



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN

Enkla metoder kan öka välfärden hos lax i odlingsmiljö

Ökat vattenflöde och förändrad strömbild ger
bättre fenkvalité, lägre fetthalt, lägre aggressioner och stress



Rapportnr: 2011:49

ISSN: 1403-168X

Redaktör: David Johansson

Utgivare: Länsstyrelsen i Västra Götalands län, vattenvårdsenheten

Rapporten finns som pdf på www.lansstyrelsen.se/vastragotaland under Publikationer/Rapporter.

Förord

Under 2000-talet finns kraftiga indikationer på att fångsterna av lax och öring har minskat i Vänern. Så långt verkar det som om det finns ett antal troliga orsaker till tillbakagången såsom minskade utsättningar, längre fiskesäsong, minskad överlevnad hos de odlade smolten samt ett ökat fisketryck.

Under de sista åren har därför olika intressenter i sjön arbetat med att söka orsaken/orsakerna till nedgången samt att försöka åtgärda dem. Det i rapporten presenterade magisterarbetet är resultatet av ett sådant samarbete (Götene sportfiskeklubb, Fortum, Karlstads Universitet och Länsstyrelsen i Västra Götalands län) där man gemensamt bidragit för att förbättra dagens kunskap.

I rapporten har möjligheten med att förbättra odlingsmiljön lyfts fram. Genom att skapa en miljö vilken bättre förbereder fisken för ett liv i det vilda är det också troligt att överlevnaden hos smolten ökar och att man därigenom får bättre återfångster. Sedan 2010 har också ett märkningsförsök pågått i Vänern (Finansierat av Laxfond Vänern och Fortum) där fisk behandlad på olika sätt märkts för att se vilken behandling som uppvisar bäst överlevnad. Bland annat ingår där fisk som tränats på samma sätt som rapporten beskriver.

För att i framtiden kunna fortsätta med att utveckla och optimalisera utsättningarna av fisk krävs dock att alla rapporterar in den märkta fisk de fångat vilket man enklast gör på Fiskeriverkets hemsida. För att få tillbaka det fiske som tidigare var krävs att samtliga bidrar där denna rapport är ett exempel på ett nyvunnet/nyfunnet samarbete.

David Johansson

Länsfiskekonsulent i Västra Götalands län



Biologi

Adam Ludvigsson

Enkla metoder kan öka välfärden hos Lax i odlingsmiljö

Ökat vattenflöde och förändrad strömbild ger bättre
fenkvalité, lägre fetthalt, lägre aggressioner och
stress.

Simple methods can increase the welfare of Salmon in
aquaculture

Increased water flow and a change water current provides better fin-
quality, lower fat, lower aggression and stress.

Biologi
D-uppsats

Datum/Termin: 2011-06-02 VT-11

Handledare: Eva Bergman

Examinator: Björn Arvidsson

Löpnummer: 11:120

Sammanfattning

Problem med fensskador, aggressioner och stress är några viktiga orsaker som påverkar välfärden hos fiskar. Inom vattenbruket utgör en bristande fenkvalité ett stort problem. Nedsatt fenkvalité påverkar fiskens överlevnad och välfärd. Aggression leder till att fisken får en lägre tillväxt, minskad reproduktionsförmåga och en högre stressnivå. Detta kan i sin tur påverka den fysiska hälsan och fisken blir då mer mottaglig för patogener. Det är därför viktigt att hitta strategier för att öka välfärden för fisk inom odlingsverksamhet. En faktor som har visat sig påverka fenkvaliteten hos lax (*Salmo salar*) positivt är ett ökat vattenflöde. Man kan med denna metod minska fiskens aggressioner och därigenom även minska fensskador och stress. Genom att även skapa en homogen strömbild i bassängen kan man utöka de prefererade områdena, vilket minskar konkurrensen om födan. Denna studie har genomförts i syfte att undersöka hur ett ökat vattenflöde samt en förändrad strömbild påverkar fenkvaliteten, fetthalten i fiskens biomassa samt beteendet hos lax. I studien, som genomfördes på en fiskodling användes 1åriga laxar av två stammar Klarälvslox och Gullspångslax. I försöksbassängerna användes strömsättare. Med hjälp av dessa ökades vattenflödet och en mer homogen strömbild skapades. Ett samband mellan denna åtgärd och en minskad andel fensskador observerades. Genom ett minskat aggressivt beteende kunde en lägre andel fensskador på ryggen konstateras. Detta minskade stressen hos fisken samt risken för sekundärinfektioner. Studien visar att ett enkelt verktyg kan öka välfärden hos fisken och därmed troligtvis ge en högre överlevnad efter utsättning.

Abstract

Problems with fin-damage, aggression and stress are important factors that affect welfare of fish. Fin-quality is a big problem in aquaculture. Reduced fin-quality affect fish survival and welfare. Aggression leads to reduced growth, reduced reproductive capacity and a high stress factor. This may in turn affect the physical health, and the fish becomes more susceptible to pathogens. Therefore, it is important to find strategies to increase welfare in aquaculture. One factor that affect fin-quality positive is an increased water flow in the cultivations tanks. With this method aggression and through that fin-damage and stress can be reduce. And also by creating a homogeneous water current in the cultivation tanks expands the preferred areas and thereby reduce competition for food. This study was preformed to examine how a increased water flow and a change in water current affects fin-quality, the fat content of fish biomass and behavior of Atlantic salmon (*Salmon salar*). The study, conducted on a fish farm, used for 1year salmon of two stocks, Klarälvslox and Gullspångslax. In the experimental tanks current makers were added to increase the water flow and change the water current. A relationship between this measure and a smaller proportion fin-damage were observed. A smaller proportion fin-damage on the dorsal fin show a reduction in aggression, this reduces stress in fish, and the risk of secondary infections is reduced. This study shows that with a simple tool we can achieve a higher welfare of the fish and a the possibility of a higher survival in conjunction with release.

Inledning

Två stammar av landlocked lax (*Salmo salar*) finns i Vänern. Dessa har evoluerats efter att Vänern avsnördes från västerhavet för ca 9000 år sedan (Fiskeriverket 1998). Stammarna har Gullspångsälven respektive Klarälven som lek- och uppväxtområden. Utbyggnaden av Vänerns tillrinnande älvar har lett till att bestånden av lax och öring (*Salmo trutta*) har minskat. En utbyggnad av älvar och vattendrag, genom exempelvis vattenkraftverk, anses vara en av de största anledningarna till en minskad fiskartsdiversitet och förluster av arter i ”lowland rivers” (Calles 2005; Eklöv 2009). När ett vattendrag byggs ut hindras vandrande fisk att nå sina lekområden (Rivinoja 2005; Fiskeriverket 2007) och även stora områden av lämpliga lekhabitat för lax och öring kan gå förlorade. För att kompensera för ovanstående bortfall genomförs utsättningar av smolt. Detta är idag är den vanligaste förvaltningsformen för att upprätthålla fiskbara bestånd av framförallt lax och öring (Ackefors m.fl. 1991; Rappe m.fl. 1999; Fiskeriverket 2001). Kompensationsutsättningarna står även idag för de fiskbara bestånden i Vänern genom utsättningar av lax- och öringssmolt (Hållén 2008).

En bidragande orsak till att fångsterna ökade under senare hälften av 1980-talet var de ökade kompensationsutsättningarna av lax och öring (Piccolo et al 2011. In Prep). Dessa utfördes framförallt för att gynna fisket (Laxfonden bildades 1987) men också för att kompensera för tidigare utbyggnad av vattenkraften då främst i Klarälven (Fiskeriverket 1998; Ackefors m.fl. 1991; Rappe m.fl. 1999; Fiskeriverket 2001). Resultatet av denna typ av utsättningar har dock ofta varit under förväntan, möjligen till följd av en hög dödlighet i anslutning till utsättning. För att öka överlevnaden krävs förmodligen förbättrandeåtgärder inom odlingsverksamheten (Kallio-Nyberg m.fl. 2004, 2006).

