställningen av PIT-registreringarna visade att 538 individer registrerats i fisktrappan och 117 individer i Baggböle. De registrerade fiskarnas ursprung finns redovisade i [Tabell 4](#) respektive [Tabell 5](#). Utvärdering av den återvändande PIT-märkta odlade laxens vandringsframgång redovisas i [Bilaga 8](#).

Tabell 4. Registrering av tidigare års märkt lax och öring på PIT-läsarna i fisktrappan i Norrfors, uppdelat på ursprung. Andel registrerade anges i relation till antalet märkta och utsatta inom respektive grupp. Värdet inom parentes har beräknats i relation till antalet som ej passerade fisktrappan under 2012, dvs de stannade i älven eller återvände till havet för att återkomma 2013.

Projekt	Utsättnings- plats	Art	År	Ursprung	Antal reg.	Andel reg.
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Lax	2011	Odlad	40	0.0044
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Lax	2012	Odlad	61	0.0043
ELFORSK, Norrfors fiskodling, utsatta i fisktrappan	Norrfors	Lax	2012	Odlad	4	0.0111
ELFORSK, Poolförsök Norrfors 2012	Norrfors	Lax	2012	Odlad	2	0.0018
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Lax	2013	Odlad	38	0.0019
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Öring	2013	Odlad	21	0.0211
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2010	Vild	11	0.0075
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2011	Vild	53	0.0246
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2012	Vild	29	0.0110
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2013	Vild	65	0.0375
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Öring	2013	Vild	1	0.0667 0.0076
Utvärdering av fisktrappan i Norrfors	Norrfors	Lax	2012	Vild	3	(0.025)
Utvärdering av fisktrappan i Norrfors	Obbola	Lax	2013	Vild	205	0.5452
Utvärdering av fisktrappan i Norrfors	Obbola	Lax	2013	Odlad	5	0.1515
Totalt					538	

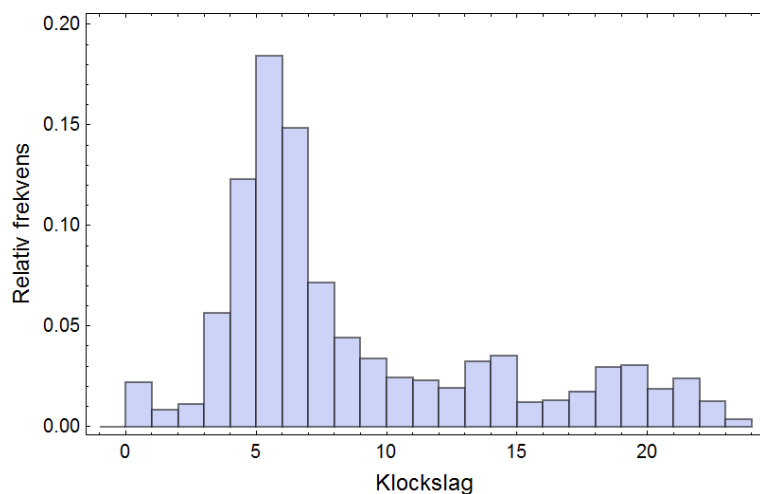
Tabell 5. Registrering av tidigare års märkt lax och öring på PIT-läsaren i Baggböle, uppdelat på ursprung. Andel registrerade anges i relation till antalet märkta och utsatta inom respektive grupp. Värdet inom parentes har beräknats i relation till antalet som ej passerade fisktrappan under 2012, dvs de stannade i älven eller återvände till havet för att återkomma 2013.

Projekt	Utsättnings- plats	Art	År	Ursprung	Antal reg.	Andel reg.
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Lax	2011	Odlad	21	0.0023
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Lax	2012	Odlad	24	0.0017
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Lax	2013	Odlad	8	0.0004
ELFORSK, Norrfors fiskodling	Norrfors	Öring	2013	Odlad	5	0.0050
ELFORSK, Norrfors fiskodling, utsatta i fisktrappan	Norrfors	Lax	2012	Odlad	1	0.0028
ELFORSK, Poolförsök Norrfors 2012	Norrfors	Lax	2011	Odlad	1	0.0009
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2010	Vild	1	0.0007
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2011	Vild	10	0.0046
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2012	Vild	8	0.0030
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Lax	2013	Vild	0	0.0000
Indexvattendrag, Vindelälven, smolt	Spöland	Öring	2013	Vild	0	0.0000 0.0025
Utvärdering av fisktrappan i Norrfors	Norrfors	Öring	2012	Odlad	1	(0.167)
Utvärdering av fisktrappan i Norrfors	Obbola	Lax	2013	Vild	35	0.0931
Utvärdering av fisktrappan i Norrfors	Obbola	Lax	2013	Odlad	2	0.0606
Totalt					117	

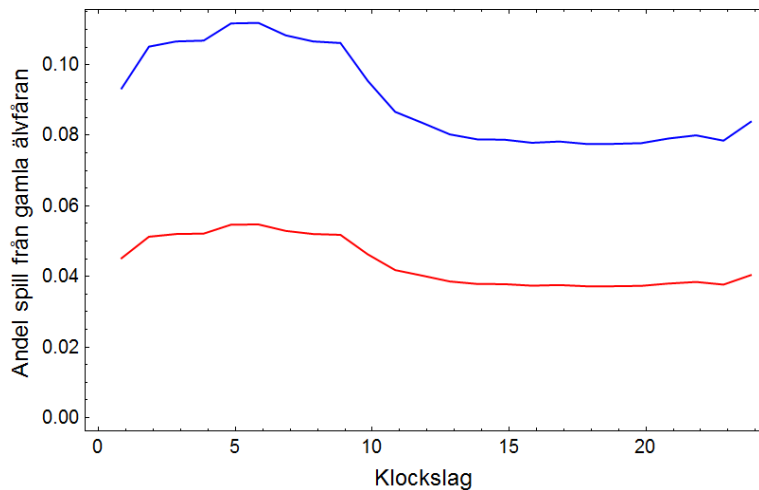
3.3.2 Sammanflödesområdet

Totalt hade 88 % av de radiomärkta laxarna vid något tillfälle varit i sammanflödesområdet, vilket är något mer än i tidigare studier. Det som skulle kunna förklara en högre andel denna säsong är att andelen Vindelälvslox var högre jämfört med i tidigare studier. Ytterligare en aspekt som kan ha bidragit till den högre andelen är att det fanns sju luftantenner och en undervattensantenn i området detta år, mot en luftantenn och en undervattensantenn i samband med tidigare studier. Sannolikheten för en lax att passera området obemärkt torde därför varit mycket lägre detta år jämfört med tidigare. Uppvandringstiden från märkplatsen till sammanflödet var 1.7 dygn (median, n=124, [Tabell 3](#)).

Den tid på dygnet de flesta laxarna uppehöll sig i den del av sammanflödesområdet som vetter mot den gamla älvfåran var under morgontimmarna, mellan klockan tre och klockan 10 ([Figur 13](#)). Denna koncentration under dygnet stämmer relativt väl överens med att de kom till Baggböle några timmar senare ([Figur 17](#)). Andelen spillflöde av totalflödet är vanligen som högst under den tiden på dagen och ansamlingen av lax i det området indikerar att de då känner av spillflödet ([Figur 14](#)). Senare under dagen ökar vanligtvis flödet via turbinerna vilket leder till att andelen spill minskar liksom attraktionskraften av spillet.

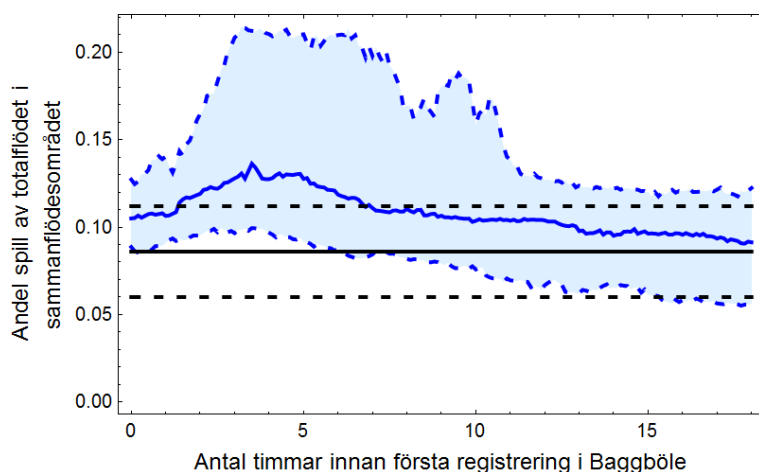


Figur 13. Fördelning under dygnet av de första 60 minuternas registrering per individ i sammanflödesområdet närmast den gamla älvfåran (n=5465). De första 60 minuternas registreringar behöver inte vara 60 minuter i följd utan kan vara fördelat över flera timmar och även olika dygn.



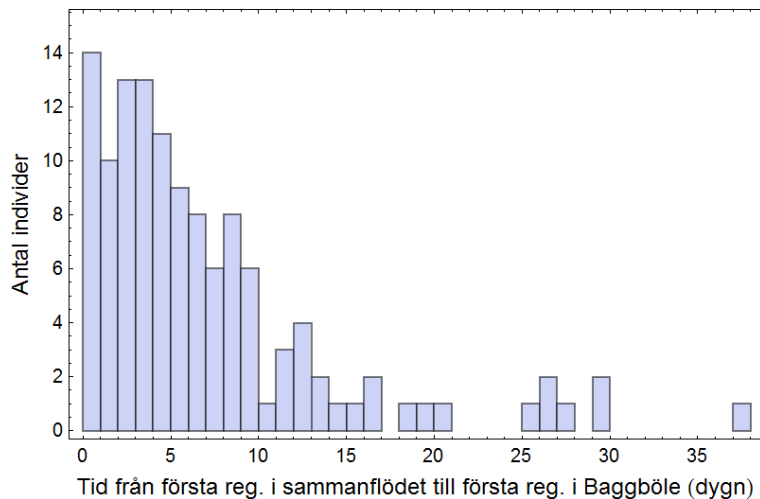
Figur 14. Medianvärden av andelen spillflöde i sammanflödesområdet fördelat över dygnet under juli månad. Flödesdata (via kraftverket) från perioden 1995-2013 (2006-2007 saknas) har använts som underlag. Röd linje visar hypotetiskt spillflöde med $23 \text{ m}^3/\text{s}$, blå linje visar hypotetiskt spillflöde med $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Tiderna för flödet via turbinerna har justerats fram 50 minuter för att kompensera för tiden det tar för vattnet att ta sig från turbinerna till sammanflödesområdet.

Andelen spill i sammanflödesområdet var något lägre för flertalet radiomärkta laxar första gången de registrerades i sammanflödesområdet jämfört med några timmar innan de registrerades för första gången i Baggböle (Figur 15). Några procent (4) vandrade vidare upp till Baggböle utan att först ha upplevt något $50 \text{ m}^3/\text{s}$ spill. Hälften av individerna vandrade in mot Baggböle i samband med första $50 \text{ m}^3/\text{s}$ spillet efter att de kom till sammanflödesområdet. Drygt 32 % vandrade upp i samband med eller efter det andra $50 \text{ m}^3/\text{s}$ spillet. Resterande 12 % fanns kvar i sammanflödesområdet under en period med tre till sju $50 \text{ m}^3/\text{s}$ spill innan de fortsatte till Baggböleområdet.



Figur 15. Andelen spill i sammanflödesområdet var något lägre för de flesta laxarna när de första gången anlände till sammanflödesområdet än timmarna innan de registrerades för första gången i Baggböle ($n=126$). Helderagen tjock linje anger medianen och de streckade blå linjerna anger 25e respektive 75e percentilerna för den grupp som registrerades i Baggböle. De svarta linjerna anger motsvarande information för samma laxar när de för första gången registrerades i sammanflödesområdet.

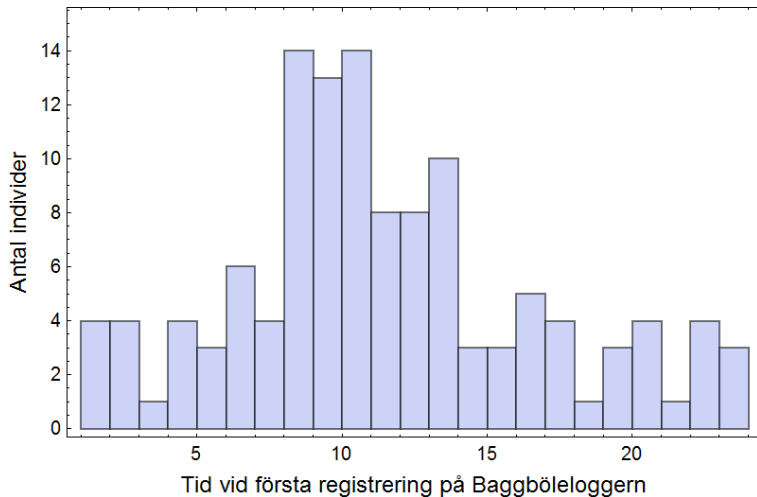
Det tog cirka fem dygn (medianvärde) för laxarna att vandra in i den gamla älvfåran, till Baggböle. Den tiden är beräknad från den första registreringen i sammanflödet till den första registreringen i Baggböle ([Bilaga 2](#)). 25 % av de radiomärkta laxarna behövde mer än nio dygn för att ta sig till Baggböle och enstaka individer behövde upp till en månad på sig ([Figur 16](#)).



Figur 16. Frekvensfördelning med uppehållstider för enskilda radiomärkta laxar i sammanflödesområdet (från tunnelviken ned mot Umeå) innan uppvandring i den gamla älvfåran.

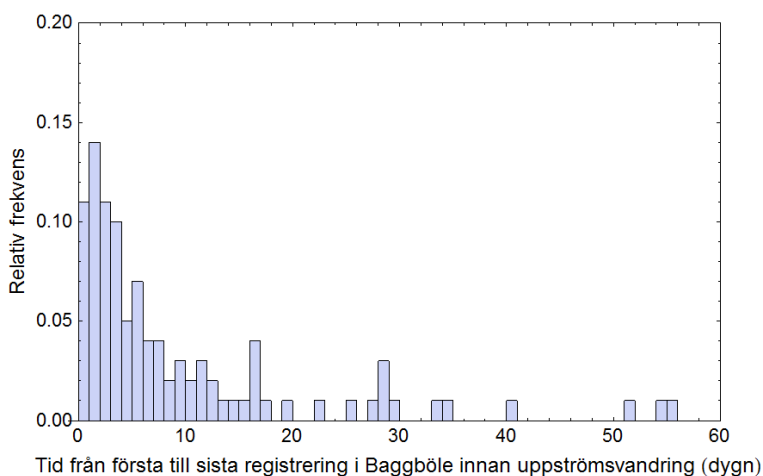
3.3.3 Baggböleområdet

Tiden från märkning till första registrering i Baggböle var 7.8 dygn (median, n=122, [Tabell 3](#)). Laxarna ankom främst under förmiddagen till Baggbölepoolen ([Figur 17](#)). Mediantiden mellan märkning och första registrering på plattdetektorn (PIT) i Baggböle var något längre, totalt 13.6 dygn, n=37, än för de radiomärkta fiskarna. Dessa två resultat är dock inte helt jämförbara eftersom de ca 9 % av de PIT-märkta fiskarna som registrerades kan ha passerat vid sidan om antennen första gången de kom till Baggböle. Andelen PIT-märkt lax som registrerades på den 3 m breda plattdetektorn i Baggböle antyder att laxarna i något större utsträckning än slumpen passerade över slitsen i betongvallen eftersom älvfåran är ca 60-70 m bred på det stället. Från registreringarna på plattdetektorn framgår det att de stora PIT-märkena var något överrepresenterade (30 % av registrerade mot 21 % av märkta, n=352), vilket inte är märkligt i och med att de större märkena har något längre läsavstånd.



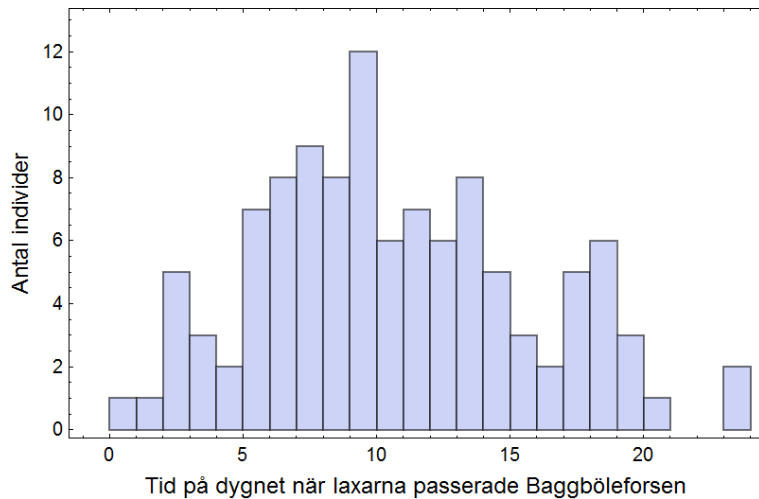
Figur 17. Merparten av laxarna kom till Baggböleområdet under förmiddagen (n=126).

Uppehållstiden i Baggböle räknat mellan första och sista registrering innan uppvandring var ca 6.8 dygn (median, n=110) för de radiomärkta fiskarna (Figur 18). Av dessa 110 individer vände ca 35 % nedströms under kortare perioder för att sedan återvända och passera vidare uppströms. De längsta sammanhållna uppehållstiderna i Baggböleområdet (med minst 5 registreringar per 10 minutersintervall och minst -95 dB) innan passage av Baggböleforsen var mellan 40 och 50 timmar. Mediantiden var 11.2 timmar. Den sammanlagda tiden med registreringar per individ på Baggböleloggern innan passage av forsens var ca 25 timmar (median, 1a kvartil=12.1 h och 3e kvartilen=51.1 h). Andelen radiomärkta laxar som inte passerade Baggböle av de som vid något tillfälle registrerats där var ca 10 %. Den siffran är dock något osäker eftersom registreringar uppströms i systemet är en viktig kvalitetskontroll på att individerna faktiskt passerat Baggböle. En del av de individer där uppströmsregistreringar saknas kan därför ha vandrat förbi Baggböle utan att nå Kungsmo och sedan återvänt nedströms efter en kort period.

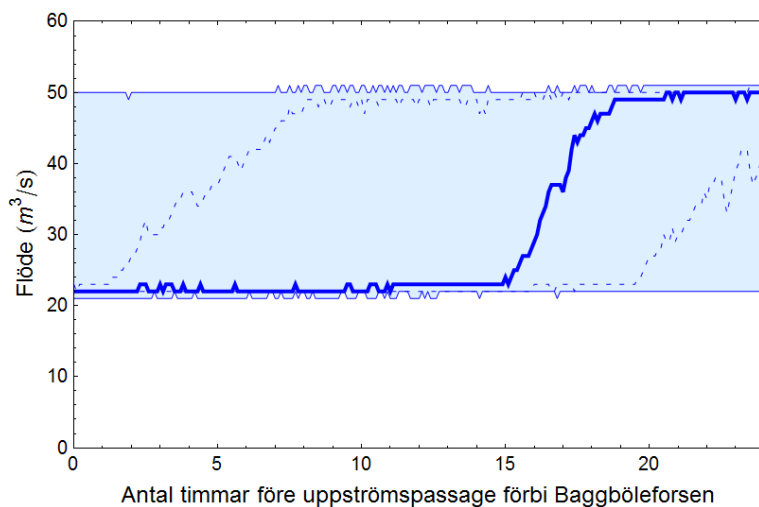


Figur 18. Uppehållstid i Baggböleområdet räknat som tiden mellan första och sista registreringen på Baggböleloggern för de laxar som fortsatte vandringen uppströms (n=100).

Majoriteten av de radiomärkta laxarna som passerade Baggböleforsen gjorde det mellan klockan 5 och klockan 15, med en koncentration under förmiddagen (Figur 19). 75 % av de laxar som passerade Baggböleforsen vandrade vidare uppströms på låga spillflöden och många av dessa laxar hade upplevt en flödesminskning från 50 till 23 m³/s någon timme innan uppströmspassagen (Figur 20).



Figur 19. De flesta laxarna fortsatte uppströms Baggbölepoolen under förmiddagen (n=110).



Figur 20. Majoriteten av laxarna i Baggböle passerade vidare uppströms på 23 m³/s och flera av dessa hade upplevt högre flöde några timmar innan de fortsatte uppströms. Tjock blålinje anger medianvärdena i flödet i relation till tiden före passagen. De tunna streckade linjerna anger 40:e respektive 60:e percentilerna och det ljusblåfältet avgränsas av de 25:e och 75:e percentilerna.

