

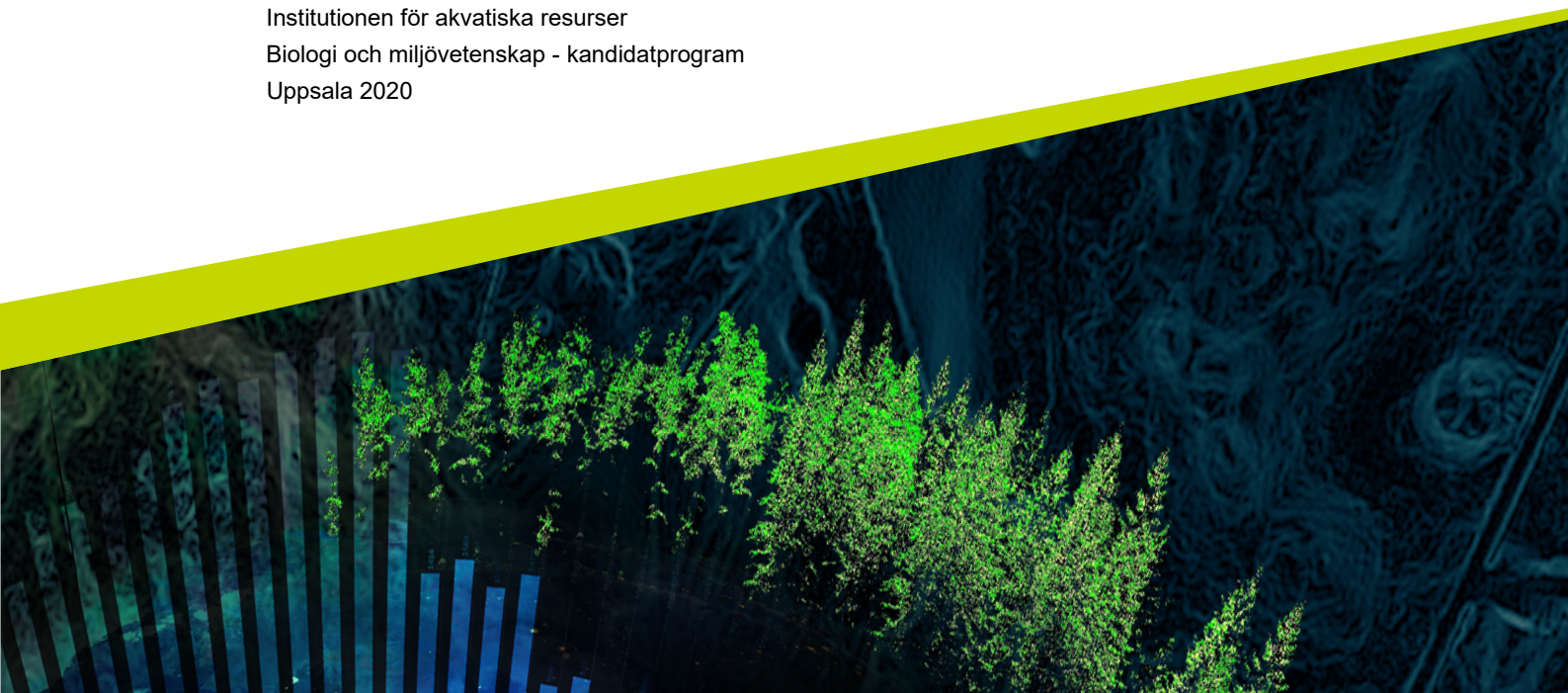


Fiskodlingens påverkan på fenskador och överlevnad hos utsatt lax

– fokus på fisktäthet, fodertyp och foderregimer

Sofia Nymans

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser
Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram
Uppsala 2020



Fiskodlingens påverkan på fenskador och överlevnad hos utsatt lax– fokus på fisktäthet, fodertyp och foderregimer

Sofia Nymans

Handledare: Ann-Britt Florin, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Bitr. handledare: Yvonne Ottosson & Jörgen Rask, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Examinator: Magnus Huss, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständig arbete i Biologi, G2E
Kurskod: EX0894
Program/utbildning: Biologi och miljövetenskap - kandidatprogram
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2020

Nyckelord: salmo salar, laxsmolt, fenskador, kompensationsodling

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för akvatiska resurser
Kurslaboratoriet, Fiskeriförsöksstationen i Älvkarleby

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Mer information om publicering och arkivering går att hitta här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Varje år sätts det ut cirka 55 000 öringsmolt och 60 000 laxsmolt i Dalälven från SLU:s fiskodling i Älvkarleby vilket sker som en kompensation för utbyggnaden av vattenkraften i älven. Det här arbetet fokuserar på ettårig lax och innehåller tre olika studier som undersöker hur fisktäthet, fodertyp och -regimer påverkar fenskador och överlevnaden hos den utsatta laxsmolten. Syftet är att öka kunskapen så att den utsatta smoltens överlevnad i det vilda kan öka. I studien med fisktäthet användes data från kontroll av fenskador i samband med märkning åren 2011–2013. Analys visade att hög fisktäthet inte verkar leda till allvarliga fenskador men en högre dödlighet. Fenskadorna verkar inte ha något samband med dödligheten i trågen.