Under ett eller flera år lever den unga laxen i rinnande vatten. Laxen är då territoriell och aggressiv mot andra individer i konkurrens om föda och plats (MacLean m.fl. 2000). Einum m.fl., 1996 visade att odlad lax är mer aggressiv än vild fisk. I odlingsbassänger är det oftast de större individerna som är mest dominanta och aggressiva (Turnbull m.fl. 1997; Adams m.fl. 2000). Inom vattenbruket utgör en bristande fenkvalité ett stort problem (MacLean m.fl. 2000; Turnbull m.fl. 2005). Nedsatt fenkvalité påverkar fiskens överlevnad och välfärd negativt samt orsakar bl.a. sekundärinfektioner. Den nedsatta fenkvalitén orsakas oftast av attacker från andra fiskar. Man har sett att det då är rygghänsan som utsätts hårdast (MacLean m.fl. 2000; Turnbull 1997). Aggressioner leder till lägre välfärd, minskad tillväxt genom minskad aptit, minskad utsöndring av tillväxthormoner, minskad muskelmassa, minskad reproduktionsförmåga och högre stressnivå (Huntingford m.fl. 2006; Ashley 2006). Detta kan i sin tur påverka den fysiska hälsan och fisken blir då mer mottaglig för patogener som tex. *Aeromonas salmonicida* (MacLean m.fl. 2000; Huntingford m.fl. 2006). Inom fiskodling talar man ibland om ”välfärd” och innebörden av detta är sambandet mellan den fysiska och mentala hälsan i den miljö där fisken lever. En god fysisk och mental hälsa ger hög ”välfärd” (Ellis m.fl. 2002; Huntingford m.fl. 2005; Ashley 2006). Det är följaktligen nödvändigt att hitta strategier för att öka välfärden hos fiskarna genom att minska olika stressfaktorer.

Genom att på olika sätt försöka förhindra aggressioner och fenskador på fisken kan detta ge en bättre överlevnad efter utsättning och en högre ”välfärd” under odlingsperioden. En faktor som i laboratoriemiljö konstaterats påverka fiskens fenkvalité är strömsättning av vattnet d.v.s. vattnets hastighet och strömmönster i bassängerna (Davison m.fl., 1996; Jørgensen m.fl. 1996; Desmond m.fl. 2003; Ellis m.fl., 2002). Vid höjd strömhastighet reduceras laxens aggression då den tvingas ägna sig åt andra aktiviteter (Davison m.fl. 1996; Jørgensen m.fl. 1996). Om man parallellt säkerställer en homogen strömmiljö i bassängerna undviker man

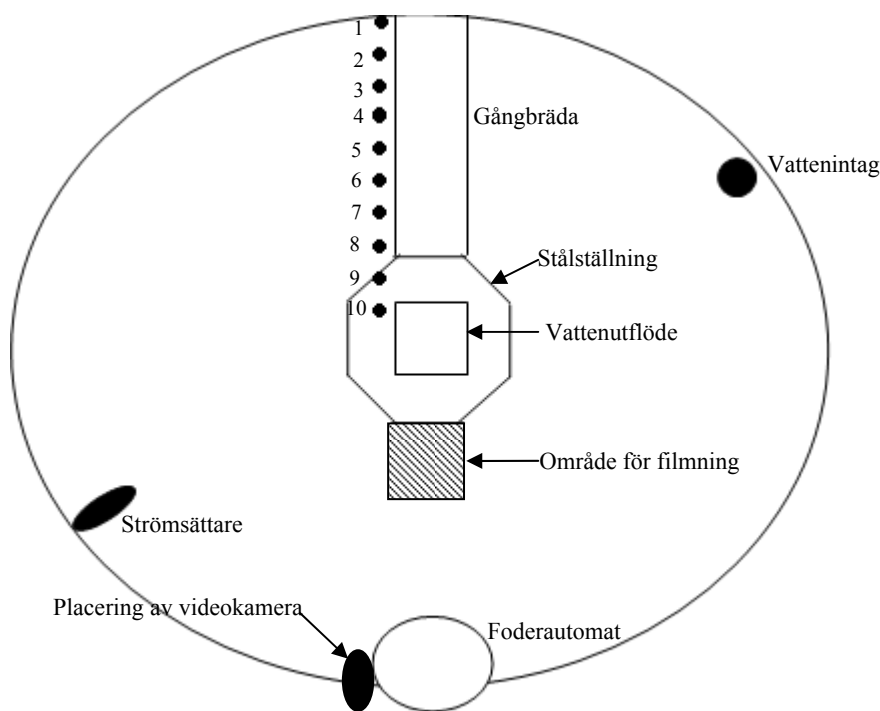
också skapandet av prefererade miljöer (mikrohabitat) då dessa skapas av olikheter i miljön. En ökad strömhastighet ger en jämnare spridning av föda i odlingsbassängen vilket leder till färre mikrohabitat och därmed minskad konkurrens om föda. Vid hög konkurrens om föda blir fisken mer aggressiv och simmar fortare, vilket ökar ”kollisionerna” mellan fiskarna vilket i sin tur leder till ökade fenskador (Ellis m.fl. 2002). Minskade territoriella beteenden samt en jämnare storleksfördelning av fisken uppnås genom en förhöjd vattenhastighet (Davison 1996; Jørgensen m.fl. 1996; Desmond m.fl. 2003). Ett ökat vattenflöde kan även påverka fenskador på bröstfenorna negativt. Då fisken söker sig mot botten kan de få nötningskador genom bröstfenornas kontakt med botten på odlingsbassängen (Latremouille 2010).

I samband med odling av så kallad kompensationsodlad fisk har påverkan på fiskens överlevnad i naturen diskuterats. Det har dock tidigare påvisats att fisk som har utsatts för högre vattenhastighet i odlingsbassänger har en högre överlevnad än fisk som har odlats i låga vattenflöden (Desmond m.fl. 2003; Dempson m.fl. 2004). Dessutom får fisken som utsatts för ett högre vattenflöde en högre andel röda blodceller, storleken på blodcellerna ökar samt att hjärtats kapacitet ökar (Davison 1996; Desmond m.fl. 2003). Andra studier har påvisat att muskeltillväxten ökar hos fiskar som utsatts för ökat vattenflöde samt att fetthalten i fiskens biomassa minskar (Bugeon m.fl. 2003). När fisken släpps är den således mer ”vältränad” och bättre anpassad för ett liv i det vilda.

Syftet med studien var att studera huruvida ett ökat vattenflöde samt en förändrad strömbild påverkar fenskadefrekvensen samt fetthalten hos Gullspångs- och Klarälvslox. Huvudhypotesen var att ett ökat vattenflöde och en förändrad strömbild kommer att minska antalet aggressioner och därigenom kommer även andelen skador på ryggen att minska. Då vattenflödet i försöksbassängerna ökar kommer nötningskadorna av bröstfenorna bli högre i dessa. Minskade aggressionsbeteenden och en lägre andel skador kommer att öka välfärden hos fisken i försöksbassängerna. Den totala fetthalten hos försöksfisken kommer att vara lägre jämfört med kontrollfisken i slutet av försöket.