Vid utvärdering av tiden från sista PIT-registrering i Baggböle till första registrering i fisktrappan har även återvändande laxar från tidigare års PIT-märkningar kunnat användas. Om man räknar in de odlade laxarna hade totalt 104 vuxna laxar registrerats på PIT-läsaren i Baggböle (Tabell 5). Av dessa var 53 vilda laxar varav 34 (63 %) registrerades i fisktrappan och tiden det tog från första registrering i Baggböle till första registrering i kammarttrappan var 16.4 dygn (median) och 19 dygn (median) till passage av fisktrappan. Tiden det tog för

dessa individer att passera fisktrappan från första registrering i fisktrappan var 3.5 dygn (median). 61 % av de vuxna vilda laxarna som registrerades i Baggböle passerade i fisktrappan. Om man enbart inkluderar lax som märktes i Spöland tidigare år blev vandringsframgången från Baggböle 58 %, vilket är densamma som för de laxar som märktes med radiomärken i Obbola. Med tanke på att vandringsframgången från Baggböle till passage av fisktrappan var nära nog identisk för Spölandslaxarna och de som märktes i Obbola kan man dra slutsatsen att hanteringen av laxarna i samband med märkningen i Obbola inte påverkat uppvandringssituationen nämnvärt.

3.3.4 Kungsmo

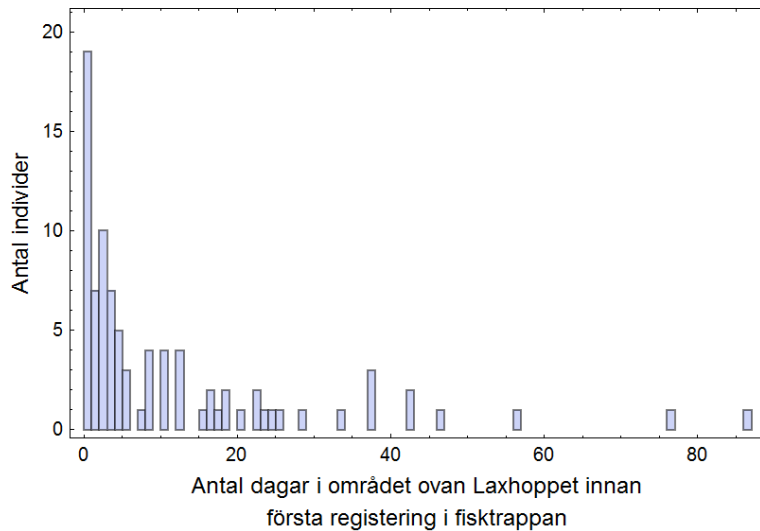
Det har inte gått att påvisa någon vandringsförlust från Baggböle till Kungsmo. Vid beräkning av vandringstider från Baggböle till Kungsmo har endast de individer inkluderats som inte hade registrerats på någon annan logger i tidsintervallet mellan registreringen på Baggböleloggern och Kungsmologgern. Det innebär att individer som lämnade Baggböle och först registrerades vid Laxhoppet för att senare registreras på loggern i Kungsmo har uteslutits ur beräkningen. Det saknas data från tidigare studier på vandringstider till Kungsmo vilket innebär att utvärderingen av åtgärderna i Kungsmo måste integreras i analysen av vandringstiden från Baggböle till Laxhoppet. Mediantiden från sista registrering i Baggböle till första registrering i Kungsmo var 2.4 dygn, (kvartiler; 1.5-3.8, n=100, se [Bilaga 2](#)). Det var ingen större skillnad i tid mellan de som vandrade på enbart 23 respektive enbart 50 m³/s, median 1.8 respektive 1.5 dygn. Medianuppehållstiden i Kungsmo-området räknat som tiden från första till sista registrering i Kungsmo för varje enskild individ var 0.2 dygn med kvartilerna 0.1-0.8 dygn (n=99). Kungsmofallet tycks därför inte utgöra något vandringshinder i dagsläget.

3.3.5 Övre området, Laxhoppet, diffusorn samt fisktrappan

Nästan samtliga radiomärkta laxar som passerade Baggböleforsen och Kungsmofallen ankom även Laxhoppet ([Tabell 2](#)). Däremot blev det ett bortfall på ca 34 % i området vilket ledde till att endast 66 % av de som kom till Laxhoppet passerade fisktrappan. Bortfallet från märkning till registrering i kammarrappan i samband med 2012 års undersökning var 26 % (PIT, 102 av 397). Mediantiden för de radiomärkta laxarna att ta sig från märkplatsen i Obbola till första registrering i Laxhoppet var 19 dygn ([Tabell 3](#)). Motsvarande tider till diffusorn och passage av fisktrappan var 22 respektive 27 dygn ([Tabell 3](#)). För de drygt 50 % av de märkta vilda laxarna som passerade fisktrappan var vandringstiden ca två veckor kortare jämfört med medelvärdet från tidigare telemetriundersökningar. Mediantiden för de vilda PIT-märkta laxarna att ta sig från märkplatsen i Obbola till första registrering i fisktrappan var 29.1 dygn (kvartiler; 17.2, 44.3, n=204). Mediantiden från märkning till passage av fisktrappan var 31.9 dygn för de PIT-märkta vilda laxarna som passerade fisktrappan (n=190).

Tidsskillnaden var 0.8 dygn (median, 1a kvartil=0.3, 3e kvartil=1.9, n=102) mellan laxarnas första registrering på loggern i Laxhoppet och första registreringen på loggern vid diffusorn, dvs drygt två dygn kortare än om man räknar differensen av medianerna i [Tabell 3](#). Tidsskillnaden mellan första registrering på Laxhoppet loggern och motsvarande på undervattensantennen i diffusorn var 1.1 dygn (median, 1a kvartil=0.3, 3e kvartil=2.4, n=107). Tiden från första registrering på Laxhoppetloggern till första registrering på PIT-antennerna i fisktrappan var 3.8 dygn ([Figur 21](#), [Tabell 6](#)), vilket innebär att uppehållstiden (median) i området efter ankomst till diffusorn var ca 2.7 dygn innan uppvandring i

kammartrappan. Som framgår av texten ovan varierar mediantiderna något beroende på hur man räknar ut tiden det tar för laxarna att vandra mellan olika områden. Skillnaderna beror dels på att olika individer vandrar olika fort mellan olika områden och dels på att en del individer inte vandrade vidare till nästa område och dessa individer kommer därför inte med i beräkningen av mediantiden till nästa område.



Figur 21. Merparten av laxarna registrerades på PIT-antennerna i fisktrappan inom fem dygn efter att de första gången registrerades på loggern vid Laxhoppet (n=86).

Mediantiden från märkplatsen till passage av fisktrappan var 9 dygn längre, 41.0 dygn, för de odlade än för de vilda, men överlappet i vandringstider mellan dessa två grupper var relativt stort om man tar hänsyn till variationen mellan individer (kvartiler; 34.7, 45.2, n=5). Vandringsframgången för odlad lax, räknat som andel registrerade i fisktrappan i relation till de som märktes, var betydligt lägre än för de vilda, 15 % mot 52 %. Skillnaden blev något mindre om man enbart jämför de odlade och vilda som märktes samma datum eftersom en något mindre andel av dessa vilda passerade fisktrappan (46 %, 63 av 136 individer).

Vid föregående års undersökning var tiden från märkning av lax på utskovet till första registrering i kammartrappan 19.4 dygn, dvs nästan två veckor längre än under 2013 då tiden räknades från Laxhoppet till fisktrappan (Tabell 6). Den stora skillnaden i anlockningstid antyder en betydande "hanteringseffekt", som varade i upp till två veckor efter märkning, på de vuxna laxarna som märktes på utskovet 2012. Resultaten från 2013 torde därför överlag vara mer tillförlitliga. Med anledning av detta resultat kan man undra om det finns någon motsvarande hanteringseffekt av märkningarna i Obbola. En aspekt som talar mot en långvarig hanteringseffekt i samband med årets märkning är att 92 % av laxarna som märktes i Obbola trots allt vandrat upp till Backen-sammanflödesområdet inom 2 dygn efter märkning. Det man möjligen kan fundera över är om de resterande 8 % utgör en förlust till följd av hanteringen, vilken i så fall skulle jämföras med de 13 % av 2012 år märkta som inte besökte diffusorn (ca 10 % simmade nedströms). Den påtagliga "hanteringseffekten" som tycks förekommit 2012 i form av tidsfördröjning innan de simmade in i diffusorn beror sannolikt inte på hanteringen av fisken vid märkningen, utan snarare på var fiskarna fångades. Tidigare erfarenheter har visat att märkning av vandrande lax uppe i älven ger en

mer påtaglig beteendeförändring hos fisken än om den märks ute i havet. Ytterligare en aspekt som skulle kunna tolkas som en hanteringseffekt för fiskarna som märktes 2012 är att dessa individer redan befann sig i området ovan Laxhoppet och kan därför redan ha varit inne i diffusorn och i kammarrappan. De laxar som relativt omgående vandrade in i diffusorn och vidare upp i kammarrappan under 2012 blev underrepresenterade i märkningen, vilket i sig skapade en bias i uppvandringstiden som ryms inom uttrycket ”hanteringseffekt” som förklarar 2012 års avvikande resultat.

Tabell 6. Tider (dagar) från märkning till första registrering i fisktrappan (PIT) för samtliga individer som märktes utanför fisktrappan (2012), respektive tid från första registrering på Laxhoppetloggern till första registrering i fisktrappan för laxarna som märktes i Obbola 2013.

Percentil	2.5	5	25	50 (median)	75	95	97.5	N
Antal dygn 2012	1.9	3.0	6.8	19.4	26.0	41.0	52.0	261
Antal dygn 2013	0.2	0.4	1.1	3.8	12.8	43.0	56.3	86

Andelen av de radiomärkta laxarna som kom till Laxhoppet var ca 78 % och drygt 50 % passerade fisktrappan, vilket innebär att ca 33 % av de som kom till Laxhoppet inte passerade fisktrappan. Även resultaten från PIT-antennen i Baggböle kombinerat med data från antennerna i kammarrappan visar på en betydande vandringsförlust. 39 % av de som registrerades i Baggböle passerade inte i kammarrappan (21 av 54, om man räknar in den individ som redan varit upp i kammarrappan innan den registrerades i Baggböle). En detaljerad analys av bortfallet av individer i området från Laxhoppet och uppströms visar hur bortfallet fördelar sig på olika delområden ([Tabell 7](#)). Det största bortfallet förekom i diffusorn där omkring 50 % (45-68) av förlusten utgjordes av de som inte vandrade upp i kammarrappan. Ca 19 % av laxarna som inte passerade trappan registrerades inte heller inne i diffusorn och resterande förlust utgjordes av de som vände i kammarrappan och lämnade den nedströms för att inte återvända upp. Procentsatserna i bortfallsanalysen uppströms Laxhoppet är dock något osäkra eftersom frånvaro av registreringar i diffusorn skulle kunna bero på att dessa individers signaler varit svaga vilket i så fall lett till att de filterades bort som brus. Om individer filterats bort felaktigt i den analysen innebär det att förlustposten i större utsträckning hamnar som anlockningsproblem från diffusorn upp i kammarrappan eftersom individernas simmande i kammarrappan annars skulle ha registreras av PIT-antennerna.

Tabell 7. Resultat av bortfallsanalys för märkta laxar som kom till Laxhoppet men som inte passerade fisktrappan. Variationen i skattningarna beror på att förlusterna beräknats på flera olika sätt, dels med hjälp av telemetridata kombinerat med PIT-data (n=88) och dels med enbart PIT-data vilket gav fler individer att basera skattningen på (n=300 vilda vuxna). En viss osäkerhet finns också i analysen av PIT-data i och med att 14 individer hade sista registreringen på antenn 5. Passageresultatet varierar därför beroende på om man tolkar dessa registreringar som passage eller inte. Sannolikheten är störst att dessa individer passerade fisktrappan eftersom läseffektiviteten var mycket hög på flera av antennerna nedströms antennpar 5 medan läseffektiviteten var något lägre på antennparen 6 och 7. Båda alternativen redovisas i tabellen. Det lägre bortfallet i kammarrappan och det högre bortfallet i diffusorn är kopplat till tolkningen att sista registreringen på antennpar 5 ledde till passage. Värdet inom parentes för bortfallet mellan diffusorn och kammarrappan erhöles när endast radiomärkt fisk (n=112) analyserades. $KI_{95\%}$ avser konfidensintervallsgränserna.

Område	Andel återstående (%)	Bortfall i relation till de som kom till Laxhoppet (%)	Andel av de som inte passerade fisktrappan (%)
Laxhoppet	100		
Utanför diffusorn	95.5	4.5	14
Inne i diffusorn	93.8	1.7	5
Kammarrappan	71.2-78.6	15.2-22.6 (21.4, $KI_{95\%}$: 15-30)	46-68
Passage	66.7	4.5-11.9 (9.0-12.3, $KI_{95\%}$: 4.6-18.3)	14-36
Totalt		33.3	100

107 individer hade registrerats på antennerna vid diffusorn med den filtrering som gjordes av telemetridata, varav två individer endast hade registreringar på undervattensantennen utanför diffusorn. Det innebär att 98 % (87 % i 2012 års undersökning) av individerna som kom till området även simmade in i diffusorn. Data från dessa antenner visar att beteendet med individer som simmade in och ut ur diffusorn vid ett flertal tillfällen var vanligt under båda åren undersökningarna genomfördes. Baserat på resultaten från ett "range"-test, se [Bilaga 3](#), som gjordes med testsändare har alla registreringar på undervattensantennen inne i diffusorn tolkats som att fisken var inne i diffusorn och fisk som endast registrerats på undervattensantennen utanför diffusorn har bedömts vara utanför diffusorn. Testet visade att antennen utanför diffusorn fångar upp signaler både från området utanför diffusorn samt från vissa delar av området inne i diffusorn. Undervattensantennen inne i diffusorn tog endast in signaler från sändare som befann sig inne i diffusorn. Enligt analysen av passager in och ut ur diffusorn med hjälp av telemetridata besökte varje individ diffusorn ca 9 gånger (median, n=107, 1a kvartil=4, 3e kvartil=36). Det blir i genomsnitt 0.125 besök per timme om man utgår ifrån att en individ är aktiv 18 timmar per dygn och uppehåller sig fyra dygn i området. För att bedöma rimligheten i dessa siffror kan man jämföra med den manuella räkningen ([Bilaga 6](#)) där medianantalet in- eller utpassager i samband med medel till bra siktförhållanden uppgick till 6 individer per 20 minuter, dvs 18 individer per timme. Medelantalet laxar som passerade fisktrappan per dygn under de dagar samt dagen efter räkningen gjordes uppgick till 192 stycken. Med 0.125 besök per timme blir det förväntade antalet passager in och ut ur diffusorn ca 24 stycken per timme. Till detta kommer den andel som inte passerade fisktrappan, samt att aktiviteten är högre mitt på dagen och eftermiddagen snarare än jämt fördelad över dygnets ljusa timmar. Beräkningen av passager in och ut ur diffusorn med hjälp av telemetridata kan därför vara

något överskattade. Den längsta sammanhängande tiden per individ i diffusorn var 5.4 timmar (median) och medianvärdet för den sammanlagda tiden som individerna tillbringade i diffusorn var 12 timmar. En mer detaljerad analys av fördröjning och vandringsförluster från Laxhoppet till passage av fisktrappan presenteras i [Bilaga 7](#).

3.3.6 Diffusorn och kammartrappan

Detta avsnitt omfattar utvärdering av telemetridata från diffusorn och PIT-data från kammartrappan och inkluderar både uppströms- och nedströmsvandring av vuxen lax och smolt. De vuxna laxarna utgörs både av de som märktes i Obbola 2013 och av de som återvandrat av de som tidigare märkts och satts ut i älven. De övergripande frågeställningarna har varit hur märkt lax ankommer, vandrar i och passerar fisktrappan.

- *Attraherar diffusorn laxarna från gamla älvfåran?*
- *Vilken uppehållstid visar laxen i diffusorn?*
- *Hur anlockas fisken till kammartrappan?*
- *Hur vandrar laxen (andel, tid, övre resp undre passage samt jo-jo effekt) i trappan?*
- *Hur lämnar fisken trappans övre del (från PIT-antenn 6 till logger Björkudden)?*

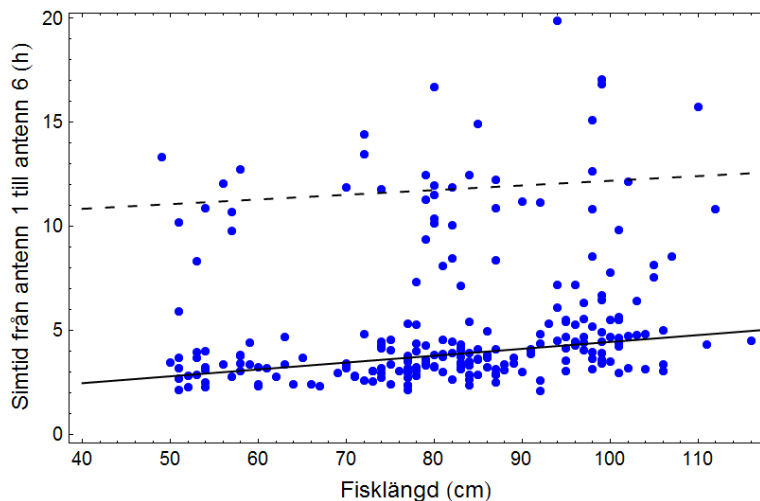
3.3.6.3 Uppströmsvandring

Vuxen lax

Av de 302 vilda laxar (märkta i Obbola 2013 eller tidigare år i Spöland) som registrerades på PIT-antennerna i fisktrappan 2013 passerade 282 individer (93 %). Föregående år var motsvarande siffra 97 % för de vuxna laxar som tidigare märkts som smolt med PIT-märken i Spöland. Däremot var andelen endast 68-76 % 2012 för de fiskar som märktes på utskovet. Mediantiden för vuxen lax att vandra från antenn 1 till antenn 6 denna säsong var 3.7 timmar vilket var ungefär densamma som förra säsongen (3.6 timmar), se [Tabell 8](#). Det finns ett svagt storleksberoende som innebär att mindre fiskar har något kortare simtid mellan antenn 1 och antenn 6 ([Figur 22](#)). Det tog ca 10.5 timmar (n=110) för laxarna att passera hela kammartrappan (räknat från första registreringen i kammartrappan) i samband med 2013 års undersökning. Passagetiden under föregående års studie var betydligt längre, ca 21.6 timmar (n=100). Tidsfördröjningen föregående år berodde främst på att laxarna då stannade upp en längre tid innan de passerade sista antennparet och fortsatte genom VAKI-systemet. Placeringen av VAKI-systemet och antennpar 7 liksom gallret som användes för att styra in fisken i VAKI-systemet har gjorts om till 2013 och den justering som gjorts har avsevärt kortat ned vandringstiden.

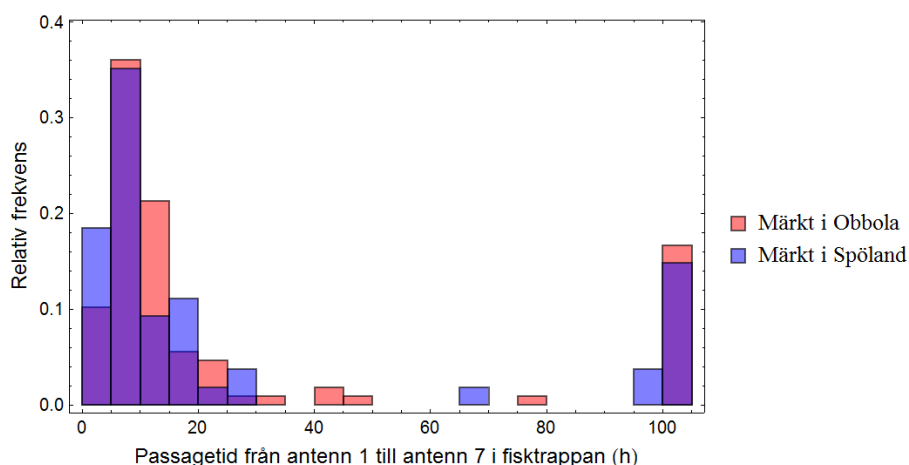
Tabell 8. Vandringstid i fisktrappan 2013 för PIT-märkt vuxen lax i samband med uppvandring i fisktrappan. Tiderna anges i timmar från antenn A_i till A_j ($A_i \rightarrow A_j$). Antenn 7 var monterad direkt uppströms VAKI-systemet.

Antenn nr	Percentil					N
	2.5	25	Median	75	97.5	
1→6	2.2	3.1	3.7	5.0	15.1	513
1→7	3.1	5.4	8.9	14.5	47.7	208
6→7	0.7	1.3	2.3	7.6	36.4	204

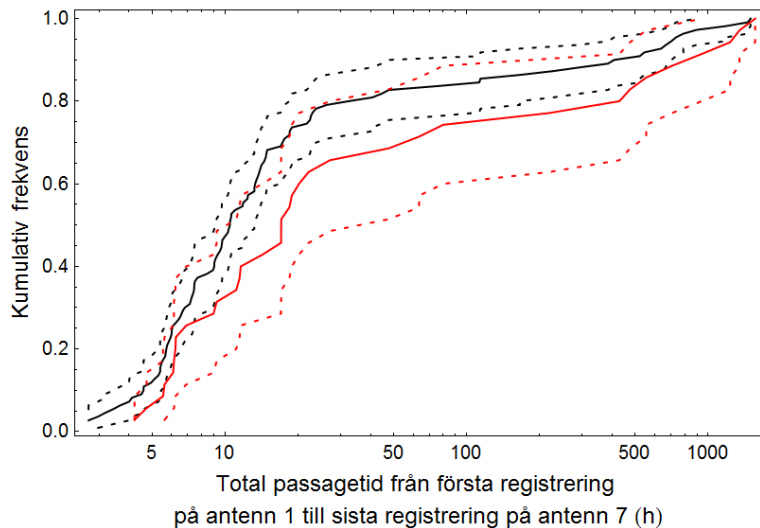


Figur 22. De mindre laxarna vandrar något snabbare i kammartrappan än de större individerna. Den undre linjen är baserad på de individer som använt mindre än 8 timmar att ta sig till antenn 6 och lutningen på linjen är signifikant. Individerna i den övre gruppen utgörs till största delen av individer som påbörjade vandringen sent under dagen och "övernattade" i kammartrappan. Den övre regressionslinjen var inte signifikant. Underlagsdata kommer både från 2012 och 2013 års undersökningar.

Passagetiden av fisktrappan, tiden från passage av antenn 1 till antenn 7, var 10.5 timmar för de som märktes i Obbola (median, 1a kvartil=6.2 h, 3e kvartil=22.4 h, $n=108$, [Figur 23](#)). För de laxar som märkts i Spöland tidigare år var passagetiden något kortare, 9.2 timmar (median, 1a kvartil=5.2 h, 3e kvartil=23.0 h, $n=54$). Vid denna beräkning av tiden för de som märktes i Spöland användes data från fisktrappan 2012 och 2013 sammanslaget för att få fler observationer. De flesta vilda laxarna passerade hela fisktrappan på något kortare tid än vad de odlade gjorde och de laxar som inte passerade inom ett dygn tenderade att ta mycket lång tid på sig ([Figur 24](#)).



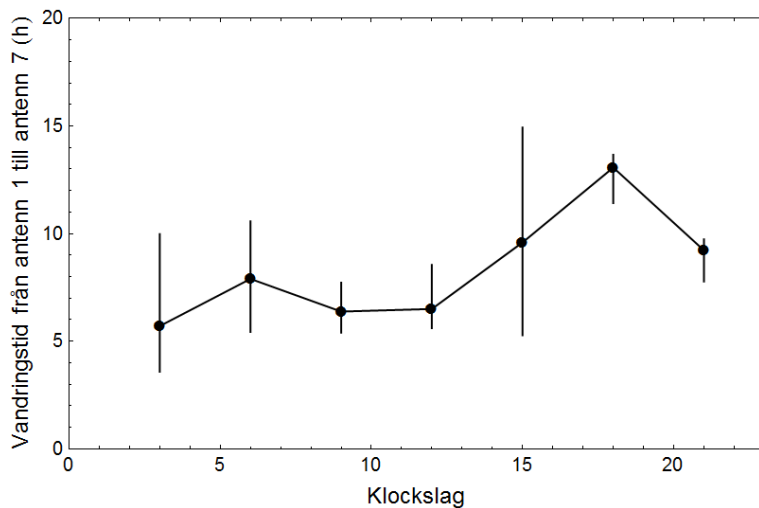
Figur 23. De laxar som PIT-märkts i Spöland som smolt tidigare år ($n=54$) behövde något kortare tid att passera fisktrappan, efter att de registrerats på antenn 1 första gången, jämfört med de laxar som märktes i Obbola ($n=108$). Individer som tog längre tid att passera än 100 timmar är representerade i stapeln vid 100 timmar.



Figur 24. Merparten av såväl vilda som odlade laxar passerade fisktrappan inom ett dygn. Antalet vilda laxar var 110 och antalet odlade laxar som ingick i denna analys var 35. Svarta linjer avser laxar med vilt ursprung och röda linjer avser laxar med odlad ursprung. Heldragna linjer motsvarar medianvärden och streckade linjer motsvarar 95 % konfidensintervall.

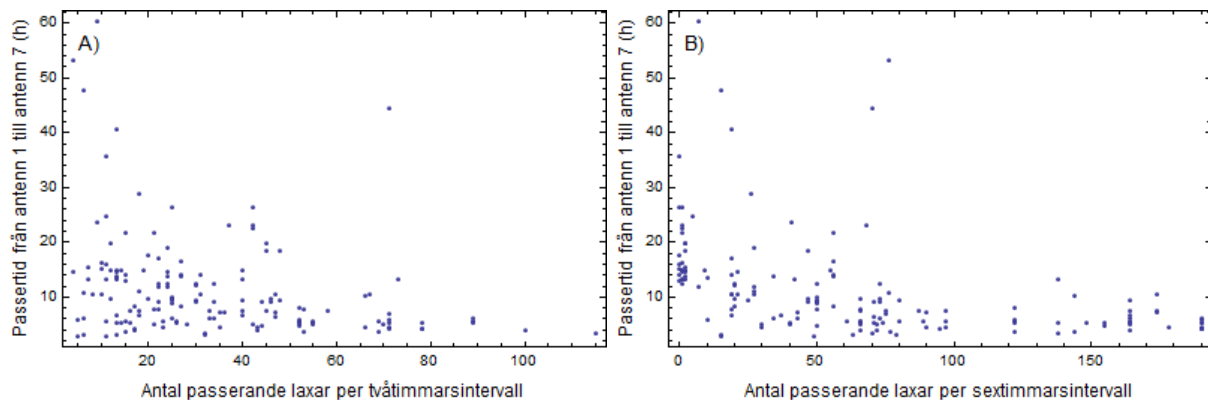
Av de 205 Obbola-märkta laxarna som registrerades i fisktrappan vände 77 individer nedströms en eller flera gånger (37.6 %), vilket var något större andel än för de laxar som tidigare hade märkts i Spöland, 26 vändande fiskar av 93 (28.0 %). Föregående år vände 42 % av de Spölandsmärkta laxarna i fisktrappan och sammanslaget med årets data blev andelen 33.3 %. Ingen av dessa grupperingar skiljer sig åt signifikant. Liksom föregående år valde laxarna i stor utsträckning den övre passagen mellan sektionerna i fisktrappan både i samband med uppströmsvandringen (81 %, n=1745) och vid nedströmsvandringen (85 %, n=328). Endast vild lax har inkluderats i den sistnämnda analysen.

Liksom föregående år tog det något längre tid för laxarna att passera fisktrappan om de påbörjade uppvandringen sent under eftermiddagen-kvällen än om de påbörjade vandringen tidigare under dagen ([Figur 25](#)).



Figur 25. Laxarna tog längre tid på sig att passera fisktrappan om de påbörjade vandringen sent på dagen. En anledning till denna fördröjning är att vandringsaktiviteten generellt är låg under natten, vilket innebär att en del av laxarna stannade upp under en del av natten för att slutföra passagen under morgontimmarna. Tiden har räknats från sista registreringen på antenn 1 till första registrering på antenn 7 i samband med passagen ut ur fisktrappan. Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall kring medianvärdena.

Resultaten tyder också på att stora mängder lax i fisktrappan snarare kortar ned vandringstiden i fisktrappan än förlänger den (Figur 26). Det innebär att fisktrappan i sig underlättar för att lösa upp anhopningar av lax i samband med vandringen, givet att anlockningen upp i kammarttrappan fungerar bra.



Figur 26. Uppvandringstiden för vuxen lax i fisktrappan blir kortare när det finns fler laxar i fisktrappan. A) Antal passerande laxar har räknats utifrån klockslaget när laxen passerade antenn 7, B) Antal passerande har räknats utifrån klockslaget när laxen hade avklarad halva passertiden.

Odlad smolt

Anledningen till att odlad smolt tagits med i avsnittet om uppströmsvandring i kammarttrappan är vi något oväntat fick registreringar för uppströmsvandrande PIT-märkt smolt. Vi utnyttjade detta tillfälle för att få ett mått på hur liten fisk klarar uppströmsvandring i kammarttrappan. Smolten släpptes ut i poolen nedströms fisktrappan.

Totalt passerade 16 odlade smolt fisktrappan uppströms av de 59 som registrerades på någon av antennerna. Mediantiden för passage var 11.3 dygn. Den snabbaste individen behövde 13 timmar medan den längsta tiden var 85 dygn. Den sistnämnda individen tog sig upp till antenn 6 på 29 dygn, men vände sedan ner och spenderade återstående tid i området mellan antenn 3 och 7. Individen simmade mellan dessa övre sektioner, nedströms och uppströms, några gånger innan den slutligen passerade trappan uppströms. Även uppströmsvandrande smolt uppvisar alltså ett visst "jojo"-beteende i fisktrappan. Av den anledningen fanns det fler individer än de 16 som passerade fisktrappan som hade simmat från antenn 1 till antenn 6 eller 7. Totalt fanns 22 sådana individer och deras mediantid var 3.1 dygn. Av dessa individer behövde den snabbaste individen 4.6 timmar, vilket är ungefär samma hastighet som den vuxna fisken har vid uppströmsvandring i fisktrappan. Den individen var 26 cm när den märktes den 9 april. Den minsta av den märkta smolten som passerade fisktrappan uppströms var 15.5 cm, dvs i samma storleksordning som vild smolt. Av de 59 smolt som vid något tillfälle under säsongen hade registrerats i fisktrappan var 35.6 % öring, medan andelen öring var avsevärt högre (62.5 %) bland dem som passerade fisktrappan.

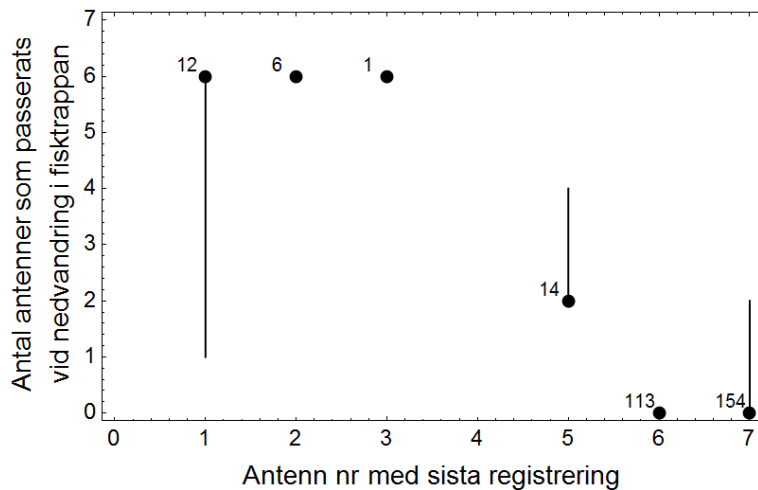
Även om smolt är bättre anpassad för starkare strömmande vatten än många andra arter så antyder resultaten att det skulle vara möjligt för en del andra arter att passera fisktrappan uppströms.

3.3.6.4 Nedströmsvandring

Vuxen lax

Ingen PIT- märkt kelt registrerades i fisktrappan under 2013. Däremot återvände flera av de leklaxar som simmat upp i fisktrappan ned igen, för att senare återvända upp eller lämna fisktrappan för att inte återkomma. Endast en liten andel av de individer som passerade fisktrappan hade tidigare vänt nedströms i fisktrappan ([Figur 27](#)). Det omvända förhållandet gällde för de individer som vid något eller några tillfällen varit upp i fisktrappan men sedan lämnat trappan nedströms. Dessa individer hade passerat 7 antenner (median) i samband med nedströmssimmande i fisktrappan.

Tiden för laxarna att ta sig ned från antenn 7 vid VAKI-systemet till antenn 1 vid diffusorn var; median=26 dygn, 1a kvartil=16 dygn, 3e kvartil=39 dygn, n=6. Dessa individer tycks i stor utsträckning ha uppehållit sig lång tid strax nedströms VAKI-systemet eftersom nedströmsvandringstiderna från antenn 6 till antenn 1 var betydligt kortare; median=2.2 h, 1a kvartil=1.7 h, 3e kvartil=7.3 h, n=110. Möjligheten för vuxen lax, exv. kelt, att passera trappan nedströms får därför betraktas som god vad gäller tidsaspekterna. Däremot kan innevarande och föregående års studie inte klargöra om den vuxna fisken kan skadas i samband med passage via de under öppningarna mellan sektionerna i fisktrappan. Den typ av skada som skulle kunna uppstå borde visa sig som skrapskador på sidan av fisken. Det faktum att få av de "jojande" fiskarna passerade fisktrappan under säsongen kan vara ett tecken på att de skadas i samband med passage via de undre öppningarna där strömhastigheten är hög (> 2 m/s och sannolikt >4 m/s).



Figur 27. Summering av antalet antenner (median \pm kvartiler) som PIT-märkt vuxen vild lax passerat i samband med nedströmssimmande i fisktrappan. Antennerna har inte nödvändigtvis passerats i samband med en enstaka nedströmsvandring utan är den ackumulerade effekten till följd av eventuellt jojo-beteende. Antennen där individerna sist registrerades i fisktrappan ger en fingervisning om fisken passerade uppströms eller lämnade trappan nedströms för att inte återvända. Antalet individer anges intill medianvärdena. Den största risken för missade registreringar är när fisken passerar nedströms via den under öppningen mellan sektionerna i fisktrappan eftersom vattenhastigheten där är mycket hög.

Smolt

Passertiden för nedströmsvandrande smolt i fisktrappan från antenn 6 till antenn 1 var 3.7 timmar (median, $n=15$). Den individ som passerade hela fisktrappan på kortast tid gjorde det på 43 minuter. Tiden att passera en enskild sektion i fisktrappan var 5.3 minuter (median, $n=51$), vilket uppräknat till hela trappan blir ca 6.2 timmar. Skillnaden mellan dessa två tider kan hänföras till skillnader i antalet observationer och den något längre passertiden baserat på en enskild sektion torde därför vara mer korrekt eftersom den baseras på fler individer. En komplett nedströmsspassage på mindre än drygt 6 timmar för hälften av smolten får betraktas som godkänt, även om enstaka individer tog upp till 9-12 timmar på sig att passera enskilda sektioner i fisktrappan.

3.3.6.5 Uppehållstider i övre delen av fisktrappan

Innevarande år hade VAKI-systemet flyttats fram en bit i trappan och ingången nedifrån hade gjorts om för att försöka få fiskarna att passera denna del av fisktrappan snabbare. Föregående år satt antenn 7 före VAKI-systemet och tiden det tog för laxarna att passera antenn 6 och 7 var då 3.2 timmar (median), mot 2.3 timmar i årets undersökning ([Tabell 8](#)) då antennenpar 7 var monterat efter VAKI-systemet. Andelen individer som vände nedströms mellan antennenpar 6 och 7 var dock ungefär densamma, 34 % (380) under 2012 respektive 31 % under 2013 ($n=299$). Däremot har tiden från första registrering på antennenpar 6 till första registrering på antennenpar 7 minskat från 12.3 till 3.4 timmar (medianer, $n_{2012}=91$, $n_{2013}=154$).

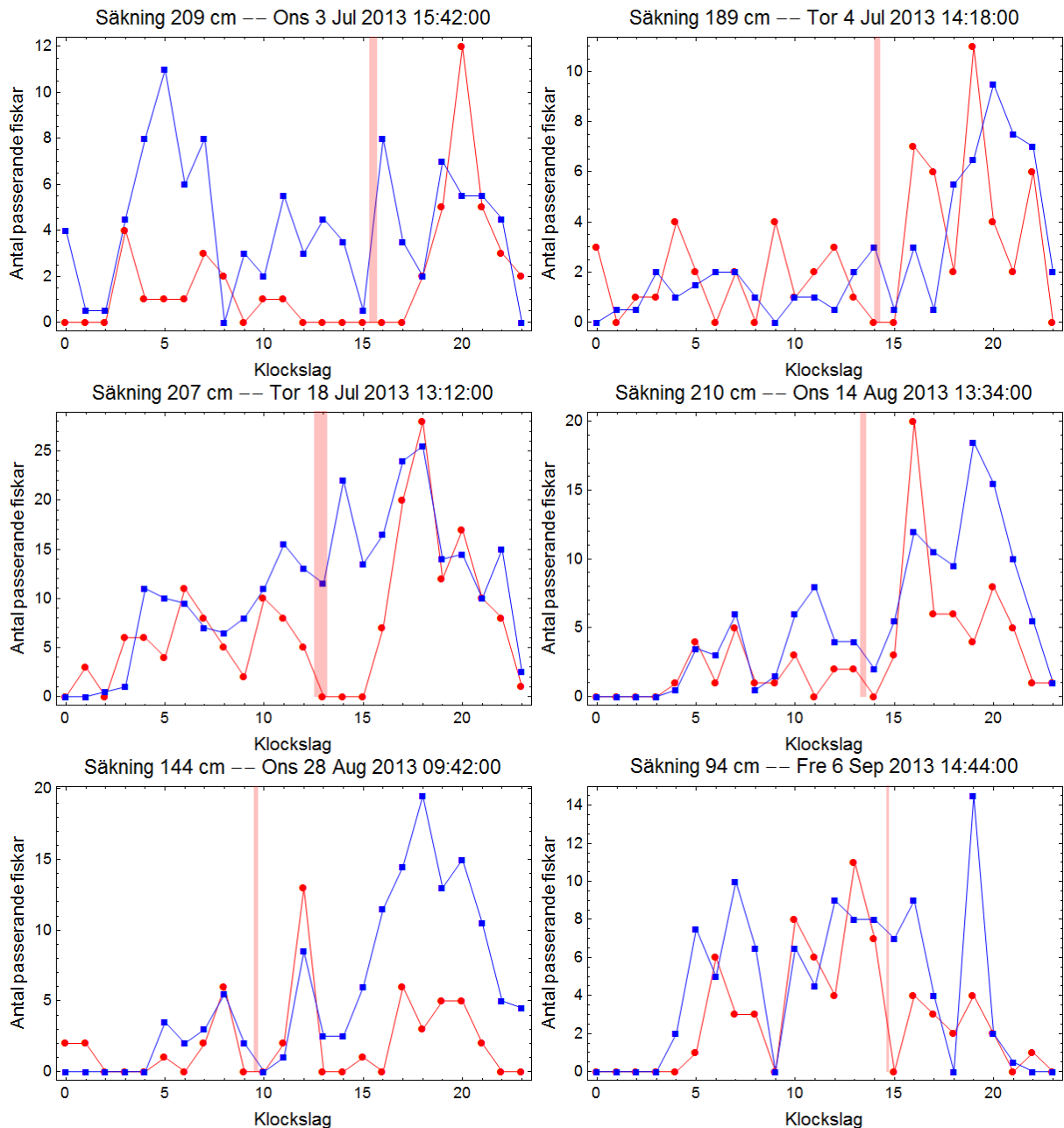
Tiden från sista registrering på antenn 7 som var belägen strax uppströms VAKI-systemet till dess att laxarna registrerades på antennenarna vid Björkudden (fisktrappans övre del) var ca 16 minuter (median (1a kvartil=6 minuter, 3e kvartil=34 minuter, $n=47$)). Därefter

tog det ytterligare ca 25 minuter innan laxarna hade lämnat fisktrappans område (1a kvartil= 12 minuter, 3e kvartil=66 minuter, n=73). Definitionen för att fisken lämnat trappområdet var att tidsperioden mellan signalerna översteg 10 minuter. Den totalt dominerande tidsperioden efter att de radiomärkta laxarna började registreras på loggrarna var ca 1-2 minuter. Resultatet blev detsamma, så när som på 3e kvartilen (2 timmar), med ett tröskelvärde på 30 minuter som gräns för passage ut i älven. Med andra ord, laxarna uppehöll sig kort tid i området mellan VAKI och den övre utgången ur fisktrappan.