Material och metod

Studien genomfördes på Gammalkroppa fiskodling, Filipstad. Försöket startades 2010-06-15 och avslutades 2010-10-26. I försöket användes 1-åriga laxar från Gullspångs- och Klarälvstammarna. Odlingsbassängerna var 50 m² stora och 120 cm djupa. Vatten tillfördes genom ett rostfritt rör längs sidan som fördelade vatten från botten till den övre delen av bassängen (Figur 1). Vatteninflödet för bassängerna reglerades individuellt. Vattnet togs från en närliggande sjö och fördes till odlingen med hjälp av självtryck. Vattentemperatur, lufttemperatur, syremättnad (Oxyguard handy polaris w.2.09), grumlighet, vindstyrka samt väderlek journalfördes.Utfodring av fisken skedde med hjälp av utfodringsautomater, Arvo-Tec TDrum200, vilka spred fodret över ca 40% av bassängernas yta. Utfodringen skedde under dagtid med regelbundna intervall och mängden foder anpassades efter fiskens totala biomassa och aktuell vattentemperatur. Ökad biomassa och ökad vattentemperatur ledde följaktligen till en högre fodergiva. Totalt användes fyra bassänger, två för respektive stam. Detta gav två försöksbassänger samt två kontrollbassänger. I de två försöksbassängerna ökades vattenhastigheten och strömbilden förändrades. I de två kontrollbassängerna behölls strömbild och vattenhastighet. För att uppnå detta användes så kallade strömsättare (Aqua-Handy, 0,45kw 230v) där en elmotor drev en liten propeller vilket ökade flödet på vattnet. Strömsättarna var också utrustade med vattenluftare. För att inte utsätta fiskarna för ännu en påverkan togs dock luftröret av. För att kunna placera strömsättarna i önskat läge tillverkades stålställningar. Dessa ställningar var justerbara i höjd samt i lodrät och vågrät vinkel. Ställningarna hängdes på sidan av odlingsbassängen så att strömsättarna, liksom delar av ställningen, då var nedsänkta i vattnet. Med hjälp av ställningarna justerades strömsättarna så att vattenflödet var högre i ett större område i försöksbassängerna. Strömbilden i bassängerna kontrollerades dagligen genom att studera hur fisken placerade sig i bassängen samt genom kontroll av strömsättarens funktion. Strömhastigheten mättes kontinuerligt under försökets gång. I början av försökets mättes strömhastigheten med hjälp av en elektromagnetisk flödesmätare (Valeport Model 801 EM Flow Meter). Därefter användes en mekanisk flödesmätare av märket FlowProbe FP211. Innan bytet interkalibrerades instrumenten. Den elektromagnetiska flödesmätaren registrerade värden i cm/sek och den mekaniska mätaren i foot/sek. För att få värden i cm/sek omvandlades foot/sek värden till cm/sek enligt formeln: $\text{foot/sek} * 30,48 = \text{cm/sek}$. Flödesmätningarna utfördes på 10 olika punkter i bassängerna (Figur 1), från yttersidan mot en mittpunkt. Mätningarna gjordes 5 cm från botten eftersom fisken stod på detta djup. Daglig tillsyn samt det praktiska odlingsarbetet genomfördes av fiskodlingens personal.



Figur 1. Schematisk bild över hur bassängerna såg ut samt var de olika enheterna var placerade och var provpunkter för flödesmätning låg (Observera att bilden ej är skalenlig).

Kontroll av fenskador

Under försöket kontrollerades utvecklingen av fenskador och fiskens tillväxt en gång i månaden, genom fysisk kontroll. När fisken fångades användes en fångstanordning. Fisken stängdes in på en mindre yta, vilket möjliggjorde ett representativt urval. Fisken håvades upp och 100 slumpmässigt utvalda individer kontrollerades vid varje tillfälle. Fisken vägdes till närmsta tiondels gram (Satorius BL1500S, två decimaler) och längdmättes till närmsta millimeter (fullängd). Även fiskens smoltstatus (stirr/smolt/tidigt köns mogen) bedömdes i enlighet med Länsstyrelsernas hälsokontrollprogram av smolt (pers kom. Michael Bergström, Länsstyrelsen Jönköping). Fenskador klassificerades enligt hälsokontrollprogrammet som länsstyrelserna använder då de kontrollerar kondition samt hälsostatus hos kompensationsodlad fisk. Skadeklassningen gjordes enligt skalan 0-3, där 0=ej skada, 1=<10 % av fenan borta, 2=<50 % av fenan borta, 3=>50 % av fenan borta. De fenor som kontrollerades var rygg-, bröst-, buk- samt stjärtfenor. Vid skador på buk- och bröstfenor noterades vänster och höger separat. Övriga skador såsom deformationer, katarakt eller infektioner noterades också. Då ryggfenan är den fena som är mest utsatt för attacker från andra fiskar och i det här försöket den fena som uppvisat störst andel skador, valdes den tillsammans med bröstfenorna ut för vidare analyser. Bröstfenorna valdes ut för att se om dessa påverkats av nötning mot bassängens botten och sidor. För att testa skillnaderna användes Chi2-test genomfört i Microsoft Excel 2007.

Beteendestudie

Fiskens beteende dokumenterades med hjälp av en videokamera (Panasonic HDC-SD20). Beteendet som kontrollerades var aggressivitet i form av utfall mot andra fiskar samt nafsande och bitande. Kameran var placerad på ett stativ (GIOTTOS VT 809) vid foderautomaten för att minimera yttre påverkan. Kameran var placerad på en höjd av 140 centimeter och med en

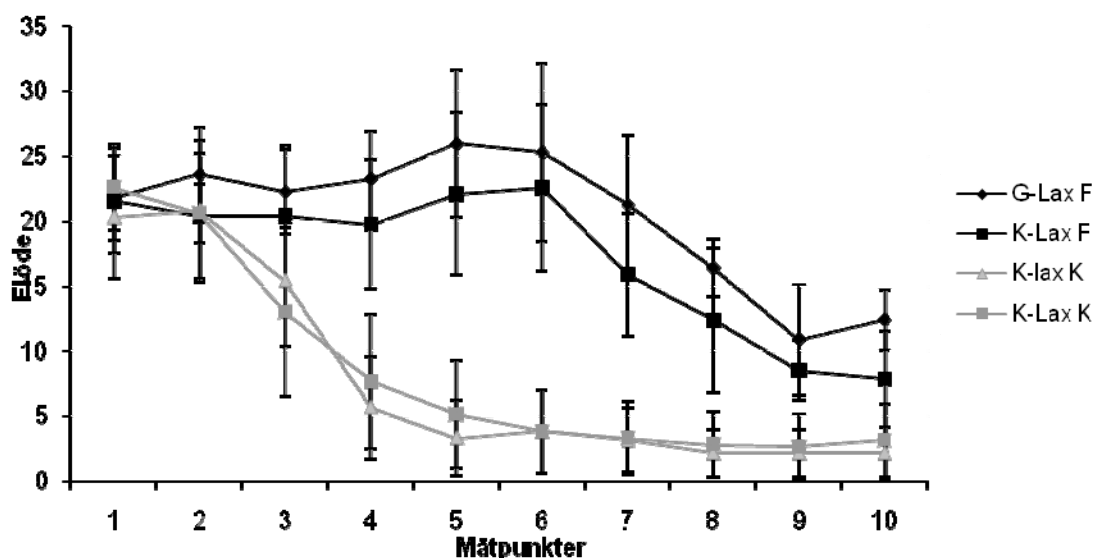
vinkel av 5 grader mot horisontalplanet. Filmområdets ytterkant var 2,4 meter från bassängens ytterkant (Figur 1). Området där fisken filmades var 1 m² stort. Totalt filmades 40 minuter per tillfälle och bassäng där 30 minuter användes för beteendestudier. Under de 30 minuterna noterades aggressivt beteende hos fiskarna genom att notera antal utfall mot andra fiskar. Dessa sammanställdes sedan för varje tillfälle..