3.3.6.6 Påverkan på fiskarnas uppströmsvandring vid rensning av kammarrappan

Ett antal gånger under säsongen behöver fisktrappan rensas och ses över. Vid dessa tillfällen måste vattennivån sänkas i kammarrappan. Omfattningen på sänkningen kan variera tidsmässigt och längre tider innebär att flödesstoppet återverkar längre ner i kammarrappan. Vanligen hinner de övre kamrarna tömmas helt och påverkan sträcker sig vanligen en bit ner längs kammarrappan. Vid mer omfattande stängningar påverkas även vattennivån i diffusorn något. Av förklarliga skäl kan inte någon fisk passera VAKI-systemet när dessa tömningar görs, men frågan är hur lång tid det tar för fisken att återhämta sig från dessa nivå-sänkningar i kammarrappan.

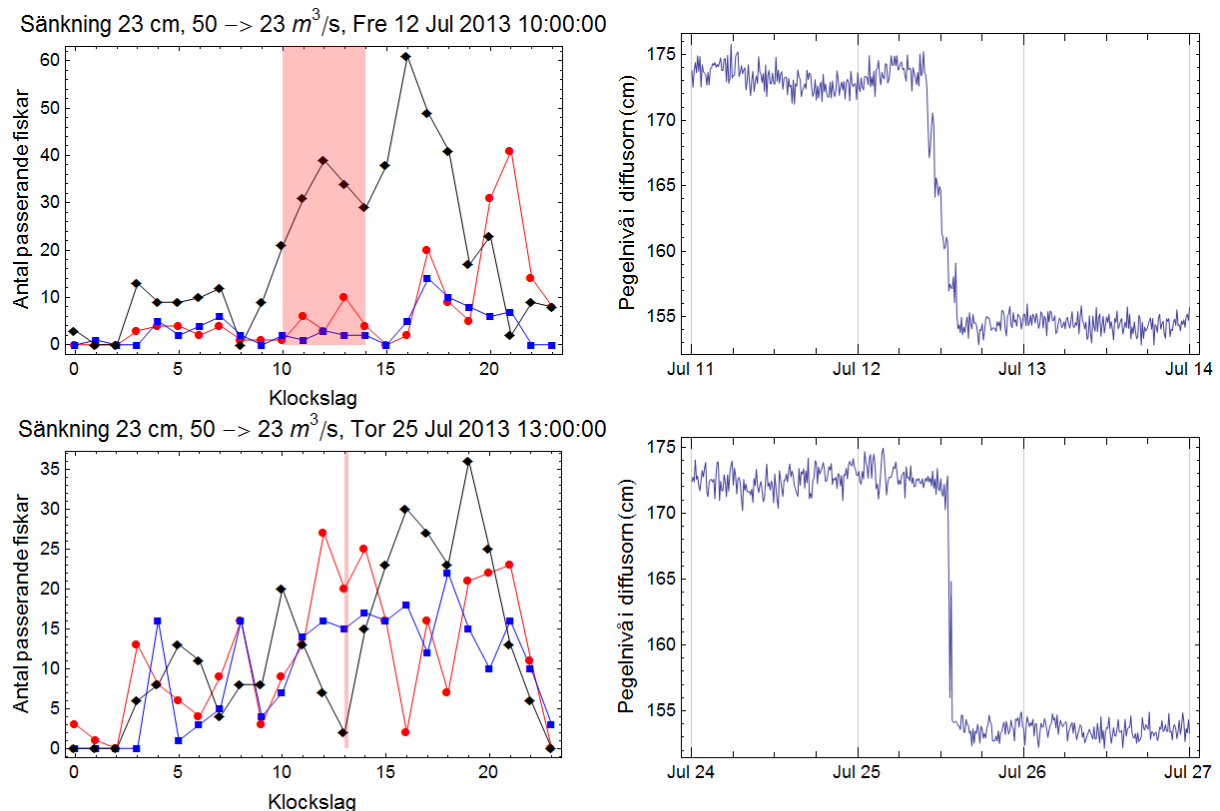
Vi har inte gjort någon statistisk analys av hur fiskarnas uppvandringsbeteende påverkas, men de figurer som visar uppvandringen per timme i anslutning till flödesminskningarna antyder att fiskarna återupptagit uppströmsvandringen efter 2-4 timmar (se [Figur 28](#)). För att underlätta jämförelsen visas även medelvärdena för vandringsmönstret per timme dagen innan och dagen efter respektive flödesminskning. Rensningstillfällena med åtföljande flödesminskningar tycks därför inte utgöra något problem, men för att inte fler fiskar än nödvändigt skall påverkas rekommenderas att man fortsätter som nu, dvs att göra dessa åtgärder när det är så lite fisk i kammarrappan som möjligt.



Figur 28. Uppvandringmönster per timme enligt VAKI-räkningen under de dagar när tillfälliga flödesminskningar gjordes i kammartappen för översyn och rensning. Röda symboler och linjer visar antalet passerande fiskar per timme under samma dag som flödesminskningen gjordes. Blå symboler och linjer visar medelantalet passerande fiskar per timme beräknat på antalet dagar innan och dagen efter flödesminskningen. Det ljusröda fältet markerar perioden med flödesminskning och storleken på flödesminskningen liksom datum anges ovanför figuren. Nivåsänkningen gäller kammaren i kröken nedströms fiskräknaren.

De mer omfattande flödesminskningarna i kammartappen i samband med översyn och rensning påverkade inte vattennivån i diffusorn än 3-5 cm. Däremot varierade vattennivån i diffusorn med mängden spillflöde. Data på hur vattennivåerna förändrats i diffusorn under säsongen erhöles från den trycktemplogger som var placerad längst in i diffusorn, upp mot början av kammartappen. Nivåskillnaden mellan 23 och 50 m³/s var ca

23 cm. Vi har inte gjort någon statistisk analys av uppvandningsresponsen till följd av nivåförändringarna i diffusorn eftersom dessa inte enkelt kan skiljas från förändringen av själva flödet utanför diffusorn. Utifrån figurer med uppvandningsdata från de tillfällen nivåförändringar förekommit kan vi inte se någon omedelbar respons på uppvandringen, som borde yttrat sig i form av en topp eller svacka i uppvandningsdata ([Figur 29](#)), se [Bilaga 4](#) för flera exempel från flödesförändringar som ledde till vattenståndsskillnader i diffusorn. Den totala majoriteten av uppvandring skedde på 23 m³/s, men det är oklart om det berodde på flödesförhållandena utanför diffusorn eller på att det något lägre vattenståndet i diffusorn kan ha underlättat anlockningen upp i kammarrappan.



Figur 29. Figurerna till vänster visar uppvandningsmönster per timme enligt VAKI-systemet i samband med flödesminskning från 50 till 23 m³/s. Röda symboler och linjer visar antalet passerande fiskar per timme under samma dag som flödesminskningen gjordes. Blå symboler och linjer visar uppvandringen dagen innan och svarta symboler och linjer visar uppvandringen dagen efter flödesminskningen. Det ljusröda fältet markerar perioden med flödesminskning och storleken på flödesminskningen anges ovanför figuren. Nivåsänkningen gäller i diffusorn och visas över tid i figurerna till höger.

3.3.6.7 PIT-antennernas funktion

Tre av antennparen, 1, 2 och 4, registrerade nästan all PIT-märkt fisk som passerade ([Tabell 9](#)). Antennpar 3 och 7 hade betydligt lägre detektionseffektivitet, kring 60 %, medan antennparen 5 och 6 låg mellan 85 och 90 % effektivitet. Det är oklart vad den låga detektionseffektiviteten på antennpar 7 berodde på, men konsekvensen blir att man inte kan filtrera enbart på registreringar på antenn 7 för att avgöra om PIT-märkt fisk passerat fisktrappan eller inte.

Tabell 9. Sannolikheter för de sju antennparen att registrera PIT-märkt vuxen fisk i samband med uppvandring i fisktrappan. NKI och ÖKI avser nedre respektive övre gränserna för 95 % konfidensintervall.

Antennpar	Median	NKI	ÖKI	N
1	1.00	0.99	1.00	375
2	1.00	0.99	1.00	351
3	0.57	0.52	0.63	362
4	0.99	0.98	1.00	352
5	0.86	0.83	0.89	403
6	0.88	0.83	0.93	156
7	0.63	0.57	0.69	258

4 Förslag till åtgärder

Åtgärder i Baggböleforsen kvarstår så att fisk enkelt kan lämna nedre delområdet och ta sig till den övre delen utan problem. Sedan är det viktigt att utskovet iordningsställs så att man minimerar risken att laxen tar sig upp på utskovsgolvet där de kan skadas. Om de ändå tar sig upp på utskovsgolvet när spilltappningar genomförs bör fiskarna inte kunna stranda i djupare höljor eller skadas av sprängd sten utan återförs automatiskt till poolområdet nedströms efter avslutat tapp på dammluckan. Om attraktionen till själva fisktrappan kan förbättras så att köbildningen inte uppstår i diffusorn kommer det att underlätta och korta ned tiden för fiskens passage genom hela fisktrappan. För att utvärdera dessa delar krävs en radiomärkningsstudie (samt PIT märkt fisk som kontroller) där fokusområdena är Baggböle och området nedan utskovet och diffusorn, samt i själva diffusorn. Effekten av en restaurering av utskovsgolvet och sänkning av vattennivån i den nedströmsliggande poolen på laxen invandring i fisktrappans lockvatten kan bara utredas med radiomärkning av fisk. Den tredje delen är en översyn av vandringen från diffusorn till kammarsektionen. Beslutas det om en sådan studie är det viktigt att fisken märkas på kusten (Långhalsudden) enligt samma rutiner som genomfördes 2013 för att minimera störning av uppvandringsbeteendet.

5 Erkännande

Vi vill tacka Åke Forssén, Johan Molin och övrig personal på Vattenfalls fiskodling i Norrfors för hjälp med fältarbetet samt insamling och leverans av PIT-data och VAKI-data från fisktrappan samt PIT-data från Baggböle. Vi ägnar också ett stort tack till Joakim Johansson, Dan-Erik Lindberg, John Niklasson, Peter Rivinoja och Bo-Sören Viklund från SLU för arbete med montering och underhåll av telemetriutrustning och övrig loggerutrustning, insamling av data samt märkning av fisk. Nils-Erik Sjöström tackas för att han medverkade i projektet och upplät sin laxryssa och båt för att möjliggöra fångst och märkning av lax i Umeälvens mynning.

6 Referenser

- Bjornn, T. C., Keefer, M. L., Ringe, R. R., Tolotti, K. R. & Stuehrenberg, L.C. (2000). Migration of adult spring and summer Chinook salmon past Columbia and Snake River dams, through reservoirs and distribution into tributaries, 1996. Report for U.S. Army Corps of Engineers, Walla Walla District, Walla, Walla, WA, and Bonneville Power Administration, Portland, OR.
- Gowans, A. R. D., Armstrong, J. D. & Priede, I. G. (1999). Movements of Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology* 54:713–726.
- Karlsson, R. 2013. Passage efficiency and migration behavior for adult Atlantic salmon at a Half-Ice Harbor fish ladder. Master degree thesis in biology, 2013:4, Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies, Swedish University of Agricultural Sciences. Umeå.
- Laine, A. 1995. Fish swimming behaviour in Finnish fishways. In: Komura, S. (ed.), Proceedings of the International Symposium on Fishways '95 in Gifu, Japan, October 24–26.
- Lundqvist, H., Rivinoja, P., Leonardsson, K. & McKinnell, S. 2008. Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a regulated river and its effect on the population. *Hydrobiologia* 602: 111-127.
- Montén E. 1985. Fish and Turbines: Fish Injuries during Passage through Power Station Turbines. In. Vattenfall Stockholm, Sweden.
- Økland, F., Erkinaro, J., Moen, K., Niemelä, E., Fiske, P., McKinley, R. S., & Thorstad, E. B. (2001). Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: phases of migratory behaviour. *Journal of Fish Biology* 59:862–874.
- Rivinoja, P. 2005. Migration Problems of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Flow Regulated Rivers. Doctoral Thesis No. 2005:114. Faculty of Forest Sciences, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), 901 83 Umeå. ISSS: 1652-6880. ISBN: 91-576-6913-9.
- Rivinoja, P., Leonardsson, K. & Lundqvist, H. 2006. Migration success and migration time of gastrically radio-tagged v. PIT-tagged adult Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 69: 304–311.
- Rivinoja, P., Lindberg, D.-E., Leonardsson, K., Viklund, B.-S., Hockersmith, E., Rambo, S., Axel, G. & Lundqvist, H. 2009. Upstream passage of salmon and seatrout in the regulated part of River Umeälven (Sweden). Report 3, Department of Wildlife, Fish, and Environmental studies, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Rivinoja, P., McKinnell, S. & Lundqvist, H. 2001. Hindrances to upstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a northern Swedish river caused by a hydroelectric power-station. *Regulated Rivers: Research and Management* 17: 101–115.
- Webb, J. 1990. The movements of adult Atlantic salmon in the River Tay and Tummel to Pitlochry Dam. *Scottish Fisheries Research Report* 48, 27 p.

7 Bilagor

Förteckning över bilagor

[Bilaga 1](#). Positioner för telemetriorloggrarnas antenner, WGS 84.

[Bilaga 2](#). Sammanställning av vandringstider (dygn) för radiomärkt lax mellan telemetriorloggrar i området från sammanflödet och upp till fisktrappan i Norrfors.

[Bilaga 3](#). Sammanställning av range-test med testsändare i och utanför diffusorn.

[Bilaga 4](#). Figurer med uppvandringsdata per timme från fisktrappan i samband med vattenståndsförändringar i diffusorn.

[Bilaga 5](#). Frekvensfördelningar med vandringstider för de radiomärkta laxarna mellan olika områden i älven.

[Bilaga 6](#). Manuell räkning av fisk i diffusorn

[Bilaga 7](#). Analys av fördröjning och vandringsförluster från Laxhoppet till passage av fisktrappan

[Bilaga 8](#). Uppvandringsframgång av vuxen odlad lax - vildlaxekvivalenter

Bilaga 1. Positioner för telemetriorloggrarnas antenner, WGS 84. Antenntypen UV avser undervattensantenn.

Loggertyp	Position	Latitud	Longitud	Antenntyp	Omr
NOAA	Gimonäs småbåtshamn	63.47296	20.18465	Luft	Huvudfåran
ATS	Umeå stad, EFS-gården	63.83154	20.15251	Luft	Huvudfåran
NOAA	Sammanflödet, södra sidan	63.83275	20.12717	Luft	Sammanflödet
NOAA	Sammanflödet, södra sidan	63.83287	20.12692	Luft	Sammanflödet
NOAA	Sammanflödet, södra sidan	63.83183	20.12845	Luft	Sammanflödet
NOAA	Sammanflödet, södra sidan	63.83201	20.12828	Luft	Sammanflödet
NOAA	Sammanflödet, udden	63.83372	20.12815	Luft	Sammanflödet
NOAA	Sammanflödet, udden	63.83371	20.12836	UV	Sammanflödet
NOAA	Sammanflödet, norra sidan	63.83217	20.13137	Luft	Sammanflödet
NOAA	Sammanflödet, norra sidan	63.83269	20.13118	Luft	Sammanflödet
NOAA	Baggbölepoolen	63.83795	20.11824	Luft	Gamla älvfåran
NOAA	Baggbölepoolen	63.83795	20.11824	UV	Gamla älvfåran
NOAA	Kungsmofallen	63.87838	20.02912	Luft	Gamla älvfåran
NOAA	Kungsmofallen, nedre	63.87838	20.02912	UV	Gamla älvfåran
NOAA	Laxhoppet	63.87719	20.02229	Luft	Gamla älvfåran
NOAA	Laxhoppet	63.87719	20.02229	UV	Gamla älvfåran
NOAA	Utanför diffusorn	63.87892	20.01941	UV	Gamla älvfåran
NOAA	Inne i diffusorn	63.87892	20.01941	UV	Fisktrappan
NOAA	Fisktrappan utgång	63.87878	20.01461	UV	Fisktrappan
NOAA	Fisktrappan utgång	63.87920	20.01349	Luft	Huvudfåran
NOAA	Intagskanalen	63.85997	20.02992	Luft	Huvudfåran/Intagskanalen
ATS	Spöland, Slöjdarnashus	63.92311	19.85555	Luft	Huvudfåran

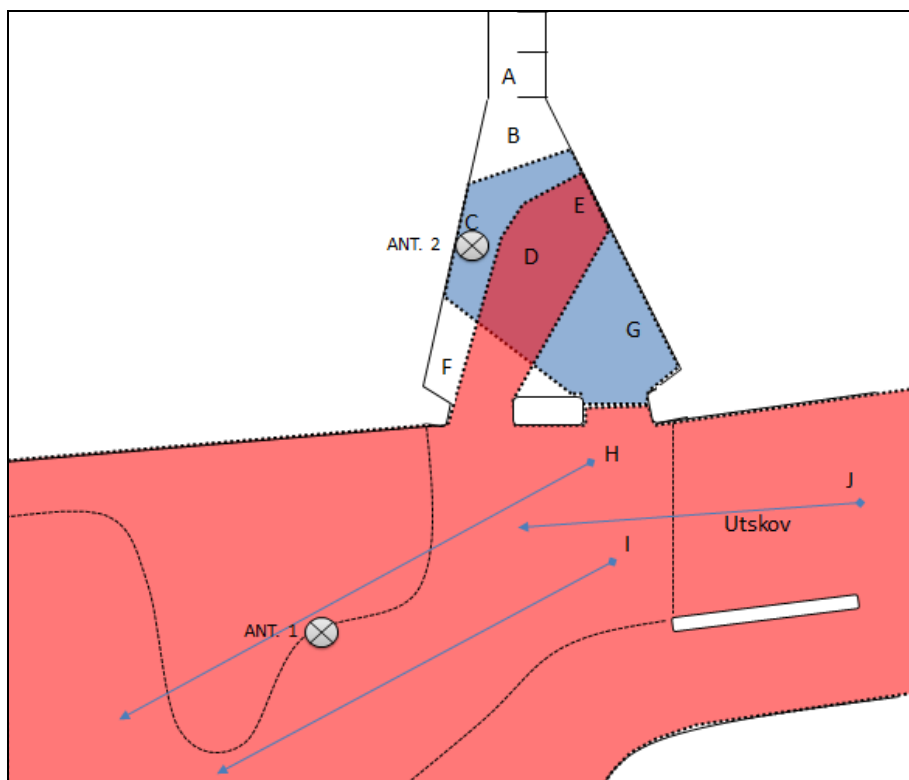
Bilaga 2. Sammanställning av vandringsstider (dygn) för radiomärkt lax mellan telemetriloggrar i området från sammanflödet och upp till fisktrappan i Norrfors. Resultaten presenteras som percentiler.