Fettanalys

Fiskens fetthalt analyserades för att registrera eventuella skillnader mellan försöks- och kontrollbassängerna. Totalt togs 80 individer från vardera bassängen, 40 vid start och 40 vid försökets slut. I väntan på analys hölls fisken frusen (-30°C). Innan analysen påbörjades tinades fisken. Huvudet tillsammans med bröstfenor och stjärtfena togs bort. Samtidigt noterades könet på fisken samt eventuell könsmognad. Till analysen användes 5 gram av fiskens biomassa. Instrumentet som användes för att analysera fisken var Dairy Milk Analyser. Den är ursprungligen konstruerad för att analysera fetthalten i mjölk men just denna enhet har kalibrerats för fiskanalys. Maskinen använder sig av infrarött ljus för att analysera fetthalten i lösningen. 3 milliliter av lösningen injicerades i maskinen som sköljdes med destillerat vatten mellan varje prov. Mellan vart tionde prov rengjordes maskinen med ett speciellt rengöringsmedel, Miris Clean. Varje fisk testades tre gånger och ett medelvärde beräknades. Detta gjordes för att minimera maskinens mätfel.

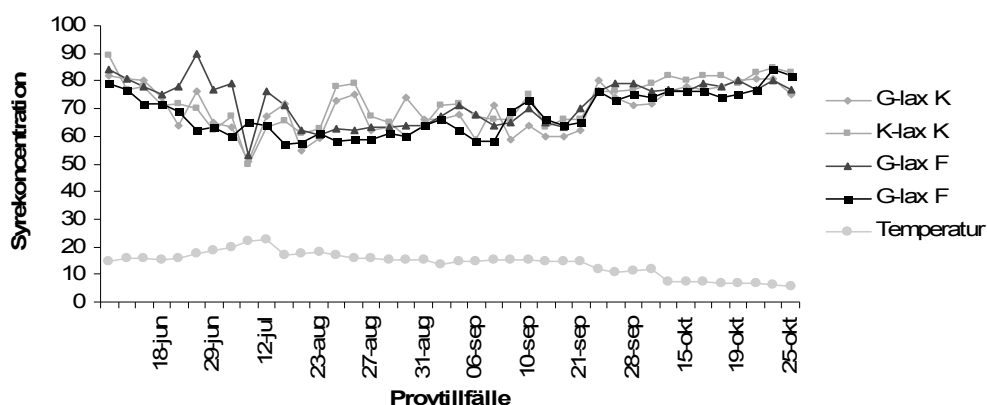
Resultat

Strömsättarna förändrade både strömhastigheten och strömbilden i försöksbassängerna (Figur 2). Det blev en mer homogen strömbild i bassängen och området med hög strömhastighet ökade i storlek. I och med det utökades även arean av det förväntade prefererade området i bassängerna.



Figur 2. Medelvärdet av samtliga flödesmätningar (cm/sek) för respektive bassäng. Mätpunkterna 1-10 placering i bassängen syns i figur 1.

Syrekoncentrationen i bassängerna varierade mellan 50% och 90% och det fanns ingen signifikant skillnad mellan bassängerna (Figur 3) (Envägs ANOVA, $F=0,266$ $df=1$ $p=0,607$). Skillnader i temperatur mellan bassängerna registrerades inte och mätvärdet var detsamma vid varje mättillfälle för samtliga bassänger.



Figur 3. Syremättnad (procent) i de fyra bassängerna vid alla provtagningarna under försökets gång. Även temperaturen ($^{\circ}\text{C}$) vid provtagningstillfällena.

Innan försöket startades sorterades fisken för att uppnå ett jämnt antal individer i alla bassänger (Tabell 1). Dödligheten var ungefär densamma i försöks- och kontrollbassängerna. Då det finns en liten skillnad i antalet individer mellan försöks- och kontrollbassängerna i slutet av försöket har det orsakat en skillnad i fodergivans storlek. Antalet behandlingar som utfördes på fisken under försöket har observerats.

Tabell 1. Antal individer, utfodring, antal medicinska behandlingar (motverka svamputveckling), biomassan av fisk per m^2 vid start och slut samt medellängden för respektive bassäng.

	K-lax K	K-lax F	G-lax K	G-lax F
Antal individer Start	10047	10047	8869	8869
Antal individer Slut	9981	9968	8740	8743
Foder Tot (kg)	1110	1108	968	980
Behandlingar (st)	2	5	3	6
Biomassa kg/m^3 Start	6	8	8	8
Biomassa kg/m^3 Slutet	28	34	24	42

Fenskador

När försöket inleddes observerades ingen skillnad mellan skador på ryggen hos Klarälvs-laxen. Vid övriga läsningar fanns en skillnad då fisken från kontrollbassängen hade mer skador än fisken från försöksbassängen. Denna skillnad var störst i slutet av försöket (Figur 4, Tabell 2). Det har varit en generell minskning av skadorna på ryggen för båda bassängerna. Andelen individer med skadefrekvens 0 har varit större i försöksbassängen från och med den andra läsningen (Figur 4). Bröstfenorna har haft en låg skadefrekvens genom hela försöket. För bröstfenorna fanns en skillnad under de två första läsningarna. Försöksbassängen hade fler individer med skador och individer i alla skadefrekvenser jämfört

med kontrollbassängen (Figur 5). Under de tre sista fanns ingen skillnad (Figur 5, Tabell 2). Det var endast under de två första läsningarna som en liten andel av fiskarna hade en skadeklass högre än 0 (Figur 5).

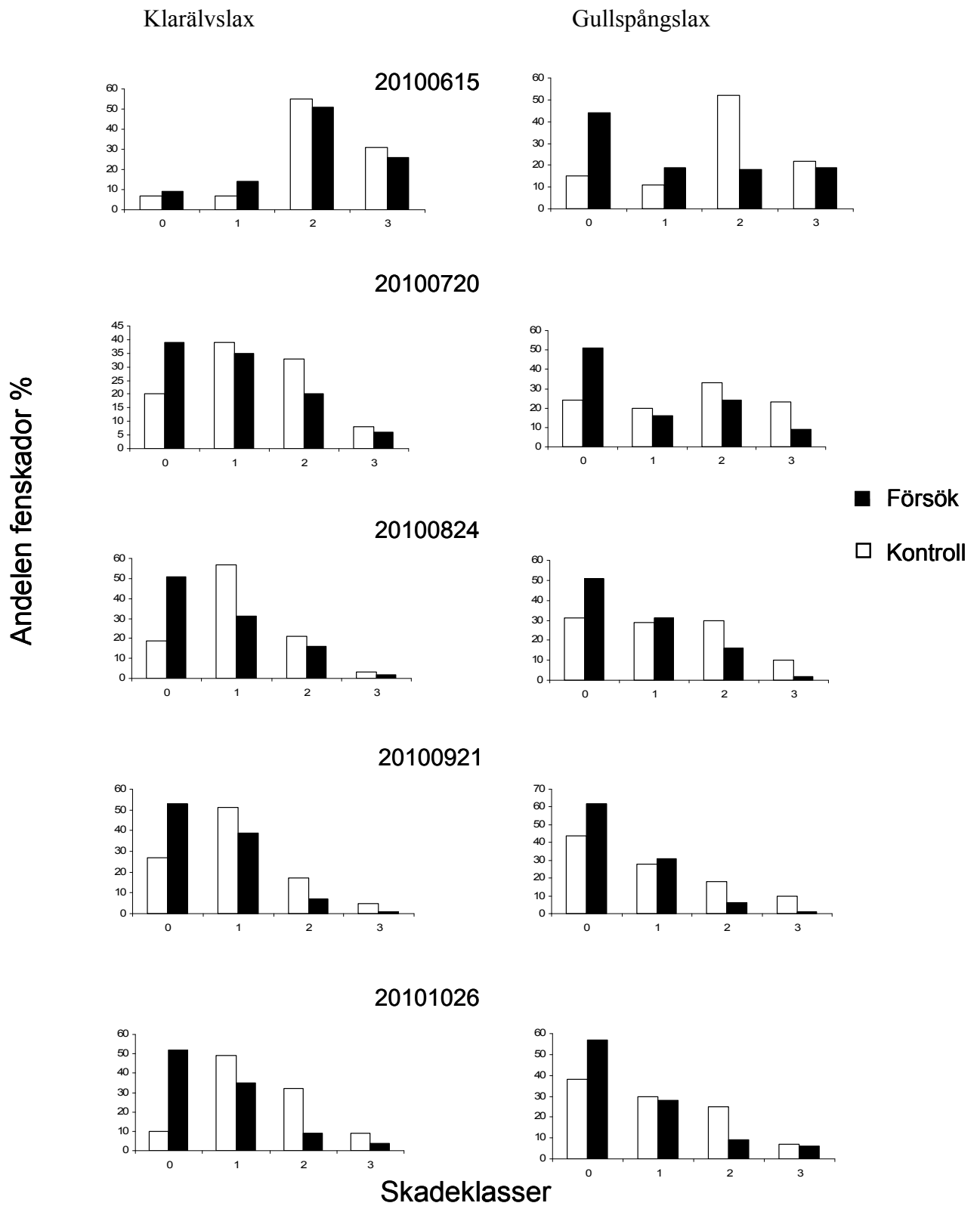
Hos Gullspångslaxen fanns en skillnad mellan skadorna på ryggfenan när försöket startade då försöksbassängen hade en lägre andel skador. Denna skillnad bestod under hela försöket (Figur 4, Tabell 2). Det var en större andel individer med skadeklass 0 på ryggfenan under hela försöket i försöksbassängen (Figur 4). En generell minskning av fensskador för båda bassängerna observerades. Under den första läsningen sågs ingen skillnad för bröstfenorna. Dock fanns en skillnad vid den andra läsningen men detta var den enda läsningen som uppvisade en skillnad mellan de olika bassängerna (Figur 4, Tabell 3). I försökets början fanns en spridning mellan de olika skadeklasserna på bröstfenan för båda bassängerna. Dock har denna skillnad successivt minskat. Från och med den andra läsningen har endast enstaka individer observerats i skadeklass som har varit högre än 0 (Figur 5). Vid den näst sista läsningen gjordes ett s.k. blindtest då kontrollanten inte visste vilken bassäng fisken kom ifrån. Samma kontrollant genomförde samtliga kontroller under försöket.

Tabell 2. Resultat av Chi-2-analyser som testar skillnader mellan behandlings- och kontrollbassänger avseende fensskador på ryggfenorna

Datum	G-lax			K-lax		
	P	x2	N	P	x2	N
20100615	<0,0001	33,12137	200	0,365732	3,172873	200
20100720	0,000505	17,71105	200	0,020259	9,809254	200
20100824	0,002256	14,53892	200	0,00008	21,48854	200
20100921	0,000865	16,57278	200	0,000747	16,88333	200
20101026	0,009415	11,4753	200	<0,0001	45,61046	200

Tabell 3 Resultat av Chi-2-analyser som testar skillnader mellan behandlings- och kontrollbassänger avseende fensskador på bröstfenorna

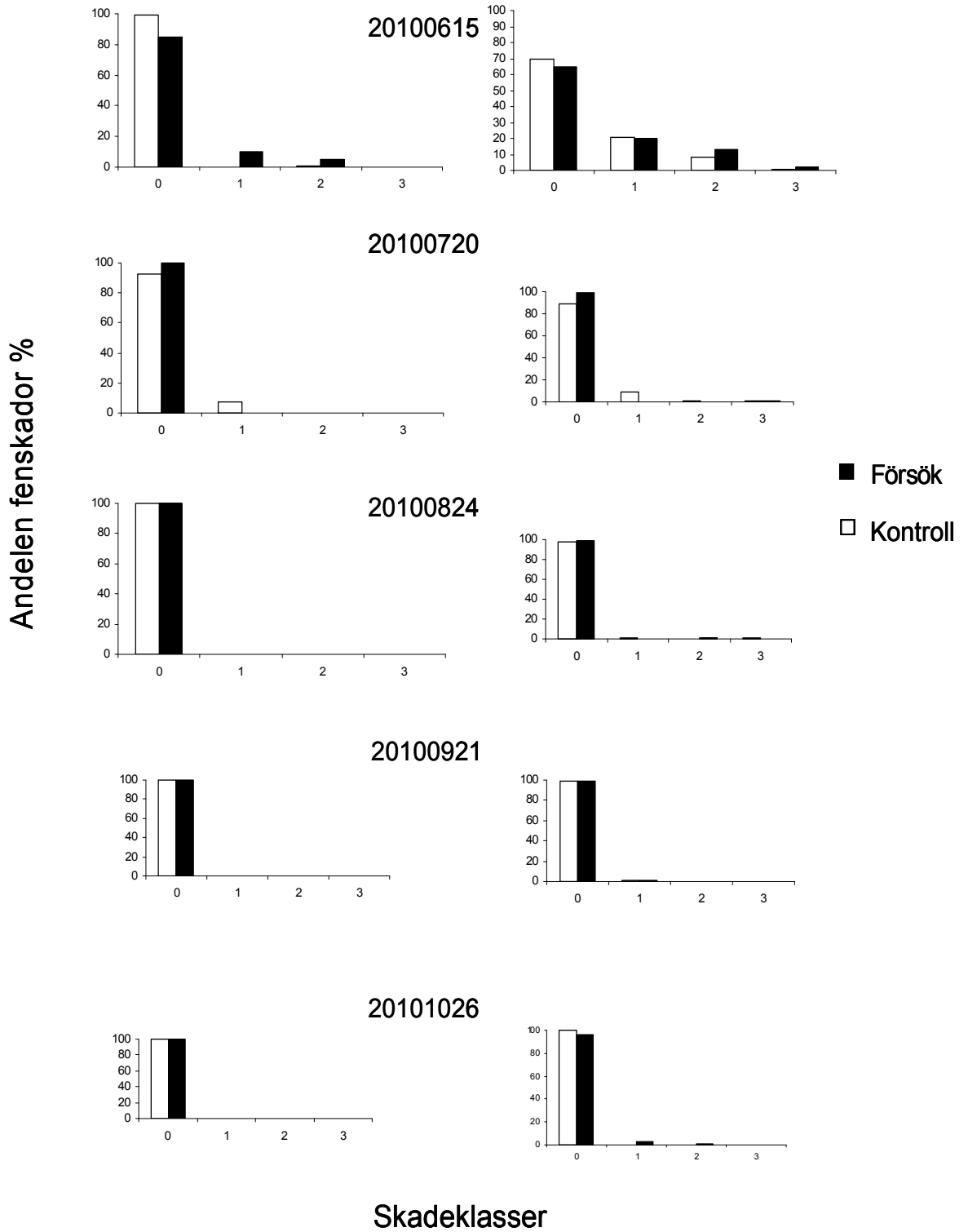
Datum	G-lax			K-lax		
	P	x2	N	P	x2	N
20100615	0,687466	1,477531	200	0,001043	13,73188	200
20100720	0,014546	10,53191	200	10,53191	0,014546	200
20100824	0,390843	3,005076	200	1	0	200
20100921	0,316098	1,005025	200	1	0	200
20101026	0,129923	4,081633	200	1	0	200



Figur 4 Andelen skador på ryggtfenan för de olika skadeklasserna (0-3) hos Klarälvs- (till vänster) och Gullspångslax (till höger) vid samtliga läsningar.