Loggerposition 1	Första/sista registrering	Loggerposition 2	Första/sista registrering	P_2.5	P_25	Median	P_75	P_97.5	N
Sammanflödet	Första	Baggböle	Första	0.2	2.5	5	8.9	27.6	120
Sammanflödet	Första	Baggböle	Sista	0.2	5.1	7.5	13.5	37.3	120
Sammanflödet	Sista	Baggböle	Första	0	0.1	0.2	0.5	3.1	120
Sammanflödet	Sista	Baggböle	Sista	0	0.7	2.9	5.1	19.7	120
Sammanflödet	Första	Laxhoppet	Första	4.8	10.2	16.2	26	55.5	107
Sammanflödet	Första	Laxhoppet	Sista	5.1	11.1	18.1	28.6	72.1	107
Sammanflödet	Sista	Laxhoppet	Första	1.6	5.4	8.2	19.5	47.6	107
Sammanflödet	Sista	Laxhoppet	Sista	2.2	6.5	10.1	21.3	60.5	107
Sammanflödet	Första	Fisktrappan, övre	Första	6.7	14.3	25.1	59.9	99.8	73
Sammanflödet	Första	Fisktrappan, övre	Sista	6.8	14.4	25.2	60	99.9	73
Sammanflödet	Sista	Fisktrappan, övre	Första	3.1	10.9	19.1	48.8	84.4	73
Sammanflödet	Sista	Fisktrappan, övre	Sista	3.1	11.5	20	49	84.4	73
Baggböle	Första	Kungsmo	Första	1.9	4.3	7.3	17.1	54.1	100
Baggböle	Första	Kungsmo	Sista	2	5.1	8.6	17.7	54.2	100
Baggböle	Sista	Kungsmo	Första	0.7	1.5	2.4	3.8	20.2	100
Baggböle	Sista	Kungsmo	Sista	0.9	1.9	3	4.6	21.9	100
Baggböle	Första	Laxhoppet	Första	1.5	5.3	8	17.9	47.6	105
Baggböle	Första	Laxhoppet	Sista	2.2	6.3	9.8	21.1	59.6	105
Baggböle	Sista	Laxhoppet	Första	0.9	2.1	3.2	4.6	23.1	105
Baggböle	Sista	Laxhoppet	Sista	1.4	3	4	7.1	36.1	105
Baggböle	Första	Diffusorn	Första	2.4	6.3	10.4	21.1	58.1	104
Baggböle	Första	Diffusorn	Sista	2.7	6.7	11.3	21.8	60.7	104
Baggböle	Sista	Diffusorn	Första	1.6	3.3	4.3	7.9	36.2	104
Baggböle	Sista	Diffusorn	Sista	2	3.6	5	9.8	44.1	104
Baggböle	Första	Fisktrappan, övre	Första	2.9	10.6	18.9	48.6	84.2	73
Baggböle	Första	Fisktrappan, övre	Sista	2.9	11.1	19.9	48.8	84.2	73
Baggböle	Sista	Fisktrappan, övre	Första	2.1	5.8	10.1	30.9	80.9	73
Baggböle	Sista	Fisktrappan, övre	Sista	2.1	6	10.6	30.9	81	73
Kungsmo	Första	Laxhoppet	Första	0.2	0.4	0.8	1.2	5	96
Kungsmo	Första	Laxhoppet	Sista	0.3	0.9	1.4	2.8	25.7	96
Kungsmo	Sista	Laxhoppet	Första	0.1	0.2	0.3	0.6	1.8	96
Kungsmo	Sista	Laxhoppet	Sista	0.2	0.5	0.9	2.1	24.2	96
Kungsmo	Första	Diffusorn	Första	0.3	1	1.8	3.1	26.2	97
Kungsmo	Första	Diffusorn	Sista	0.7	1.4	2.2	3.9	27.1	97
Kungsmo	Sista	Diffusorn	Första	0.2	0.7	1.1	2.2	24.2	97
Kungsmo	Sista	Diffusorn	Sista	0.4	1.1	1.7	2.9	26.8	97
Kungsmo	Första	Fisktrappan, övre	Första	1	3	5.9	21.1	77.8	68
Kungsmo	Första	Fisktrappan, övre	Sista	1	3.2	6.5	21.1	77.9	68
Kungsmo	Sista	Fisktrappan, övre	Första	0.9	2.4	5.8	19.2	77.7	68
Kungsmo	Sista	Fisktrappan, övre	Sista	0.9	2.8	6.1	19.2	77.8	68
Laxhoppet	Första	Diffusorn	Första	0.1	0.3	0.8	1.9	23	102
Laxhoppet	Första	Diffusorn	Sista	0.2	0.7	1.2	2.7	26	102
Laxhoppet	Sista	Diffusorn	Första	0	0	0.1	0.1	3.5	102
Laxhoppet	Sista	Diffusorn	Sista	0	0.2	0.5	0.9	21	102
Laxhoppet	Första	Fisktrappan, övre	Första	0.4	2.1	5.4	18.8	77.6	72
Laxhoppet	Första	Fisktrappan, övre	Sista	0.5	2.4	5.5	18.8	77.6	72
Laxhoppet	Sista	Fisktrappan, övre	Första	0.3	1	3.4	11.2	77.5	72
Laxhoppet	Sista	Fisktrappan, övre	Sista	0.4	1.1	3.9	11.2	77.6	72
Diffusorn	Första	Fisktrappan, övre	Första	0.4	1.1	3.4	12.8	77.4	72
Diffusorn	Första	Fisktrappan, övre	Sista	0.5	1.2	4	12.8	77.5	72
Diffusorn	Sista	Fisktrappan, övre	Första	0.2	0.3	0.5	0.7	2	72
Diffusorn	Sista	Fisktrappan, övre	Sista	0.2	0.4	0.6	0.8	5.7	72

Bilaga 3. Sammanställning av range-test med testsändare i och utanför diffusorn för att avgöra vilken rumslig täckning respektive undervattensantenn hade i respektive utanför diffusorn.

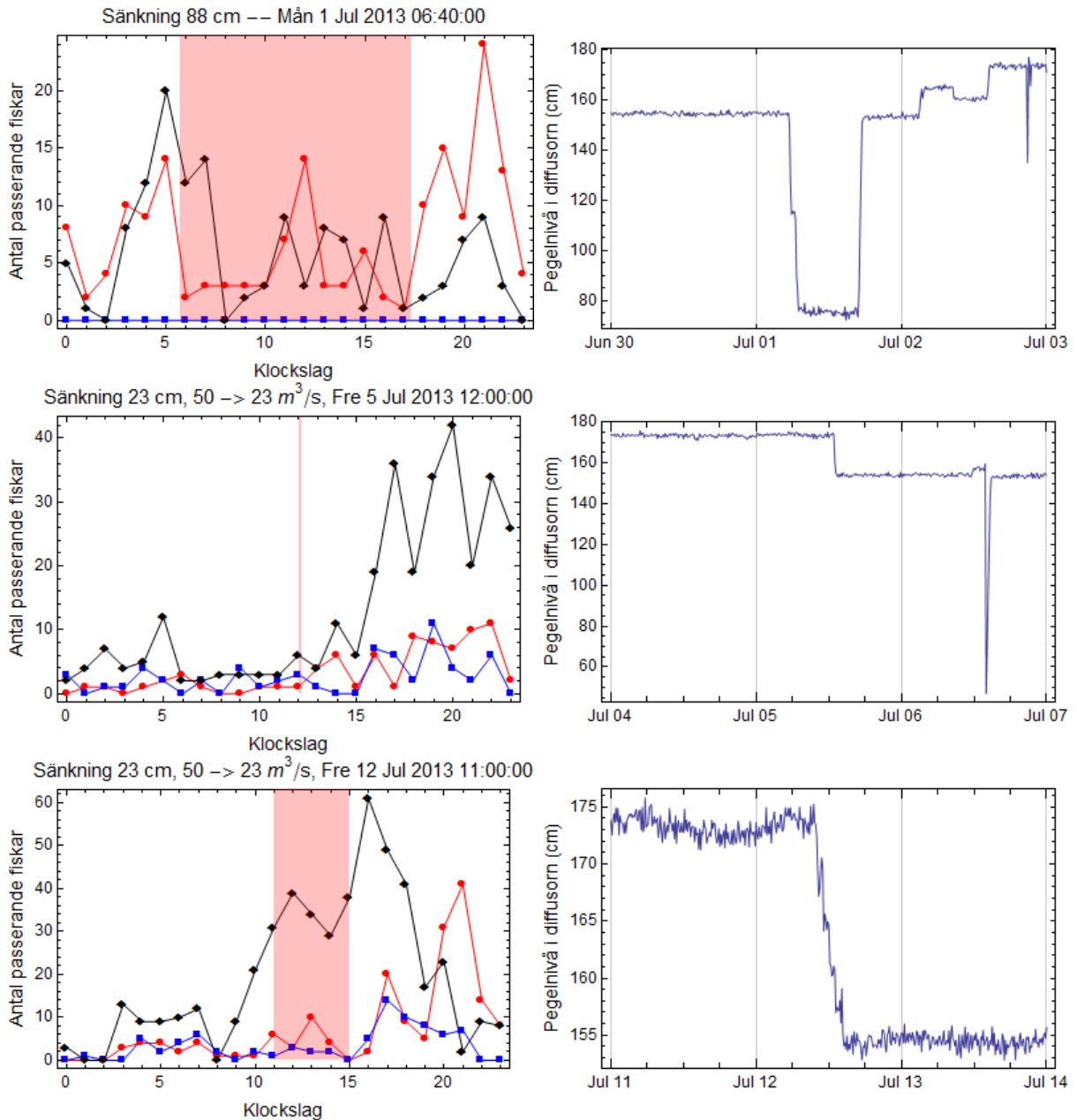
Tabell 10. Sammanställning av registreringar av testsändare på olika platser i och utanför diffusorn.

Plats	Djup (cm)	ANT. 1				ANT. 2			
		# reg	# reg/min	Styrka		# reg.	# reg/min	Styrka	
				max	min			max	min
Position A	150	51	12.8	-108	-122	64	13.9	-107	-116
Position B	60	357	14.3	-99	-122	322	14.6	-99	-120
Position C	150	99	14.3	-96	-113	107	15.1	-94	-114
Position D	20	96	14.5	-81	-85	95	15.1	-79	-86
Position E	60	75	14.1	-89	-94	77	15.2	-88	-96
Position F	60	76	10.0	-100	-106	76	15.0	-101	-112
Position F	20	55	13.6	-111	-121	71	11.8	-109	-121
Position G	60	52	14.8	-100	-108	55	15.6	-94	-105
Position H	0-50	17	.*	-62	-87	2	.*	-119	-121
Position I	0-50	12	.*	-78	-93	1	.*	-125	-125
Position J	0-50	13	.*	-87	105	-	.*	-	-

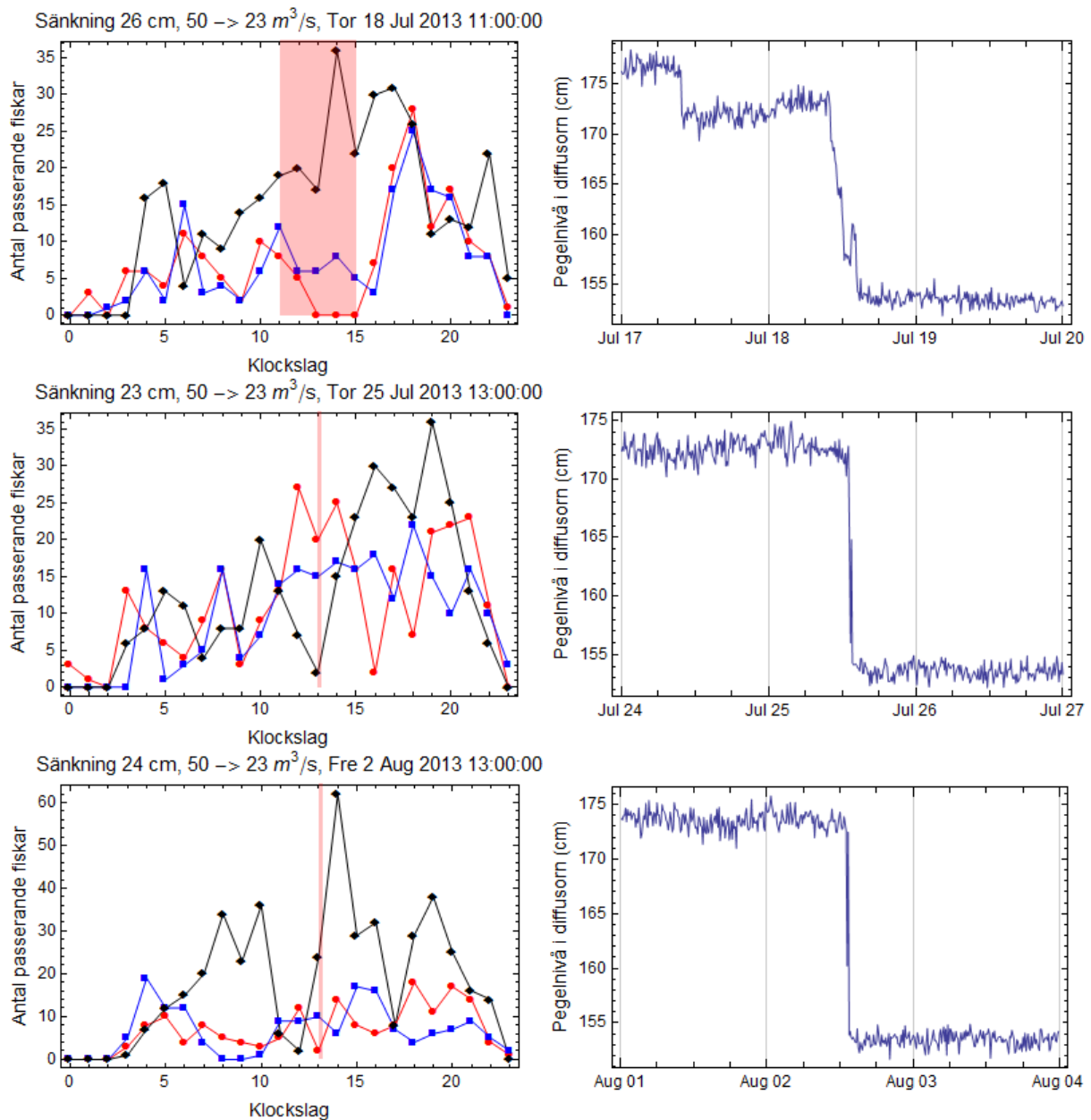


Figur 30. Färgmarkeringarna ger en uppskattning av vart det är möjligt att fisken befinner sig om den går in på respektive antenn. Bokstäverna symboliserar positionen för vart testsändaren placerades. För H, I och J visar pilarna den ungefärliga sträckningen som sändaren driftade.

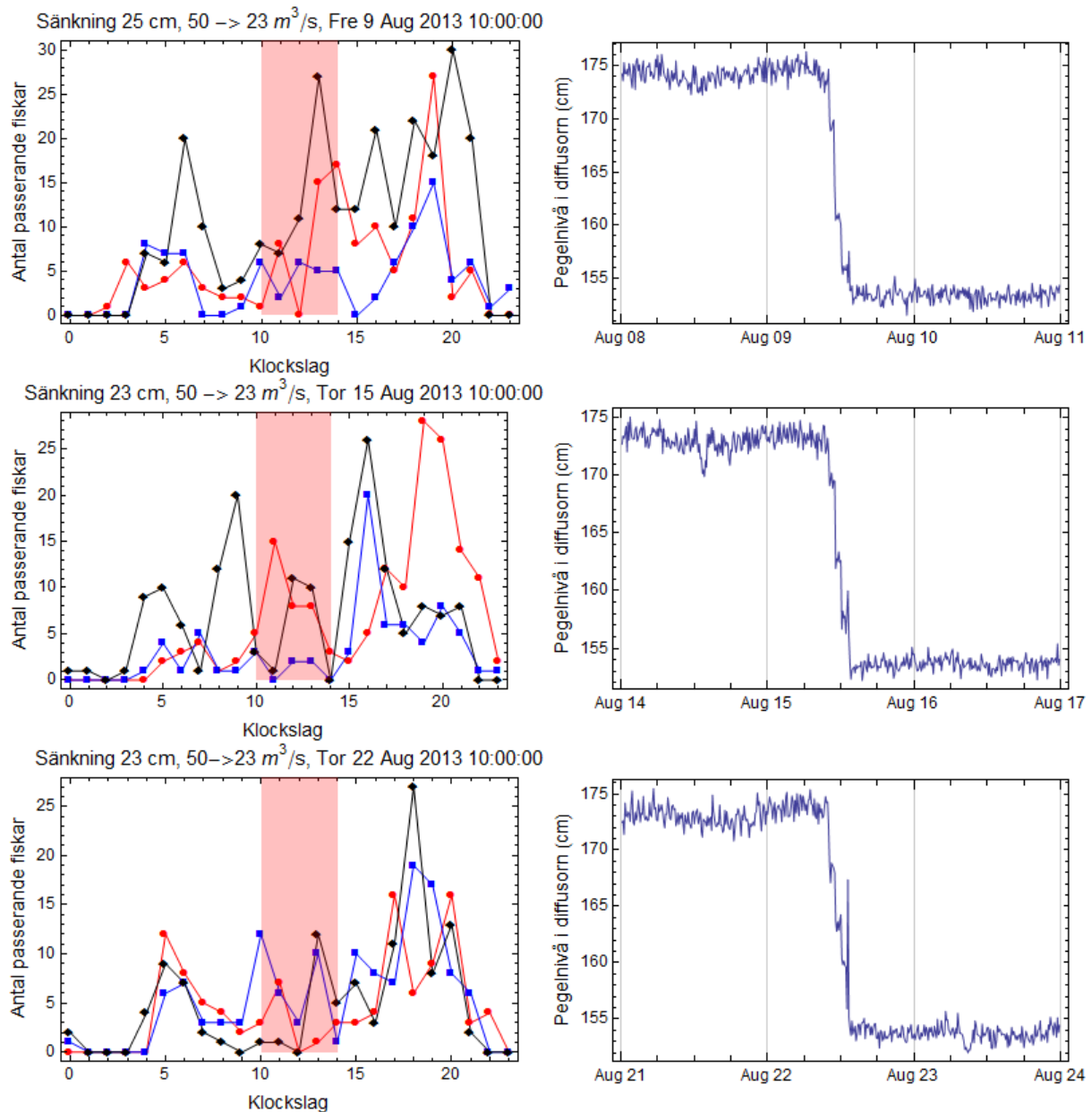
Bilaga 4. Figurer i vänster kolumn visar uppvandringsdata per timme från fisktrappan i relation till tiden på dygnet i samband med vattenståndsförändringar i diffusorn. Det röda fältet markerar tidsperioden för vattenståndsförändringen. Blå linje och blåa symboler visar passagedata från dygnet innan vattenståndsförändringen, röd linje och röda symboler visar passagedata den dagen vattenståndsförändringen skedde och svart linje och svarta symboler visar passagedata från dygnet efter vattenståndsförändringen. Figurer i den högra kolumnen visar förändringen i vattenytans nivå i relation till pegeln i diffusorn under de dagar som passagedata visas i figuren till vänster. Nollnivån motsvaras av trycktemp-loggerens djup.



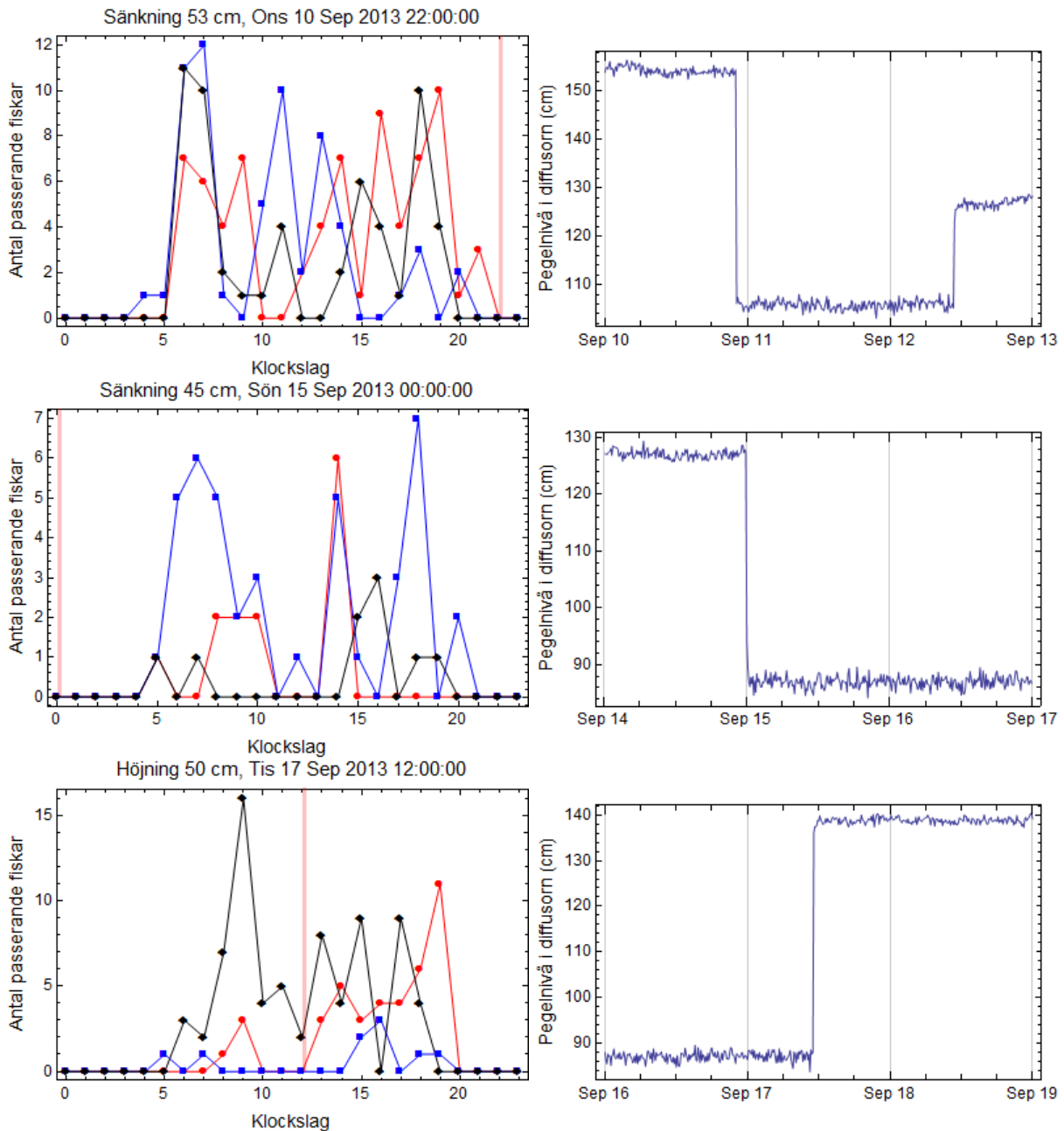
Bilaga 4. forts. Figurer i vänster kolumn visar uppvandringsdata per timme från fisktrappan i relation till tiden på dygnet i samband med vattenståndsförändringar i diffusorn. Det röda fältet markerar tidsperioden för vattenståndsförändringen. Blå linje och blåa symboler visar passagedata från dygnet innan vattenståndsförändringen, röd linje och röda symboler visar passagedata den dagen vattenståndsförändringen skedde och svart linje och svarta symboler visar passagedata från dygnet efter vattenståndsförändringen. Figurer i den högra kolumnen visar förändringen i vattenytans nivå i relation till pegeln i diffusorn under de dagar som passagedata visas i figuren till vänster. Nollnivån motsvaras av trycktemp-loggersns djup.