Klarävlslax

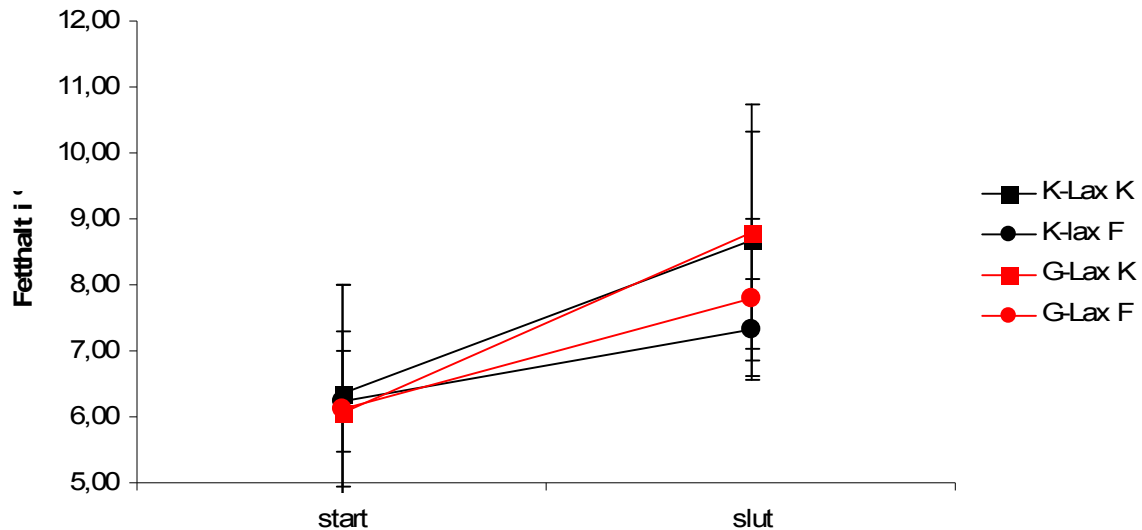
Gullspångslax



Figur 5 Andelen skador på bröstfenan för de olika skadeklasserna (0-3) hos Klarävlvs- (till vänster) och Gullspångslax (till höger) vid samtliga läsningar.

Fettanalys

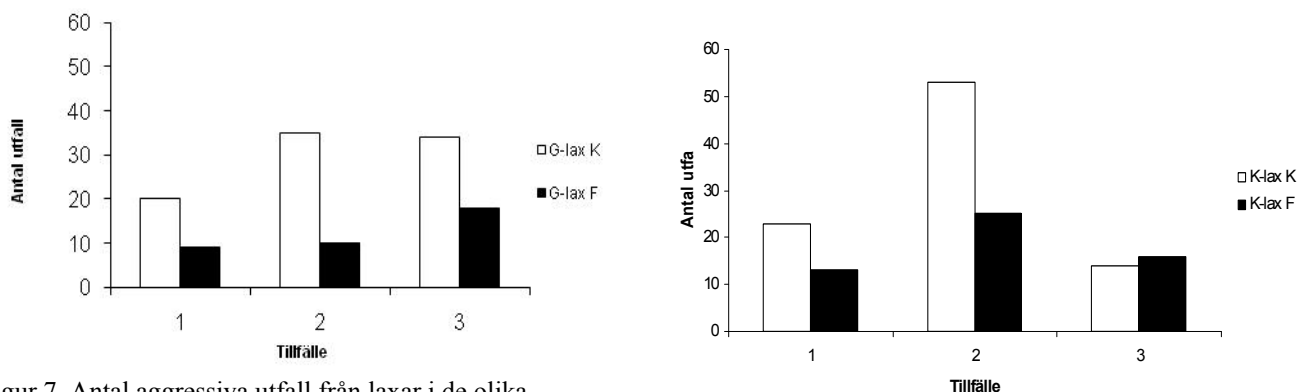
Totalt genomfördes fettanalyser på 80 individer ifrån varje bassäng, 40 vid starten och 40 vid avslutningen av försöket (n=360 individer). Fetthalten var högre i alla bassängerna i slutet av experimentet jämfört med början (figur 6), men inte lika hög för den strömsatta fisken. Då könsmogna hanar har en lägre fetthalt uteslöts dessa (n=45) från analysen (bilaga 1).



Figur 6. Medelvärde av fetthalt (%) hos laxen för de fyra bassängerna vid försökets början och slut.

Beteendestudie

Under de tre tillfällena som samtliga bassänger filmades observerades totalt 182 utfall i kontrollbassängerna. Motsvarande siffra för försöksbassängerna var 91 utfall. I försöksbassängen hos Gullspångslaxen var det en lägre andel utfall under de tre tillfällena. Det såg något annorlunda ut för Klarälvs laxen. Här hade kontrollbassängen en högre andel utfall vid två tillfällen. Vid det sista tillfället var det en högre andel utfall i försöksbassängen (Figur 7).



Figur 7. Antal aggressiva utfall från laxar i de olika bassängerna vid tre registreringstillfällen. K-lax, till höger respektive G-lax till vänster.

Diskussion

Studien visar att ett ökat vattenflöde samt en förändrad strömbild ger en minskning av fenskador på ryggen hos Klarälvsaxen i likhet med flera andra studier (Davison m.fl. 1996; Jørgensen m.fl. 1996; Desmond m.fl. 2003; Ellis m.fl. 2002). Inga tidigare studier har, till min kännedom, utförts på stammar från Klarälven eller Gullspångsälven. Gullspångsaxen uppvisade inte samma samband mellan skador på ryggen och vattenflöde/strömbild som Klarälvsaxen. Det går därför inte att dra några slutsatser om huruvida ett ökat vattenflöde och en förändrad strömbild skulle ha samma påverkan på Gullspångsaxen som på Klarälvsaxen. Resultaten i studien stödjer dock hypotesen om att ett ökat vattenflöde samt en förändrad strömbild påverkar fenkvaliteten på ryggen hos Klarälvsaxen positivt. För Gullspångsaxen går det varken att förkasta eller bekräfta hypotesen, även om ett rimligt antagande vore att Gullspångsaxen borde reagera på samma sätt som Klarälvsaxen. Flera andra studier på anadrom atlantlax visar samma samband som för Klarälvsaxen i studien (Davison m.fl., 1996; Jørgensen m.fl. 1996; Desmond m.fl. 2003; Ellis m.fl., 2002), vilket stödjer teorin om att samma resultat skulle kunna uppnås för Gullspångsaxen. Då en blindläsning gjordes av fisken och detta inte har påverkat resultatet stärks studien. Det kan därmed uteslutas att det finns en mänsklig påverkan av resultatet. Kontrollanten var samma under hela försöket. Skulle denne lärt sig eller på något sätt förändrat läsningen av fenorna som kan ha påverkat resultatet under försöket borde den vara som störst i slutet av försöket. Det kan alltså konstatera att så inte var fallet. Och om det har skett någon förändring av bedömningen under försöket skulle de bli samma för alla bassänger då det är samma kontrollant som utfört alla läsningar.

I och med att det finns en skillnad mellan behandlingarna hos Klarälvsaxen av skadorna på ryggen hos fisken (mindre i de bassängerna med ökat flöde) kan man anta att aggressionerna är mindre i dessa bassänger. Detta styrks även med den utförda beteendestudien. Det totala antalet utfall i kontrollbassängen var dubbelt så högt jämfört med försöksbassängen. Under utfodring simmade fisken i kontrollbassängerna runt i relativt höga hastigheter vilket i andra undersökningar har konstaterats öka antalet kollisioner och därmed antalet fenskador (Ellis m.fl., 2002). Fisken i försöksbehandlingen stod kvar i samma område och steg upp och tog födopartiklarna när de passerade. På så sätt undvek de att kollidera. De filmade beteendeobservationerna visar att fisken i de strömsatta bassängerna söker sig mot de prefererade områdena i bassängerna. De stod mer organiserat mot strömmen och alla individer stod åt ett och samma håll. Simfrekvensen var högre samt att de stod på samma vertikala nivå i vattenmassan. De spred också ut sig i de områden som hade en högre strömhastighet vilket gjorde att tätheten per ytenhet blev mindre i de prefererade områdena. De förflyttade sig inte heller lika mycket som i kontrollbassängerna. I kontrollbassängerna var fisken mer oorganiserad och kunde stå åt olika håll på samma områden samt i flera olika vertikala nivåer. De simmade också med en mycket lägre simhastighet. Vissa individer stod också stilla på botten och simmade inte alls. I kontrollbassängerna sökte sig fisken mot kanterna av bassängen där flödet var som högst. De stod då väldigt tätt vilket skulle kunna ha ökat antalet aggressioner samt andelen fenskador uppkomna av andra orsaker såsom mekanisk erosion. Anledningen till att de söker sig mot kanterna kan ha flera orsaker. Det kan vara att de föredrar att stå i en högre vattenhastighet eller att de söker skugga. Dock observerades inte samma mönster i försöksbassängerna vilket indikerar att det berodde på skillnaden i vattenflöde och strömbild i bassängen. De verkade föredra att stå i de områden där vattenflödet var högre.