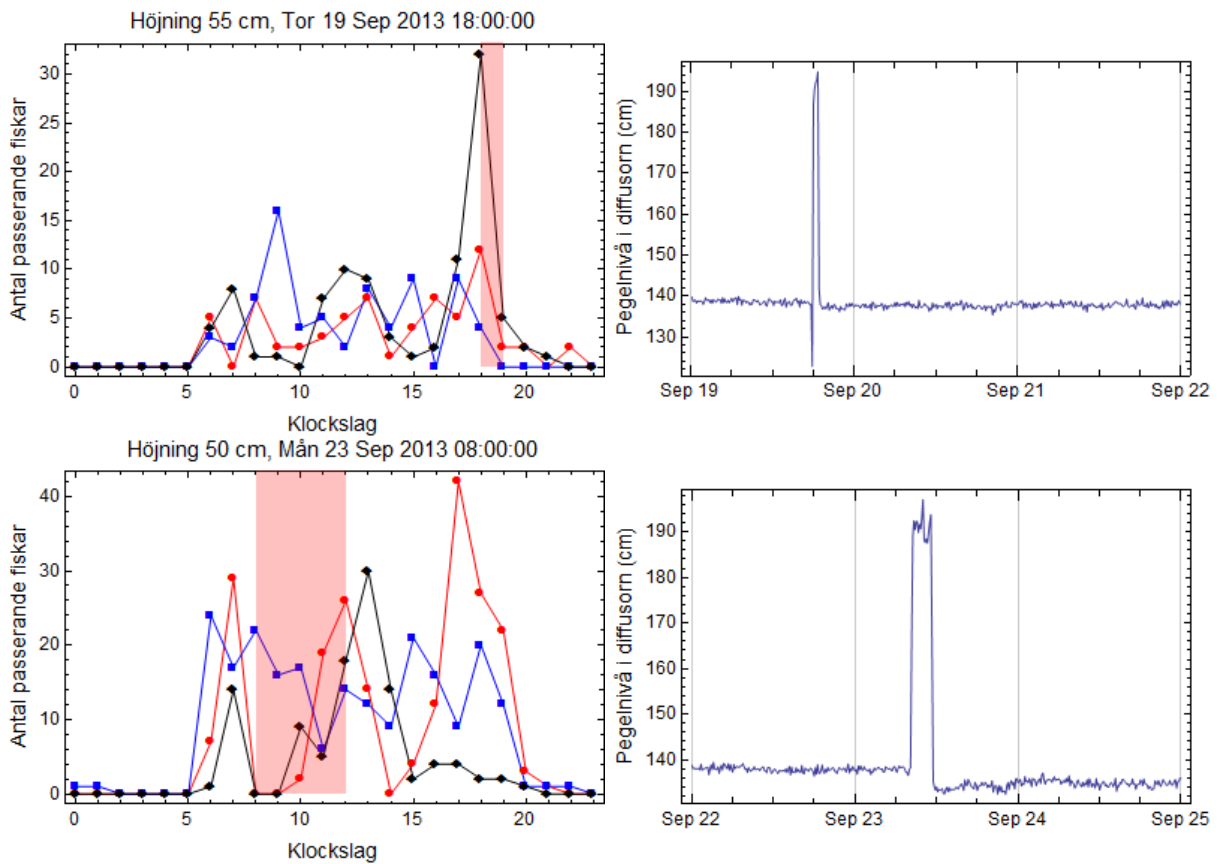
Bilaga 4. forts. Figurer i vänster kolumn visar uppvandringsdata per timme från fisktrappan i relation till tiden på dygnet i samband med vattenståndsförändringar i diffusorn. Det röda fältet markerar tidsperioden för vattenståndsförändringen. Blå linje och blåa symboler visar passagedata från dygnet innan vattenståndsförändringen, röd linje och röda symboler visar passagedata den dagen vattenståndsförändringen skedde och svart linje och svarta symboler visar passagedata från dygnet efter vattenståndsförändringen. Figurer i den högra kolumnen visar förändringen i vattenytans nivå i relation till pegeln i diffusorn under de dagar som passagedata visas i figuren till vänster. Nollnivån motsvaras av trycktemp-loggersns djup.



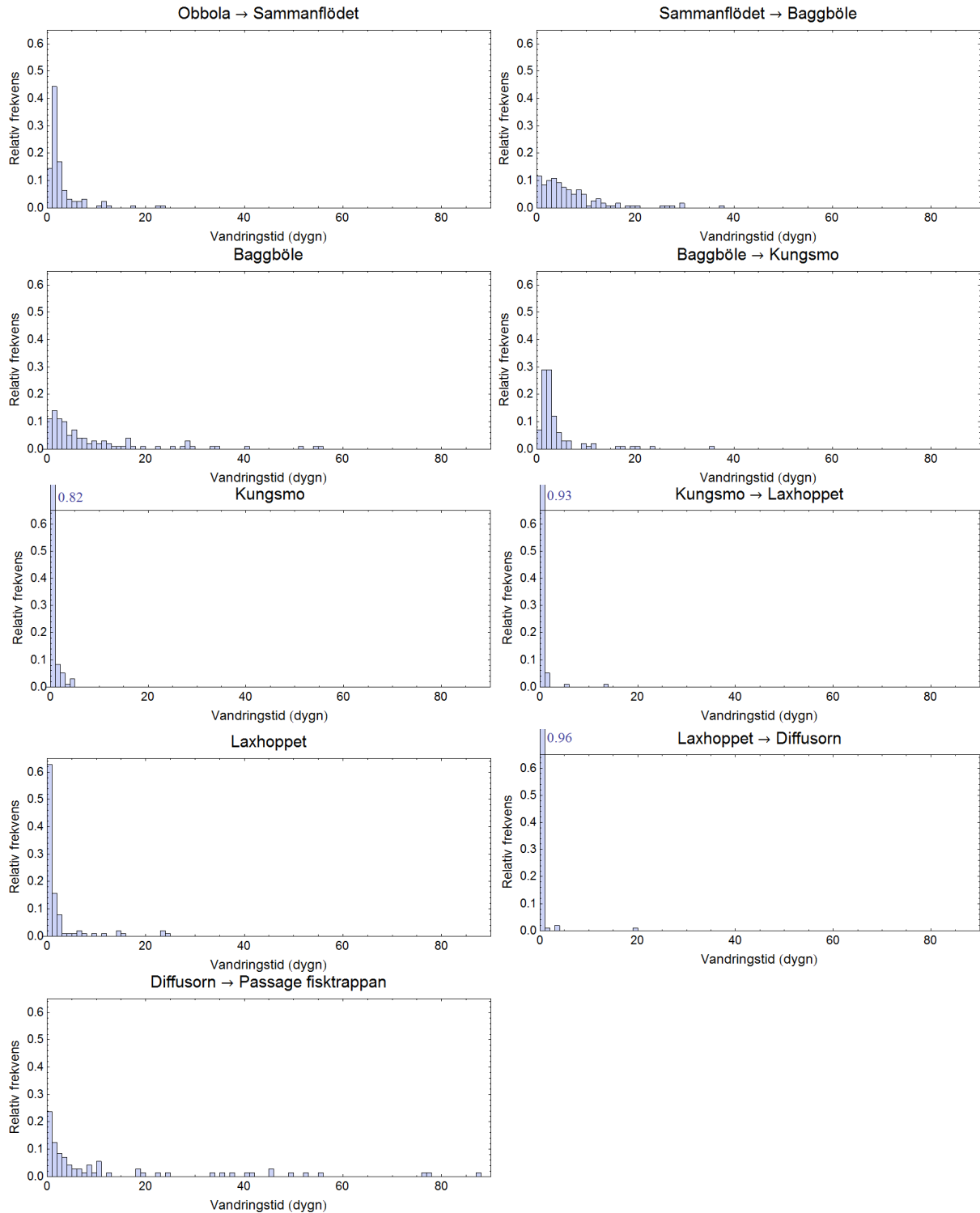
Bilaga 4. forts. Figurer i vänster kolumn visar uppvandringsdata per timme från fisktrappan i relation till tiden på dygnet i samband med vattenståndsförändringar i diffusorn. Det röda fältet markerar tidsperioden för vattenståndsförändringen. Blå linje och blåa symboler visar passagedata från dygnet innan vattenståndsförändringen, röd linje och röda symboler visar passagedata den dagen vattenståndsförändringen skedde och svart linje och svarta symboler visar passagedata från dygnet efter vattenståndsförändringen. Figurer i den högra kolumnen visar förändringen i vattenytans nivå i relation till pegeln i diffusorn under de dagar som passagedata visas i figuren till vänster. Nollnivån motsvaras av trycktemp-loggersns djup.



Bilaga 4. forts. Figurer i vänster kolumn visar uppvandringsdata per timme från fisktrappan i relation till tiden på dygnet i samband med vattenståndsförändringar i diffusorn. Det röda fältet markerar tidsperioden för vattenståndsförändringen. Blå linje och blåa symboler visar passagedata från dygnet innan vattenståndsförändringen, röd linje och röda symboler visar passagedata den dagen vattenståndsförändringen skedde och svart linje och svarta symboler visar passagedata från dygnet efter vattenståndsförändringen. Figurer i den högra kolumnen visar förändringen i vattenytans nivå i relation till pegeln i diffusorn under de dagar som passagedata visas i figuren till vänster. Nollnivån motsvaras av trycktemp-loggersns djup.



Bilaga 5. Frekvensfördelningar som visar vandrings- uppehållstiderna för de radiomärkta laxarna mellan eller inom områden. Tiderna avser från första registrering i område 1 till första registrering i område 2, område 1 → område 2, alternativt från första till sista registrering i området innan fortsatt uppströmsvandring.



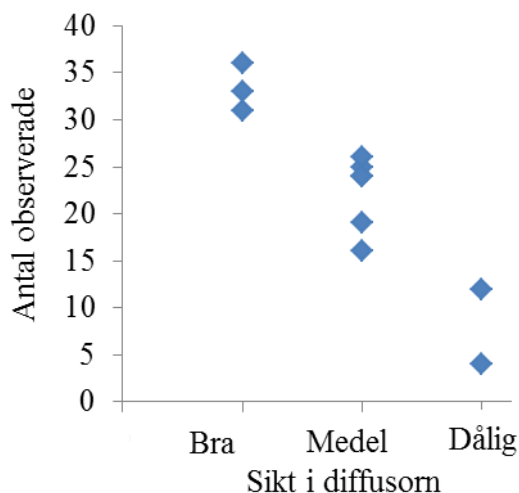
Bilaga 6. Manuell räkning av fisk i diffusorn

Manuell räkning av fisk i diffusorn

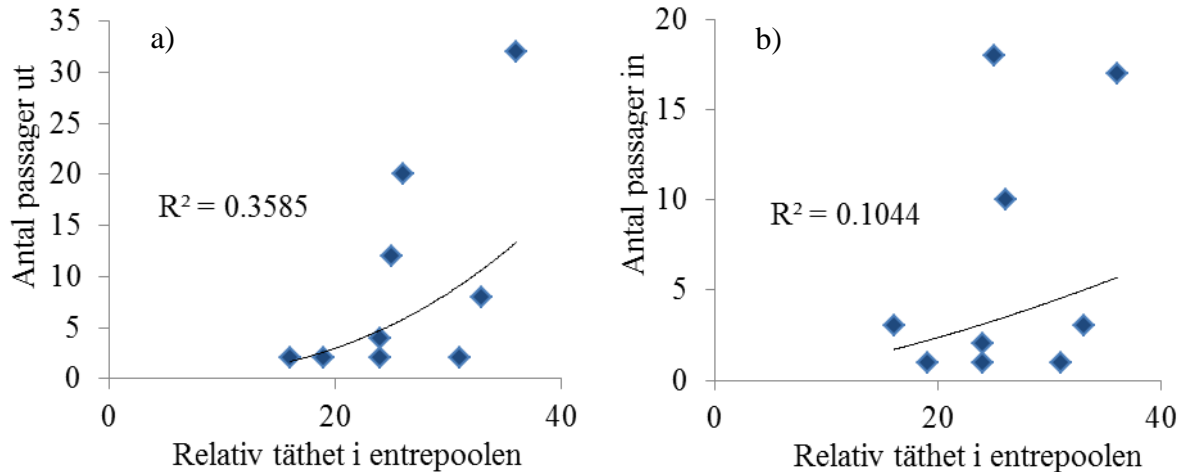
Denna här delstudien syftade till att undersöka om fisktätheten i diffusorn påverkar fiskens vilja att vandra uppströms i fisktrappan. Följande frågeställningar hanterades.

- Påverkar tätheten av fisk inne i diffusorn in- och utpassagen av fisk till diffusorn?
- Påverkar tätheten av fisk inne i diffusorn fiskens benägenhet att passera trappan?

Resultaten från samtliga räkningar av fisk i diffusorn redovisas i [Tabell 11](#). I analyserna har endast data från eftermiddagar med goda siktförhållanden (medel-bra) använts ([Figur 31](#)). Vi kunde inte finna något signifikant samband mellan den relativa tätheten i diffusorn och antalet in- eller utpassager från diffusorn. Förhållandet in- och utpassager ser ut att vara ganska stabilt, oberoende av den relativa tätheten i diffusorn ([Figur 32](#)). Man skulle kunna anta att det sker färre utpassager vid låga tätheter men så är alltså inte fallet. Detta kan, som Laine (1995) påpekar, bero på att fisken behöver bekanta sig med området och därför simmar ut och in i diffusorn oberoende av hur mycket fisk som redan finns där. En annan möjlig förklaring är fiskarnas val av ståndplats i diffusorn. Vi har sett att fiskarna i diffusorn till stor del väljer att positionera sig i det norra hörnet, närmast ingången till diffusorn. Detta medför att fisk som simmar in i diffusorn möter en "vägg" av redan positionerade fiskar och måste kämpa för sin plats, oavsett mängden fisk längre in i diffusorn. Teorin stöds av att jag vid flertalet observationstillfällen, vid både höga och låga tätheter i diffusorn, såg fisk som simmade in i diffusorn för att omedelbart falla ut igen. Motsvarande mönster sågs även åt andra hållet där fisk som "föll" ut från diffusorn genast simmade in igen. Som nämnts i föregående års rapport (Karlsson, 2013) bör en uppmätning av strömförhållanden i diffusorn göras. Det finns skäl att tro att dessa inte är optimala och fördröjer fisken i deras uppvandring genom trappan. Med andra strömförhållanden i diffusorn så skulle man kunna tänka sig att fler fiskar väljer att positionera sig närmare ingången till trappan och i och med det snabbare beslutar sig för att vandra upp.



Figur 31. Relativ täthet i diffusorn i förhållande till sikt i diffusorn



Figur 32a-b Figur a ($n=9$) visar antal passager ut från diffusorn per 20 minuter plottat mot den relativa tätheten i diffusorn (a). Figur b ($n=9$) visar antal passager in i diffusorn per 20 minuter plottat mot den relativa tätheten i diffusorn (b). Mycket låg förklaringsgrad i båda fallen.

Inget samband mellan den relativa tätheten och passage genom fisktrappan kunde ses om fiskarnas passage uppströms bedömdes samma dag eller de tre efterföljande dagarna ($r^2 < 0.02$, $n=11$). Då den effektiva tiden (=den totala tid som fisken spenderar i diffusorn innan den väljer att gå upp i trappan) i medeltal uppmättes till 2 dygn under 2012 års studie bör man kunna anta att en eventuell täthetseffekt borde visat sig inom detta tre dagars intervall.

Metoden för att bedöma tätheten i denna studie var känslig för vatten- och väderförhållandena. Även mängden fisk i diffusorn påverkade möjligheten att uppskatta tätheten av fisk i diffusorn. Under de fyra sista observationstillfällena då det var betydligt mindre fisk i diffusorn (subjektiv bedömning enligt observatörer från SLU och Vattenfalls odlingspersonal) erhöles höga täthetsvärden på grund av att man vid dessa tillfällen också kunde räkna fiskar som positionerat sig på olika djup. Under de tidigare observationerna hade bara fiskar positionerade i det översta vattenlagret kunnat räknas, övriga fiskar på djupare positioner smälte samman till en grå massa. Om någon liknande studie skall göra i framtiden behöver man förbättra metoden. Polaroidfilter bör t ex användas om man tänker använda någon typ av kamera. Det gjordes inte i denna studie vilket ledde till viss dataförlust pga av solblänk.

Tabell 11. Resultat från räkning av fisk i diffusorn. Räkningen genomfördes under 20 minuter vid varje tillfälle.

Datum	Tid på dygnet	In	Ut	Sikt vid listen	Täthet i diffusorn (max antal fiskar obs)	Sikt i diffusorn	Flöde m ³ /s
2013-07-05	Eftermiddag	19	12	Dålig	12	Dålig	23
2013-07-12	Eftermiddag	0	0	Dålig	36	Bra	ca 28
2013-07-12	Eftermiddag	17	32	Bra	36	Bra	23
2013-07-18	Förmiddag	0	0	Dålig	23	Medel	23-26
2013-07-18	Eftermiddag	0	0	Dålig	28	Bra	23-26
2013-07-18	Eftermiddag	18	12	Bra	25	Medel	23
2013-07-26	Eftermiddag	1	1	Dålig	19	Dålig	23-26
2013-08-09	Eftermiddag	1	2	Dålig	3	Dålig	23-26
2013-08-09	Eftermiddag	1	2	Medel	24	Medel	23
2013-08-12	Förmiddag	6	6	Medel	12	Dålig	23
2013-08-12	Eftermiddag	3	8	Bra	33	Bra	23
2013-08-19	Förmiddag	0	2	Medel	4	Dålig	23
2013-08-19	Kväll	10	20	Medel	26	Medel	23
2013-08-22	Eftermiddag	1	2	Medel	31	Bra	23
2013-08-26	Eftermiddag	3	2	Bra	16	Medel	23
2013-09-02	Kväll	1	2	Medel	19	Medel	23
2013-09-09	Eftermiddag	2	4	Bra	24	Dålig	23

Bilaga 7. Analys av fördröjning och vandringsförluster från Laxhoppet till passage av fisktrappan.

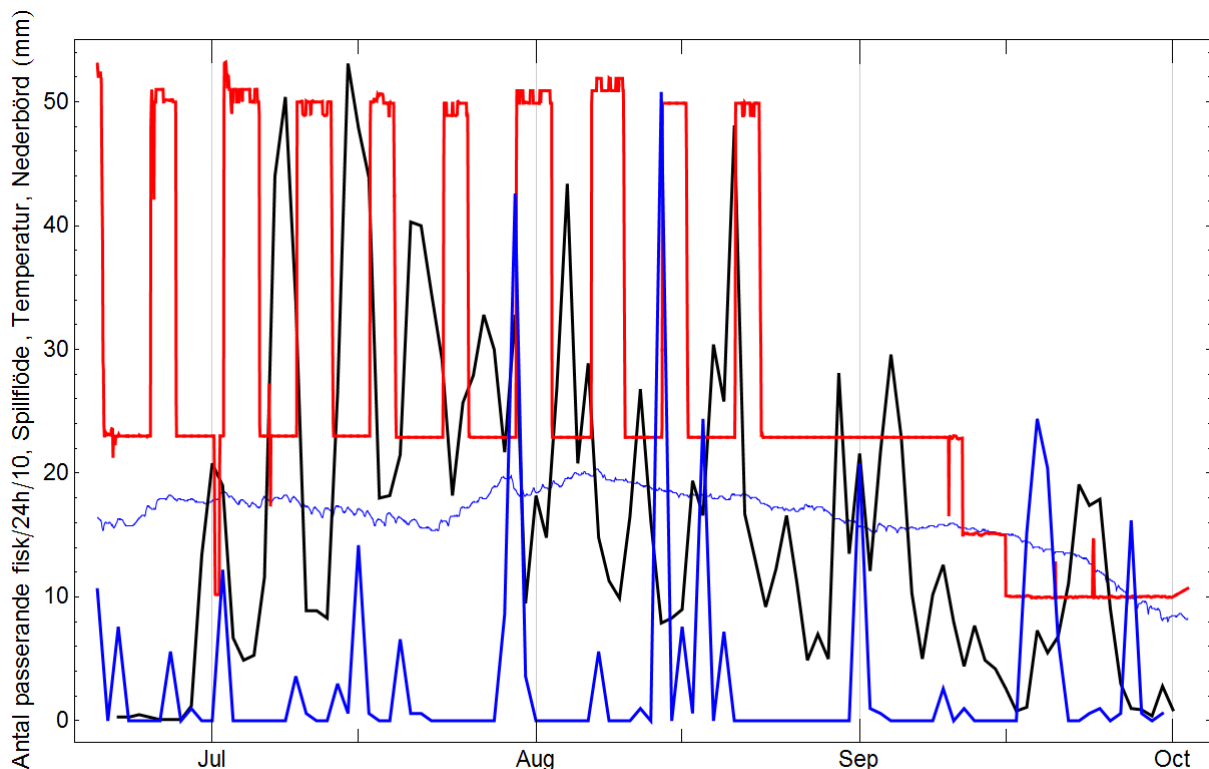
Analys av fördröjning och vandringsförluster från Laxhoppet till passage av fisktrappan

Förutom att individerna verkar röra sig mycket i området uppströms laxhoppet finns också det motsatta beteendet, att de blir stående långa perioder i diffusorn, vilket antyder att laxarna inte får tillräckliga signaler för att vandra upp i fisktrappan. Observationer av låga uppvandringssiffror enligt VAKI-systemet trots mycket höga tätheter av lax i diffusorn observerades under några perioder både denna säsong och föregående säsong. Vid dessa tillfällen kom vandringen plötsligt i gång utan att vare sig flöden i fisktrappan eller spill hade ändrats, se [Figur 33](#). Det tycks vara yttre miljöbetingelser som triggat uppvandringen dessa gånger. Snabba temperaturförändringar eller grumling av vattnet till följd av kraftig nederbörd några dagar tidigare verkar ha haft betydelse i några av dessa fall. De miljövariabler som har analyserats är vattentemperatur, nederbörd, ljusintensitet (i vatten respektive i vatten efter kompensation av dagsljuset i luft), samt lufttryck. Däremot har det inte gått att påvisa några starka kopplingar mellan vädervariabler och uppvandringen i kammarrappan eftersom alterneringen mellan 23 och 50 m³/s spill ger ett uppvandringmönster som totalt överskuggar de övriga miljövariablernas effekter under en stor del av säsongen. Det innebär att det endast är data från den senare delen av säsongen, efter att 50 m³/s-spillen avslutats, som lämpar sig att använda för att undersöka övriga miljövariablers inverkan på uppvandringen i fisktrappan. Ytterligare en sak som försvagar analysen är att det saknas data på hur många individer, som fanns i eller nära diffusorn, som hade möjlighet att göra valet att stanna eller vandra upp. Som exempel på hur denna aspekt återverkar på analysen kan nämnas att uppvandringens responsen på det regn som kom 17-19 september skulle kunnat bli mycket mer påtaglig om uppvandringens omgång kring månadsskiftet augusti-september inte blivit av eftersom det då skulle ha funnits betydligt fler laxar i området den 17-19 september.

Den absoluta majoriteten av passagera av fisktrappan inträffade under 23 m³/s-spillperioderna och när spillet sedan ökade till 50 m³/s minskade uppvandringen drastiskt. Det innebär att övergången till 50 m³/s stör uppvandringen, vilket visar en del av dilemmat med att hitta en optimal spilltappningsregim eftersom dessa 50 m³/s behövs för att locka upp fisken från sammanflödesområdet. Sommarens tappningsregim omfattade två olika tidsintervall för 23 respektive 50 m³/s spill, förutom långsamma och snabba neddragningar från 50 m³/s. För utvärderingen av långsamma respektive snabba neddragningar fanns det tillräckligt med fisk uppe i området uppströms Laxhoppet för att kunna se någon respons vid två av de tre snabba neddragningarna och vid sex av de sju långsamma neddragningarna. Någon påtaglig skillnad på uppvandringmönstret har inte kunnat påvisas mellan långsam eller snabb flödesminskning. Det enda anmärkningsvärda bland dessa resultat var att uppvandringen stannade upp nästan helt och hållet efter den sista neddragningen, som var långsam. Eftersom någon motsvarande effekt på uppvandringen inte observerades tidigare under säsongen torde den uteblivna uppvandringen efter sista flödesminskningen från 50 till 23 m³/s bero på något annat än neddragningshastigheten. En möjlig förklaring är att de flesta fiskar som befann sig i området vandrade upp på föregående 23 m³/s spill och att det därför inte fanns stora mängder lax kvar i området i anslutning till den sista neddragningen i

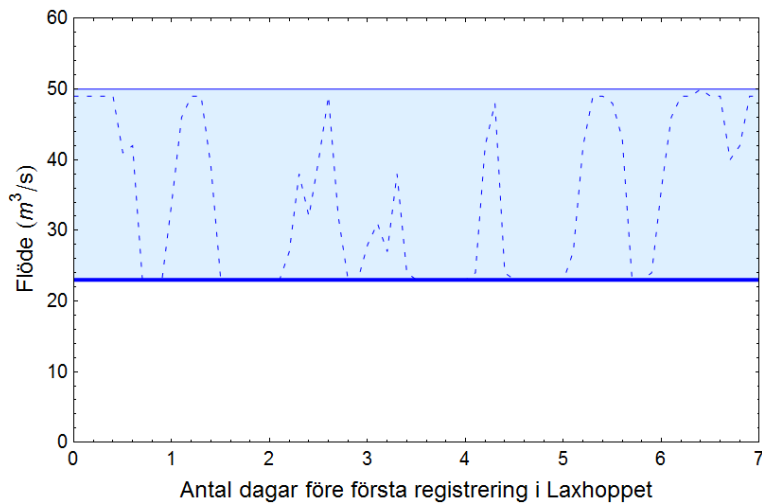
spillet. I och med att 50 m³/s spillen upphörde kan även uppvandringshastigheten av laxar nedströms Laxhoppet ha minskat så att mängden ny lax i området inte fortsatte att öka i samma takt som tidigare. Ytterligare en aspekt som torde bidragit är att det fanns färre laxar kvar nedströms fisktrappan till följd av att en stor mängd laxar redan passerat fisktrappan.

Om man väger in resultaten från föregående års uppvandring framstår periodlängden med 23 m³/s spill på 3.5-4.5 dygn som optimal eftersom de flesta tycks hinna passera fisktrappan på den tiden. Om man enbart skulle utvärdera årets resultat skulle det kunna tolkas som att övergången till de högre spillen "klipper av" uppvandringen, men om man granskar uppvandringmönstret för 2012 blir tolkningen enklare eftersom perioderna med 23 m³/s spill då var 7.5 dygn. Det var också resultaten från föregående år som låg till grund för valet av 3.5 respektive 4.5 dygnsperioder detta år. Utfallet från detta val får därför betecknas som framgångsrikt. Med längre perioder med 23 m³/s spill riskerar man att förlänga laxarnas tid i sammanflödesområdet och med kortare tid riskerar man att störa laxarnas uppvandring i fisktrappan. Däremot kan det finnas andra spillregimer som möjligen skulle kunna förbättra uppvandringen både i sammanflödesområdet och i området uppströms fisktrappan som samtidigt skulle ge större effekt av 50 m³/s-spillen. Laxarna vandrar företrädesvis under den ljusa perioden och ett högt spill under den mörkare perioden torde därför inte bidra nämnvärt till att trigga uppvandringen. Frågan är dock om alltför frekventa flödesändringar stör laxens uppvandring generellt eftersom en flödesförändring som inträffar när laxen står stilla leder till att den "viloplats" laxen valt inte har samma strömningsegenskaper efter flödesförändringen. Det finns alltså en risk att laxen tvingas söka en ny "viloplats", med en viss risk för att det påverkar det fortsatta uppvandringsbeteendet.

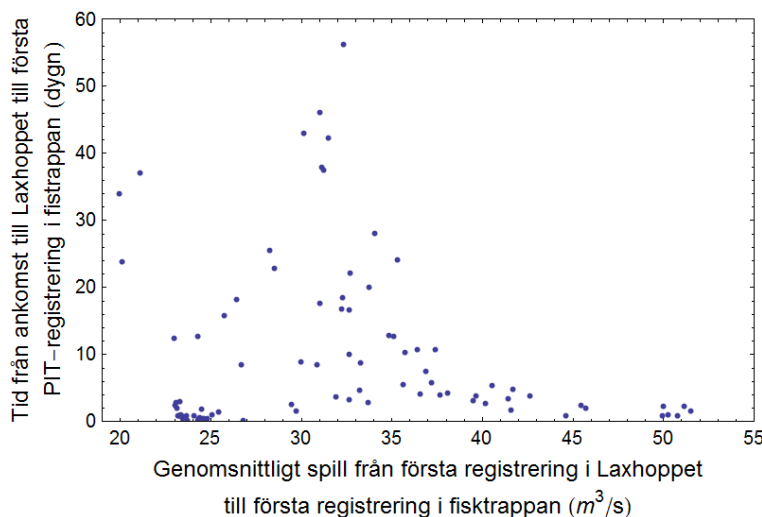


Figur 33. Uppvandringmönster (svart linje) i fisktrappan på dygnsbasis i relation till spillflöde (röd linje), vattentemperatur (tunn blå linje), och nederbörd (tjock blå linje).

Vandringsförlusten på drygt 30 % tycks förknippad med övergången från diffusorn till kammarrappan och skulle kunna indikera ett anlockningsproblem upp i kammarrappan. Det finns många andra tänkbara förklaringar till bortfallet men hypotesen angående anlockningsproblem analyseras närmare innan andra hypoteser listas och analyseras. Det tydliga uppvandringmönstret med många fler passerande i samband med 23 m³/s spill jämfört med vid 50 m³/s spill ([Figur 10](#)) skulle kunna tolkas som att anlockningen fungerar bättre på 23 m³/s spill än på 50 m³/s spill, alternativt att det kommer flera laxar till området under 23 m³/s spillen. Det fanns dock inte någon tydlig koppling till spillflödet vid ankomst till Laxhoppet eller några dagar tidigare ([Figur 34](#)). Det var en viss övervikt av höga flöden vid laxarnas ankomst till Laxhoppet om man tar hänsyn till den relativa andelen av högflöden under perioden från den första individens ankomst till den sista individens ankomst till laxhoppet. Cirka 40 % av de radiomärkta laxarna anlände på de 50 m³/s spill, som förekom 26.7 % av tiden. Det torde innebära att den pulsade uppvandringen i fisktrappan som observerats hos omärkt lax i fisktrappan ([Figur 10](#)) synkroniseras på något sätt av flödesregimen i detta övre område snarare än att det grundläggs längre nedströms. Andelen av de som anlände till området som senare passerade fisktrappan var nästan densamma för de som anlände på 23 respektive 50 m³/s, 70 % (39 av 56) mot 68 % (32 av 47), vilket antyder att flödesförhållandet när laxarna kom till Laxhoppet inte var avgörande för om de skulle passera fisktrappan eller inte. En stor del av laxarna tillbringar tillräckligt med tid i området för att uppleva både 23 och 50 m³/s spill ([Figur 35](#)) men ca 84 % av de vuxna laxarna påbörjade sin vandring i kammarrappan och registrerades på antenn 1 i samband med mindre än 25 m³/s spill. Ett sådant beteende förklarar också de påtagliga uppvandringstopparna under perioderna med 23 m³/s spill ([Figur 10](#)). Den enda mätningen av strömhastigheterna i diffusorn gjordes på 10 m³/s, vilket innebär att vi saknar data för att avgöra om strömmingsförhållandena skiljde sig mellan 23 respektive 50 m³/s spill. En viss skillnad torde dock föreligga eftersom vattennivån i diffusorn var ca 23 cm lägre på 23 m³/s spill enligt data från den tryck-templogger som hade placerats i diffusorn mot kammarrappan till. Den kanske mest påtagliga skillnaden skulle kunna vara den 23 cm högre fallhöjden från överfallet i det nedersta steget i kammarrappan. Påverkan av detta på strömningsbilden i diffusorn torde vara mycket liten, men fallande vatten skapar ljud som laxarna skulle kunna höra samtidigt som det inte finns något vatten från utskovet som drar till sig laxarnas uppmärksamhet i den situationen. Sänkningen av spillet från 50 till 23 m³/s tycks trigga uppvandringen i kammarrappan, men i vissa situationer verkar inte en sådan förändring räcka. Efter den sista sänkningen från 50 till 23 m³/s 2013 följdes inte av någon uppvandringstopp. Den toppen kom några veckor senare utan någon uppenbar koppling till de variabler vi har analyserat (flöden, vattennivån i diffusorn, vattentemperatur, ljusförhållanden i vatten och luft, samt nederbörd). Effekten av nivåförändringar i diffusorn analyseras i avsnitt 3.3.6.6.



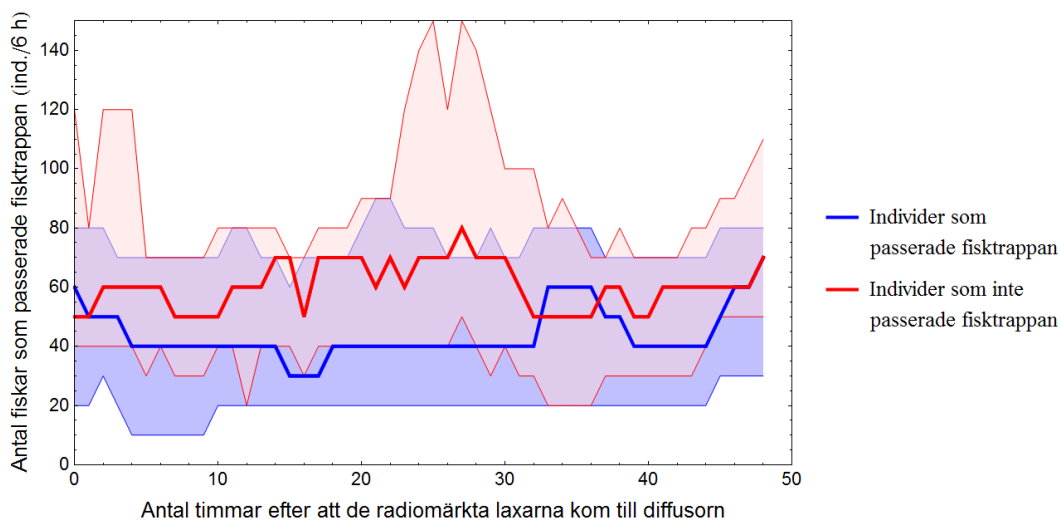
Figur 34. Ca 40 % av laxarna ankom Laxhoppet i samband med 50 m³/s spill. Tjock blålinje anger medianvärdena i flödet i relation till tiden före ankomst. De tunna streckade linjerna anger 40:e respektive 60:e percentilerna och det ljusblåfältet avgränsas av de 25:e och 75:e percentilerna.



Figur 35. Tid från ankomst till Laxhoppet till första PIT-registrering i fisktrappan i relation till upplevt spill (n=87). De laxar som hamnar kring 23-26 m³/s respektive kring 50-52 m³/s på x-axeln har upplevt relativt konstanta spillförhållanden innan de vandrade upp i fisktrappan. De individer som återges däremellan har upplevt både lågt respektive högt spillflöde under perioden de vistades i området.

En aspekt som skulle kunna leda till olika uppvandringsrespons i kammarrappan trots till synes likartade förhållanden i övrigt är om uppvandringsresponsen är beroende av hur många fiskar det finns i diffusorn. Resultaten både från årets och föregående års undersökning har visat att ett vanligt beteende hos laxarna är att de simmar in och ut ur diffusorn vid ett flertal tillfällen. Detta år gjordes en särskild studie av just dessa beteenden, se Bilaga 6. Svårigheten att räkna alla fiskar i diffusorn försvårade möjligheterna att finna eventuella täthetsberoende samband med antal passerande fisk. Ett alternativt sätt att analysera om det kan finnas ett täthetsberoende i uppvandringen från diffusorn går det att från antalet passerande per tidsenhet i fiskräknaren, räkna bakåt till den tid dessa fiskar

borde ha varit i diffusorn. Mediantiden för passage, från antenn 1 till antenn 7 vid VAKI-systemet var ca 9 timmar med en variation mellan 3 till 15 timmar vilken omfattar 75 % av de PIT-märkta vuxna laxarna som passerade fisktrappan. Med en sådan analys visar det sig att de radiomärkta laxar som inte passerade fisktrappan kom in i diffusorn när det generellt var något större mängder fisk i diffusorn än när de laxar som senare passerade fisktrappan kom till diffusorn (Figur 36). Det täthetsberoende som tycks finnas verkar påminna om en kösituation. Om en lax kommer in i diffusorn när det är fullt av andra fiskar där hamnar den långt bak i kön och uppvandringen går långsamt för den individen. Däremot tycks de individer som befinner sig närmast kammarrappan inte uppleva motsvarande problem med täthetsberoendet eftersom stora mängder fisk kunde vandra upp vid de tillfällen de radiomärkta kom till diffusorn trots att de radiomärkta inte vandrade upp i kammarrappan.



Figur 36. Det tycks finnas en negativt täthetsberoende effekt på laxarnas vilja att passera fisktrappan i relation till tätheten av fisk i diffusorn i samband med den första vistelsen där. 75 % av de laxar som vandrade upp från diffusorn passerade fisktrappan inom 15 timmar, median=9 timmar. Antalet passerande laxar med denna tidsförskjutning kan därför ge en indikation på den relativa mängden fisk i diffusorn när de radiomärkta laxarna befann sig där. Yttergränserna för de färgade fälten utgörs av 1a respektive 3e kvartilerna.

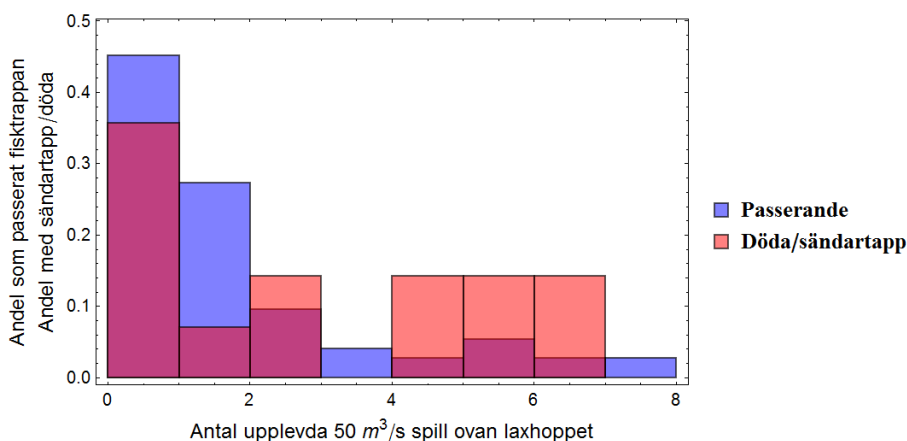
För att med säkerhet kunna avgöra orsaken eller orsakerna till vandringsförlusten behöver man i praktiken veta var varje individ befinner sig i varje ögonblick för att kunna veta vilka miljöförhållanden de upplevt. Få antenner och de korta avstånden mellan antennerna vid Laxhoppet och de i och utanför diffusorn har dock gjort det svårt att avgöra var de radiomärkta laxarna befunnit sig i varje ögonblick. Signalerna kan registreras samtidigt på flera antenner, om än med olika signalstyrka. I området inne i och utanför diffusorn gjordes ett försök till kartläggning av de två undervattenantennernas täckningsområden. Det fanns ett visst överlapp i täckning inne i diffusorn, medan området utanför diffusorn enbart tyckts ha täckts av den yttre antennen (Bilaga 3). I området utanför diffusorn har även luftantennen vid Laxhoppet en viss täckning. När signalerna gick in samtidigt på Laxhoppetantennen och antennen utanför diffusorn var det dock svårt att avgöra om fisken är uppströms diffusorn, upp mot utskovet, eller ner mot poolen nedströms diffusorn. En detaljgranskning av signalstyrkorna skulle visserligen kunna ge en vägledning om ungefär var

laxen befinner sig i de olika ögonblicken. I och med att tolkningen inte kan göras helt objektivt har vi valt att helt utesluta ett försök till kvantifiering.