Ett rimligt antagande vore att ett ökat vattenflöde skulle ge mer förslitningsskador på bröstfenorna då fiskarna måste simma mer och då skaver fenorna mot bassängens kanter eller botten (Latreuille 2010). Resultaten ifrån denna studie visar att detta inte är fallet. Den ökade strömhastigheten ökar inte frekvensen av förslitningsskador i försöksbassängerna. Hypotesen om att ett ökat vattenflöde skulle ge en högre andel förslitningsskador på bröstfenorna kan därmed förkastas.

MacLean m.fl. (2000) och Turnbull m.fl. (1997) visar att fisk får en sämre välfärd i samband med en ökad skadefrekvens. Alltså kan man konstatera att fisken har en högre välfärd i bassängerna med ett ökat flöde jämfört med referensbassängerna.

Det finns dock andra sätt att komma till rätta med välfärdsproblematiken. Genom att minska fisktätheten i odlingsbassänger kan man i vissa fall öka välfärden hos fisk (Turnbull m.fl., 2005). Ellis (2002) har dock visat att såväl en hög som låg täthet kan påverka välfärden negativt. Lägre tätheter kan ge en negativ påverkan då födointaget påverkas och fisken har svårare att upptäcka föda på grund av sociala interaktioner. Turnbull (2005) visade att en kritisk gräns då välfärden minskade hos atlantlax var 22kg/m^3 .

Olika fiskarter reagerar också olika på en täthetsminskning. Harr (*Salvelinus alpinus*) växer fortare och bättre under höga tätheter medan havsabborre (*Dicentrarchus labrax*) och guldsparid (*Sparus auratus*) minskar sin tillväxt (Turnbull m.fl., 2005). Soderberg 1993 visar att atlantlaxparr kan ha en godtagbar välfärd över ett brett spann av olika tätheter. En "reviewstudie" (Ellis, 2002) på regnbåge (*Oncorhynchus mykiss*) visar att en högre täthet kan påverka välfärden negativt då dödligheten ökar på grund av att aggressiviteten ökar. Andra studier visar dock att täthetsberoenden är en osäker faktor genom att det är många andra faktorer som påverkar fiskens välfärd (Turnbull m.fl., 2005; Soderberg 1993). Vid den sista läsningen i den här studien var biomassan i samtliga bassänger över Turnbulls gränsvärde. Alltså kan biomassan ha påverkat välfärden negativt i dessa bassänger. Dock är detta en högst osäker faktor parallellt med att det krävs relativt små tätheter för att få en ökad välfärd. Det är således inte effektivt att applicera denna metod i en odlingsverksamhet. Det är då lämpligare att hitta andra metoder för att öka välfärden hos fiskar exempelvis med hjälp av en ökad strömhastighet och förändrad strömbild.

Överlevnaden efter utsättning kommer troligtvis att vara högre hos fisken ifrån försöksbassängerna då denna är mer "vältränad" och haft en högre välfärd. (Davison 1996; Desmond m.fl. 2003). Man kan se att vildlax (över 60cm) som fångats i Väneren har bättre kvalité på ryggsfenan jämfört med odlad lax (över 60cm) (Hållén 2008). Detta skulle kunna tyda på att fisken inte är lika aggressiv i naturen. Det troligaste är dock att de enskilda individerna blir utsatta för mindre aggression på grund av de lägre tätheterna i naturen. Aggressioner ger en ökad stress och stressen skapar i sin tur fisk som är mer mottaglig för sjukdomar och infektioner. Ett rimligt antagande är således att fisken som växer upp i naturen har en högre välfärd. Studien visar att Klarälvsloxen i försöksbassängen har en högre välfärd jämfört med kontrollbassängen då skadorna på ryggsfenorna, aggressionerna och således stressen för fisken har minskat.

Fetthalten ökade inte lika mycket hos fiskarna i försöksbassängerna som i kontrollbassängerna (Klarälvsfisken reagerade tydligast på denna behandling). Ett rimligt antagande är att fisken i dessa bassänger är mer vältränade och därigenom anpassade till ett liv i det vilda (Bugeon m.fl. 2003). Andra studier visar att vild smolt har en betydligt lägre fetthalt jämfört med odlade smolt (Lundquist m.fl. 2006). Denna studie visar på att man med ett ökat vattenflöde kan minska fiskens fetthalt (de är troligtvis mer vältränade), och därigenom ge fisken bättre

förutsättningar efter utsättning. Fisken som har ingått i försöket kommer även att vara en del av ett märkningsprojekt. Det är då möjligt med en uppföljning av studien för att se skillnader i återfångsterna.

Då försöket startades var biomassan (kg/m^3) för de olika bassängerna i stort sett lika men då det avslutades var den högre i försöksbassängerna. Vi kan alltså se att vi har haft en högre tillväxt i försöksbassängerna och/eller att vi har haft en jämnare tillväxt. En rimlig förklaring till att fisken har en jämnare tillväxt i försöksbassängerna kan vara att man utökar de prefererade områdena samt att födan sprids över en större yta i bassängerna vilket minskar konkurrensen om födan och en större andel av fisken kan tillgodogöra sig födan. Dock borde man göra mera utökade analyser av dessa data vid vidare försök.

Försöket skedde utomhus under normala odlingsförhållanden och med normala odlingsmetoder. Odlingsverksamheten kan ha stört eller påverkat fisken negativt. Stressade fiskar rör sig mer och snabbare vilket ökar kollisionerna mellan dem och därmed skadorna. Denna studie kan ses som en förstudie där ett större försök under kontrollerade förhållanden skulle kunna utvisa större skillnader. En mer omfattande studie med flera replikat vore därför att föredra.

Studien har visat att ett ökat vattenflöde och en förändrad strömbild påverkar Klarälvs laxens fenkvalite positivt, och därigenom även välfärden hos dessa. Hos Gullspångslaxen kan inga slutsatser dras på grund av en skillnad i början av försöket. Dock borde Gullspångsstammen reagera lika då andra studier av anadrom atlantlax visar på ett samband mellan ett ökat vattenflöde och en minskad andel fenskador och en högre välfärd. Denna studie har också påvisat samma samband. Beteendestudien visar också att det är en större skillnad på utfall mellan kontroll- och försöksbassängerna hos Gullspångslaxen. Detta borde ge en lägre skadefrekvens på ryggen och därigenom en högre välfärd. Att använda strömsättare för att öka vattenflödet och förändra strömbilden och därigenom öka de prefererade områdena i odlingsbassängerna är en metod att föredra då den har en positiv effekt på fiskens välfärd och är en kostnadseffektiv metod. Minskade tätheter i odlingsbassängerna för att uppnå en ökad välfärd är en osäker metod och inte lika kostnadseffektiv för odlarna som strömsättningsmetoden. Då denna studie är utförd i odlingsmiljö och under en reguljär odlingsverksamhet är den direkt applicerbar för odlare vilket också stärker nyttan och värdet med studien.

Det finns flera fördelar för odlingsverksamheten med att använda sig av strömsättare i bassängerna. I och med att flödet ökar förflyttas födan över ett större område och fördelas jämnare i bassängen vilket gör att födan når ut på ett större område och därigenom ett större antal fiskar. Den typ av strömsättare som användes i försöket var utrustad med en slang för att leda ner luft i vattnet. Om man skulle använda denna typ av strömsättare är det troligt att behovet av vattenluftare skulle minska betydligt.