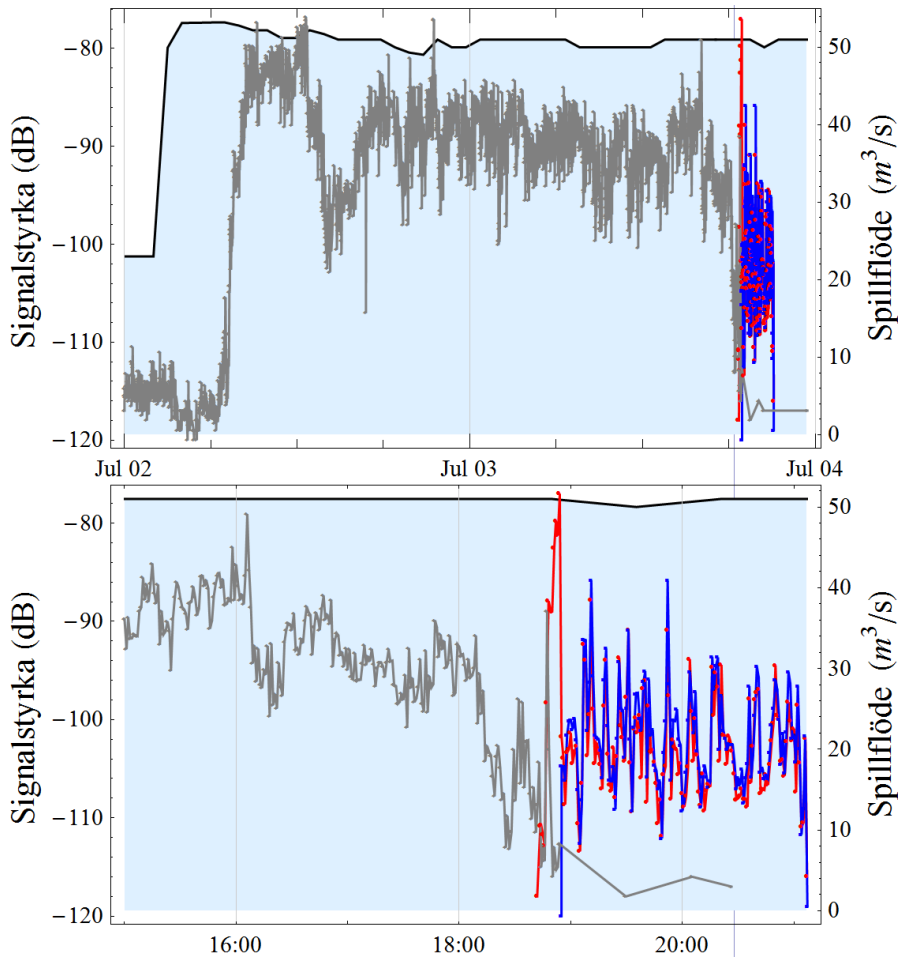
En alternativ hypotes till att fördröjningen och passageförlusten skulle utgöra ett anlockningsproblem är att spillet från utskovet på något sätt bidrar till fördröjningen i området eller till utebliven passage av fisktrappan. En indikation på att problemen kan vara kopplade till 50 m³/s spillen var att samtliga av de fem laxar som kom till området efter att dessa spill hade upphört för säsongen passerade fisktrappan. Fem individer är för få för att kunna uppnå signifikans i jämförelsen trots att samtliga passerade fisktrappan och observationen förblir därför en indikation ($p=0.11$, binomialtest). Mediantiden var ca 13 dygn för dessa individers passage, räknat från första registreringen vid Laxhoppet, vilket gör att de hamnar i kategorin fördröjd uppvandringstid. Spillet från utskovet torde minska laxarnas intresse för diffusorn under den period det spills från utskovet, men det förklarar inte varför laxarna inte går upp i trappan efter neddragningen från 50 till 23 m³/s spill. En möjlig förklaring till fördröjningen och som även skulle kunna förklara de dryga 30 % som inte alls passerar fisktrappan är att en del av laxarna kanske far illa när de simmar upp mot utskovet. När man befinner sig i området vid diffusorn i samband med 50 m³/s spill kan man observera enstaka laxar som hoppar i vitskummet upp mot utskovet, vilket innebär att åtminstone en del laxar simmar en bit upp mot utskovet. Personalen från Vattenfalls fiskodling har stor erfarenhet av hur laxarna beter sig på olika spillflöden i just detta område. Utifrån den erfarenheten valde man att prioritera bort spillförslag på 40 m³/s istället för 50 m³/s för denna utvärdering eftersom laxarna attraheras av de lägre spillen från utskovet. Mindre spill från utskovet gör det också lättare för laxen att nå längre upp mot utskovet, vilket skapar problem när spillet upphör eftersom laxarna då inte enkelt kan ta sig tillbaks ned till poolen ovan Laxhoppet. En del av laxarna strandar eller fastnar i de håligheter som bildar små pooler strax nedanför utskovet. Under perioder när laxarna strandar på detta sätt måste de bäras ned till poolområdet nedströms. Av den anledningen var det en svår avvägning med att godkänna de långsamma neddragningarna från 50 m³/s-spillen som ansågs viktiga att utvärdera för vandringsmöjligheterna i Baggböleområdet. Med andra ord, den eventuella nyttan av de långsamma neddragningarna för att gynna uppvandringen i Baggböleområdet skapar problem uppströms Laxhoppet. Årets resultat från Baggböleområdet visar dock att de snabba neddragningarna av spillet inte tycks skapa problem med "fall backs", vilket innebär att snabba neddragningar av spillet är att föredra för att minska möjligheterna för laxen att simma långt upp mot utskovet. Det kan också vara så att en del av de laxar som simmar upp mot utskovet i samband med det pågående 50 m³/s-spillet skadar sig på grund av svårigheter att ha fullständig kontroll i den extrema strömsituationen med höga strömhastigheter. Skadorna skulle i princip kunna uppkomma när de landar i den starka strömmen efter att de hoppat, i och med att de i just det momentet inte har full kontroll över situationen. Denna förklaringsmodell för fördröjd eller utebliven passage av fisktrappan grundar sig på antagandet att skadad fisk sannolikt blir mindre vandringsbenägen. Vi bedömer det viktigt att denna problematik åtgärdas så snart som möjligt så att fisken inte tar sig upp på utskovet när tappningar sker.

Det finns inga entydiga resultat från årets eller föregående års undersökning som kunnat påvisa faktiska skador som laxarna och om dessa i så fall skulle kunna förklarar en del av vandringsproblemen uppströms Laxhoppet. Däremot finns några resultat som skulle kunna förklaras med skador som laxarna eventuellt dragit på sig upp mot utskovet. En stor

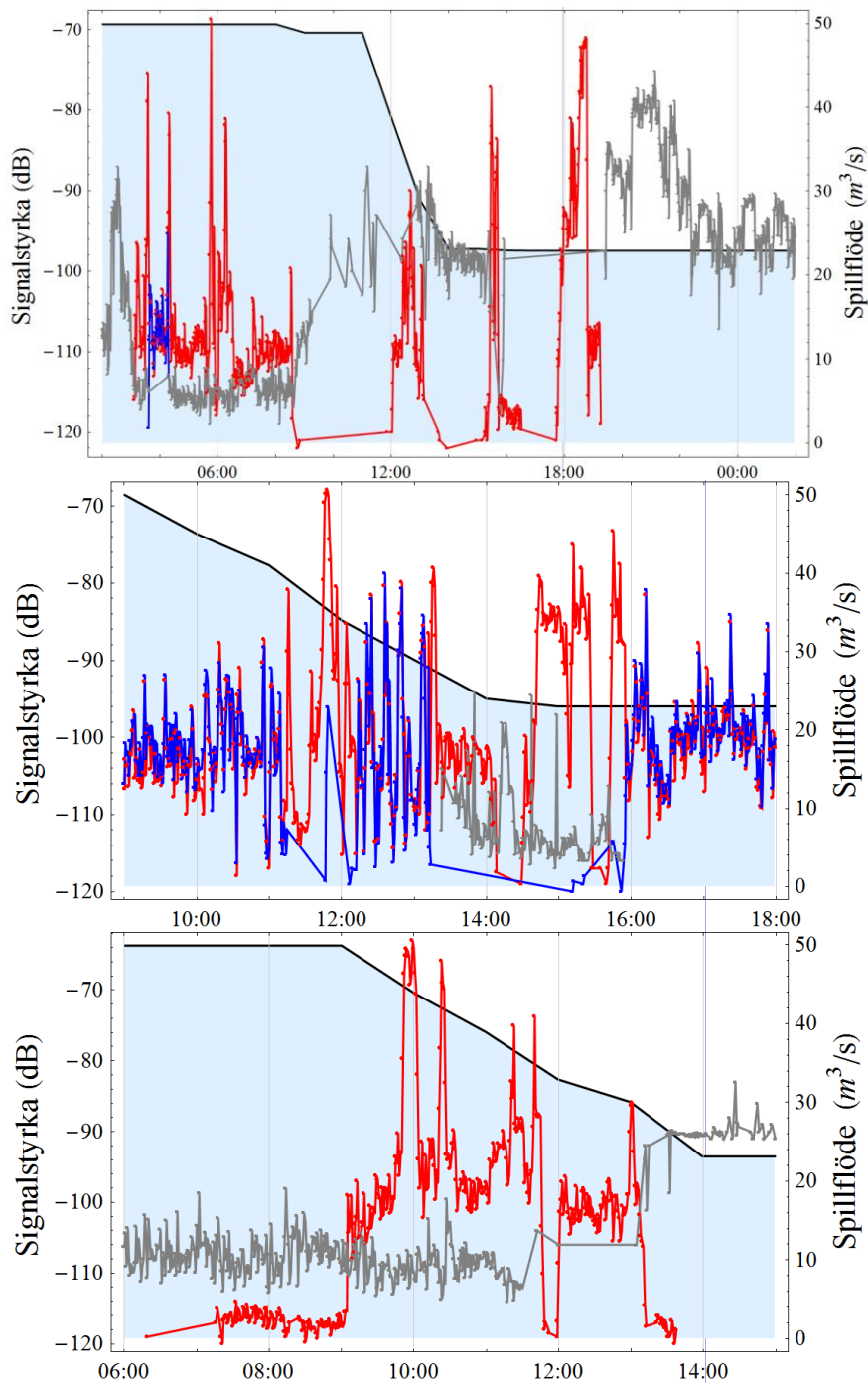
del av de sändartapp som observerats har förekommit i detta område och ned mot Kungsmo. Dessutom har flera laxar vänt nedströms och antingen tappat sändarna nedströms eller avlidit. Det fanns en tendens till att de individer som dog eller tappade sändare hade upplevt flera 50 m³/s spill än de som passerade fisktrappan (Figur 37). Vi har även försökt analysera loggerdata för att se om det går att utläsa hur vanligt det är att laxarna simmar upp mot utskovet i samband med 50 m³/s-spill, under själva spillet. Analysen försvåras dock av att denna frågeställning inte fanns med vid planeringen av projektet. I praktiken skulle det behövts en antenn uppe mot utskovet för att kunna få ett tillförlitligt mått på andelen lax som simmar upp mot utskovet på 50 m³/s-spillet. För en radiomärkt lax som simmar upp mot utskovet bör signalerna rent teoretiska avta i styrka och eventuellt försvinna på luftantennen vid Laxhoppet. Signalerna på antennen utanför diffusorn bör först öka till maximala värden när laxen befinner sig strax utanför diffusorn. Därefter borde signalstyrkan avta om laxen fortsätter upp mot utskovet samtidigt som inga registreringar borde förekomma på antennen inne i diffusorn. Om laxen däremot inte fortsätter upp mot utskovet utan istället simmar in i diffusorn skall undervattensantennen inne i diffusorn fånga upp signalerna samtidigt som signalerna från antennen utanför diffusorn blir svagare och dessutom upphör eftersom antennen utanför diffusorn endast har en viss täckning i diffusorn. Ett exempel på en lättolkad situation där signalstyrkorna varierar enligt skolboken på de olika antennerna ges i Figur 38 för en lax som kommer till Laxhoppet och kort därefter simmar in i diffusorn och sedan vidare upp i fisktrappan. Svårigheten i tolkningarna uppstår för de laxar som inte registrerades inne i diffusorn eftersom det då blir en tolkningsfråga om laxen varit upp mot utskovet eller strax nedströms diffusorn. Det finns en hel del hållor i området nedströms som komplicerar mottagningsförhållandena för antennerna utanför diffusorn respektive vid Laxhoppet. De tre exempel som visas i Figur 39 är mer representativa för de data som finns från denna säsong än föregående exempel. Det går inte att göra några entydiga objektiva tolkningar om någon av dessa laxar vid något tillfälle befann sig upp mot utskovet. Slutsatsen blir därför att årets data inte kan ge svar på frågan angående andelen lax som simmar upp mot utskovet på 50 m³/s spill.



Figur 37. Andelen radiomärkta laxar som passerade trappan (n=73) upplevde färre perioder med spill från utskovet än de individer som antingen tappade sändaren eller påträffades döda vid säsongens slut (n=16).



Figur 38. Exempel på förändring av signalstyrkor på antennerna i Laxhoppet (grå punkter och linje) och diffusorn (röd=utanför diffusorn, blå=inne i diffusorn) för en lax (sändare 5400) som ankom Laxhoppet strax före 50 m³/s spill och som på kort tid simmade in i diffusorn och passerade fisktrappan. Svart linje med ljusblått fält visar spillflödet. Den övre figuren visar perioden från strax innan 50 m³/s spill till passage, medan den undre figuren med högre tidsupplösning visar perioden några timmar innan laxen kommer till diffusorn tills den simmar upp i fisktrappan.



Figur 39. Signalstyrkor från tre radiomärkta laxar från antennerna i Laxhoppet (grå punkter och linje) och diffusorn (röd=utanför diffusorn, blå=inne i diffusorn) i samband med flödesminskning från 50 till 23 m³/s. Svart linje med ljusblått fält visar spillflödet. Laxen i den övre figuren återvände nedströms och tappade sändare eller avled. Laxen i den mellersta figuren stannade i området från början av augusti (som visas i figuren) till slutet av september när den passerade fisktrappan. Laxen i den nedre figuren var upp till antenn 6 i fisktrappan och vände den 5-6 september, vilket var ca två veckor efter den sekvens som visas i den nedre figuren (flödesminskningen efter sista 50 m³/s spillet). Laxen tappade därefter sändaren nedströms diffusorn.

Det finns ytterligare några hypoteser som skulle kunna förklara fördröjningen och utebliven passage för en del av laxarna som kom till Laxhoppet, om än mindre troliga. Några sådana hypoteser är:

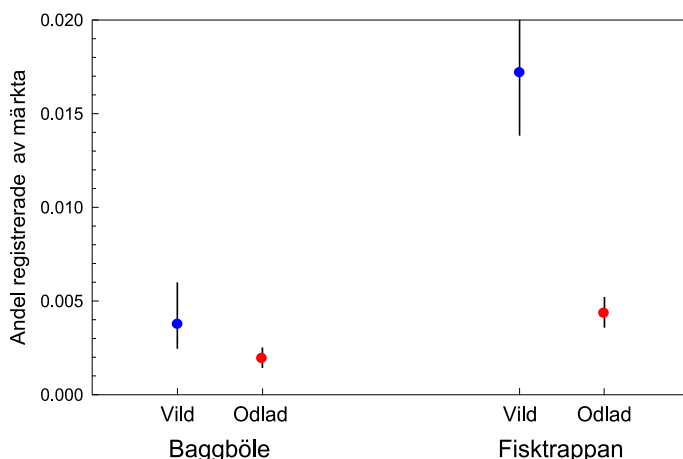
1. Sjukdom hos en del av individerna, där sjukdomen inte var utvecklad i samband med märkningen.
 - *Går ej att utvärdera med årets data, men sannolikt förklarar detta en del av de dödsfall som inträffade och troligen även en fördröjning i uppvandringen för de som blev sjuka men överlevde. Sjukdomar är ett naturligt fenomen och vid höga tätheter kan många individer snabbt smittas. Någon sådan uppenbar täthetseffekt har vi inte kunnat se vid jämförelse med tidigare års uppvandningsdata. Förlustandelen i detta övre område har varit likartad även vid betydligt lägre uppvandringssiffror än under 2013.*
2. Störd uppvandring pga altherningen mellan 23 och 50 m³/s spill i området.
 - *Under 2012 var 23 respektive 50 m³/s spillen flera dagar längre utan att någon egentlig skillnad i uppvandningsbenägenhet kunde registreras. Den pulsade uppvandringen med fler betydligt fler passerande fiskar på 23 m³/s än på 50 m³/s förekom även 2012 ([Figur 10](#)).*
3. Störd uppvandring pga skador i samband med jo-jo-simmande i kammarrappan när de använder de nedre hålen vid nedvandring. Strömhastigheten är mycket hög i dessa passager i kombination med att hålen är relativt små (40 cm x 40 cm).
 - *Ca 4-12 % av de vilda vuxna PIT-märkta laxarna som registrerades i kammarrappan vände ned och lämnade trappan för att inte återkomma. Osäkerheten i skattningen beror på om man tolkar sista registreringen i kammarrappan på antenn 5 som passage eller inte.*
4. En del av de vilda laxarna skulle kunna vara födda i den gamla älvfåran, vilket innebär att de liksom de odlade laxarna saknar samma drivkraft att ta sig vidare uppströms som de laxar har som är födda uppe i Vindelälven.
 - *Nästan alla laxar som passerade Baggböle kom upp till Laxhoppet och det är osannolikt att all naturlig rekrytering i den gamla älvfåran skulle ske i det övre området.*
5. Släktskapsförhållanden med avkomma i odlingen skulle möjligen kunna "lura" en del av laxarna att tro att de är "hemma" trots att vattenkemin i övrigt inte stämmer.
 - *Denna hypotes kan sannolikt förkastas eftersom dessa laxar borde stannat vid Kungsmo där utloppet från odlingen mynnar. Det borde också ha yttrat sig som en tidsfördröjning i Kungsmo-området i samband med uppvandringen, vilket det inte gjorde.*

Bilaga 8. Vandringsframgång odlad lax - vildlaxekvivalenter

Vandringsframgång odlad lax - vildlaxekvivalenter

Av de laxar som märktes i Obbola registrerades 54.5 % av de vilda vid något tillfälle i fisktrappan (n=370 märkta med vilt ursprung). För de odlade var motsvarande andel 15.2 % (n=33 märkta med odlad ursprung), vilket ger ca 3.9 ggr högre andel för de vilda. Den skillnaden skall snarare tolkas så att de odlade är "hemma" nedströms fisktrappan och bör därför vandra upp i fisktrappan i mindre omfattning. De odlade laxarnas beteende att försöka återvända nedströms om de passerat fisktrappan blev tydligt i samband med föregående års utvärdering då två odlade PIT-märkta laxar som passerat fisktrappan under säsongen påträffades i samband med poolfisket nedströms dammen efter att fisktrappan stängts. I och med PIT-antennen i Baggböle går det nu att få mer tillförlitliga siffror på hur mycket högre uppvandningsbenägenheten är hos vild lax jämfört med odlad lax. Med uppvandningsbenägenhet avses här att fisken registrerats i fisktrappan, oavsett om den passerat eller ej. En jämförelse mellan vild och odlad uppvandrande fisk kan göras genom att undersöka registreringar av laxsmolt som märkts under 2011 och 2012 i Spöland (n=4783) respektive i odlingen i Norrfors (n=24795). Av dessa registrerades 18 vilda respektive 47 odlade i Baggböle i samband med lekvandringen 2013. I fisktrappan var motsvarande antal registrerade laxar 82 vilda respektive 107 odlade. För dessa grupper var andelen vilda 4 (3.97) gånger högre om man baserar utvärderingen på registreringar i fisktrappan. Om man däremot beräknar motsvarande andel från registreringarna i Baggböle blir andelen vilda endast 2 (1.99) gånger högre (Figur 40). Denna information kan dels användas till att bedöma den odlade smoltkvaliteten, som i detta fall indikerar att det behövs två odlade för att kompensera en vild med dagens odlingsteknik. Informationen kan även användas till att grovt beräkna smoltproduktionen i Vindelälven i och med att antalet odlad smolt är känt; $\text{smoltprod}[\text{år}-2]=2 \cdot \text{antal vilda uppvandrande honor} / (4 \cdot \text{antal odlade uppvandrande honor} / \text{antalet utsatt odlad smolt} / \text{överlevnad turbinpassage})$.

För perioden 2000-2009 kan den vilda smoltproduktionen med denna metod beräknas till i genomsnitt ca 160 000 smolt, om man antar 85 % överlevnad via turbinerna. Om man använder Monténs (1985) skattningar på smoltens överlevnad (75 %) via turbinerna blir smoltproduktionen ca 180 000 individer.



Figur 40. Andelen registrerad uppströmsvandrande lax av de som PIT-märktes som smolt under 2011 och 2012, vild (n=4783) respektive odlad (n=24795). PIT-registreringarna gjordes i Baggböle och i fisktrappan. Felstaplarna anger 95 % konfidensintervall.