Tack till:

Jag vill avsluta med att tacka min handledare Eva Bergman och David Johansson (Länsstyrelsen Västra Götaland) för bra handledning under projektet. Götene sportfiskeklubb som har gjort detta projekt möjligt genom finansiering. Veronica Lauritzsen på Fortum och Gammalkroppas fiskodlingpersonal som har upplåtit och tagit hand om odlingsverksamheten samt varit behjälpliga med problem som har uppstått på odlingen. Johnny Norrgård som har varit till hjälp med statistiken och Laura Toivanen som har genomfört fettanalyserna.

Referenser:

- Aas, Ø., Einum, S., Klemestesen, A., Skurdal, J., (2007) *Atlantic Salmon Ecology*
- Adams C., Huntingford F., Turnbull J., Arnott S., Bell A., (2000) *Size heterogeneity can reduce aggression and promote growth in Atlantic salmon parr* *Aquaculture International* Volume 8 Number 6, Pages 543-549
- Ackefors, H., Johansson, N. och Wahlberg, B. (1991). *The Swedish compensatory program for salmon in the Baltic: an action plan with biological and economic implications*. ICES Nar. Sci. Symp. 192:109-119
- Ashley P. J. (2006) *Fish welfare: Current issues in aquaculture* *Animal Behaviour Science*
- Bugeon J., Lefevre F. and Fuconneau B. (2004) *Fillet texture and muscle structure in brown trout (Salmo trutta) subjected to long-term exercise* *Aquaculture Research*, **34**, 1287-1295.
- Calles O (2005) *Fiskars migration och reproduktion i reglerande vatten – Restaureringsåtgärder och dess effekter* Avdelningen för Biologi Karlstads Universitet Introduktionsuppsats 2
- Davison, W. (1997) *The effects of exercise training on teleost fish, a review of recent literature* *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* Volume 117, Issue 1, May, Pages 67-75
- Desmond J. Maynard, Gail C. McDowell, Gary A. Winans, Glen A. Snell, Thomas A. Flagg, Conrad V. W. Mahnken, and Robert N. Iwamoto *Effect of exercise on fall Chinook salmon* *Development of a Natural Rearing System to Improve Supplemental Fish Quality* Progress Report 1999 – 2003
- Dempson J.B., Schwarz C.J., Shears M. and Furey G. (2004) *Comparative proximate body composition of Atlantic salmon with emphasis on parr from fluvial and lacustrine habitats* *Journal of fish biology* **64** 1257-1271
- Einum S., Fleming I. A., (1997) *Genetic divergence and interactions in the wild among native, farmed and hybrid Atlantic Salmon* *Journal of Fish Biology* **50**, 634-651
- Eklöv, A. Länsstyrelsen Skåne län, *Fiskundersökning vid Håstad Mölla Kävlingeån 1998-2009*
- Ellis T., North B., Scott A. P., Bromage N. R., Porter M., Gadd D. (2002) *The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout* *Journal of Fish Biology* **61**, 493-531
- Fiskeriverket *Lax- och öringfisket i Vänern* Finfo 1998:8, Fiskeriverket informerar
- Fiskeriverket 2001 *Utsättning och spridning av fisk* Finfo 2001:8
- Fiskeriverket 2007 *Genetiska, ekologiska och samhällsekonomiska effekter av fiskutsättningar*

Huntingford F.A., Adams C., Braithwaite A., Kadri S., Pottinger T.G., Sand P., Turnbull J.F., (2006) *REVIEW PAPER - Current issues in fish welfare* Journal of Fish Biology **68**, 332–372

Hållen, A. 2008 *Hur stor del av laxen i Vänern är vild? - En undersökning av andelen vild respektive odlad lax i Vänern* Examensarbete Göteborgs Universitet

Jørgensen, E. H., Baardvik, B. M., Eliassen, R., Jobling, M. (1996) *Food acquisition and growth of juvenile Atlantic salmon (Salmo salar) in relation to spatial distribution of food* Aquaculture **143** 277-289

Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Saloniemi, I. & Jokikokko, E. (2004). *Association between environmental factors, smolt size and the survival of wild and reared Atlantic salmon from the Simojoki River in the Baltic Sea*. Journal of Fish Biology **65**: 122–134.

Kallio-Nyberg, I., Jutila, E., Jokikokko, E. & Saloniemi, I. (2006) *Survival of reared Atlantic salmon and sea trout in relation to marine conditions of smolt year in the Baltic Sea*. Fisheries Research **80**: 295–304.

Latremouille D. N. (2010) *Fin Erosion in Aquaculture and Natural Environments* Reviews in Fisheries Science, **11**: 4, 315 — 335,

Lundquist, H., Öhlund, G., Karlsson, L., Larsson, S., Carlsson, U., Alanärä, A., Kiessling, A., Eriksson, L-O., Leonardsson, K., Östergren, J., Nilsson, J. *Lax- och örinsmoltvandring I Sävarån 2005: Förstudie för bedömning av Sävaråns potential att fungera som indexvattendrag för svenska skogsälvar* SLU Vattenbruksinstitutionen Rapport 50

MacLean, A., Metcalfe, N. B., Mitchell, D. (2000) *Alternative competitive strategies in juvenile Atlantic salmon (Salmo salar): evidence from fin damage* Aquaculture Volume **184**, Issue 3-4, October, Pages 291-302.

Piccolo J. J., Norrgård J. R., Greenberg L. A., Schmitz M., Bergman E. (2010) *Conservation of endemic migratory salmonids in regulated rivers: A case study from Lake Vänern, Sweden* In Prep November

Rappe, C., Ranke, W., Soler, T., Funegård, F., Karlsson, L., och Thorell, L. (Eds.). (1999) *Baltic salmon rivers: status in late 1990s as reported by the countries in the Baltic region*. Stockholm: Swedish Environmental Protection Agency and Swedish National Board of Fisheries

Rivinoja P., (2005) *Migration Problems Of Atlantic Salmon (Salmo Salar L.) in Flow Regulated Rivers* Doctoral Thesis No.2005:114

Soderberg, R.W., Meade, J.W., Redell, L.A., (1993) *Growth, survival, and food conversion of Atlantic salmon reared at four different densities with common water quality*. Prog. Fish-Cult. **55**, 29-31.

Turnbull, J.F., Bell, A., Adams, C.E., Bron, J., Huntingford, F., (2005) *Stocking density and welfare of cage farmed Atlantic salmon: application of a multivariate analysis*. Aquaculture Volume **243**, Issues 1-4, 3 January, Pages 121-13

Turnbull, J.F. , Adams, C.E., Richards R.H., Robertsson D.A., (1997) *Attack site and resultant damage during aggressive encounters in Atlantic salmon (Salmon Salar L.) parr* Aquaculture
Volume 159, Issues 3-4, September, Pages 345-353

Bilaga 1

Utvecklingen av andelen köns mogna hanar och smolt var den samma mellan kontroll- och försöksbassängerna, med en något förhöjd andel tidigt köns mogna hanar i försöksbassängen hos Klarälvs laxen. Gullspångslaxen har samma utveckling hos försöksbassängen och kontrollbassängen.

		20100615	20100720	20100824	20100921	20101026
K-lax K	Stirr	99%	94%	96%	82%	67%
	Smolt	1%	6%	4%	18%	13%
	Hane	0%	0%	0%	0%	20%
G-lax K	Stirr	97%	89%	88%	72%	47%
	Smolt	3%	11%	12%	27%	23%
	Hane	0%	0%	0%	0%	30%
K-lax F	Stirr	100%	95%	83%	82%	56%
	Smolt	0%	5%	17%	18%	5%
	Hane	0%	0%	0%	0%	39%
G-lax F	Stirr	100%	98%	98%	61%	48%
	Smolt	0%	2%	2%	39%	20%
	Hane	0%	0%	0%	0%	32%



LÄNSSTYRELSEN
VÄSTRA GÖTALANDS LÄN