För studien av fodertyper användes data från ett experiment genomfört av fiskodlingens personal tidigare under året. Där användes två olika fodertyper; Aller Aqua (granulat) och Biomar (pellets). Fiskarna utvecklade allvarligare fenskador med fodret Aller Aqua och i de större D-trågen (42 m²) jämfört med mindre B-tråg (23 m²). En bidragande faktor skulle kunna vara fodrens egenskaper, särskilt deras form, då det kan ha resulterat i en förändrad konkurrens mellan fiskarna.

Försöket med foderregimer innehöll tre olika system; lågt, medel och högt. Det låga systemet innebar en låg fodergiva (0,25 g) ofta (32–128 gånger) under dagen medan det mellersta systemet fick dubbelt så mycket foder vid varje fodergiva (0,50 g). Det mellersta systemet fick därmed mat hälften så många gånger (16–64 gånger) som det låga systemet. Det höga systemet fick mat endast 2–3 gånger per dag. I försöket ingick 6 tråg i varje regim med 150 fiskar i varje tråg och experimentet pågick i 57 dagar. Kontroll av fiskarna i slutet av försöket visade ingen skillnad i fenskador, längd eller vikt mellan regimerna. Fenskadorna blev bättre under försökets gång och orsaken till det är oklar.

Nyckelord: salmo salar, laxsmolt, fenskador, kompensationsodling

Abstract

Every year 55 000 trout smolt and 60 000 salmon smolt are released in the river Dalälven by the fish farm in Älvkarleby. The smolt are released as a compensation for the wild fishes lost due to the presence of water power plants in the river. This report focuses on one-year old salmon and includes three different studies with focus on fish density, feed types and feeding regimes and how they affect the fin damage and thereby the survival of the released smolt in the wild. The aim of the report is to increase the knowledge so that survival of released smolt can increase in the wild. In the study of fish density data from control of fin damages at time of tagging from year 2011–2013 was used. High fish density does not seem to lead to more severe fin damages but to a higher death rate. Fin damages does not seem to have any connection with the death rate in the tanks.

The experiment with the feed type was made by the staff at the fish farm. They used two different feed types; Aller Aqua (granulate) and Biomar (pellets). The fish developed more severe fin damages while fed Aller Aqua and in the bigger D-tanks (42 m²) compared to the smaller B-tanks (23 m²). A contributing factor could be the properties of the feed, especially their form, since that could have resulted in a changed competition between the fishes.

The experiment with the feeding regimes included three different systems; low, middle and high. The low system got a low ration (0,25 g) often (32–128 times) during the day while the middle system got twice the ration (0,50 g). This means that the middle system was fed half the times (16–64 times) compared to the fishes in the low system. The high system was fed only 2–3 times per day. The experiment consisted of 6 tanks with 150 fishes in each cage and was in progress for 57 days. A control of the fishes in the end of the experiment showed no significant difference between the three regimes in fin damages, length or weight. The fin damages got better during the experiment but the reason for this is unclear.

Keywords: salmo salar, salmon smolt, fin damages, compensatory farming

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
Figurförteckning.....	9
1. Inledning.....	11
1.1. Laxens ekologi.....	11
1.2. Funktion hos laxfiskars fenor och fenskadors effekt	13
1.3. Födoregim och matningssystem	14
1.4. Fetthalt hos odlad laxsmolt.....	15
1.5. Fodrets inverkan på laxsmolts överlevnad i det vilda.....	16
1.6. Vattenkraftverkens påverkan på lax	17
1.7. Fiskeriförsöksstationens historia	17
1.8. Syfte.....	18
2. Metod	19
2.1. Fisktäthet	19
2.2. Fodertyper	19
2.3. Experiment med foderregimer	23
3. Resultat.....	26
3.1. Fisktäthet	26
3.2. Fodertyper	29
3.3. Foderregimer	29
4. Diskussion.....	32
4.1. Fisktäthet	32
4.2. Fodertyper	33
4.3. Foderregimer	34
4.4. Slutsatser.....	36
4.5. Framtida studier.....	37
Tack	40
Appendix	41

Tabellförteckning

Tabell 1. Fodertest med fodertyp siffror på antal fiskar vid start, fisktäthet, antal döda fiskar och startvikt för alla tråg.	20
Tabell 2. Biomars foderinnehåll i olika storlekar.....	21
Tabell 3. Aller Aquas foderinnehåll för olika storlekar.	22
Tabell 4. Medeltäthet per kvadratmeter, andel fenskador och andel döda i de olika trågen.	26
Tabell 5. Antal bitar foder för de olika systemen för matning av fisk.	30
Tabell 6. Fiskarnas slutvikt och slutlängd och standardavvikelse (medel och standardavvikelse) i de olika foderregimerna.	30
Tabell 7. Klassifikation av ryggfenskador i försök med foderregimer, antal klass 2 och klass 3 skador.	31

Figurförteckning

Figur 1. Laxens livscykel	12
Figur 2. Klassifikation av ryggfensskada.....	21
Figur 3. F-tråg med 150 fiskar i.	24
Figur 4. Längden på en lax mäts.	25
Figur 5. Andel fiskar med fenskada klass 2 som funktion av medeltätheten....	27
Figur 6. Andel döda som funktion av andel klass 2.....	28
Figur 7. Andelen döda som funktion av medel antal fiskar per tråg.....	28
Figur 8. Ryggfensskador med olika fodertyper.	29

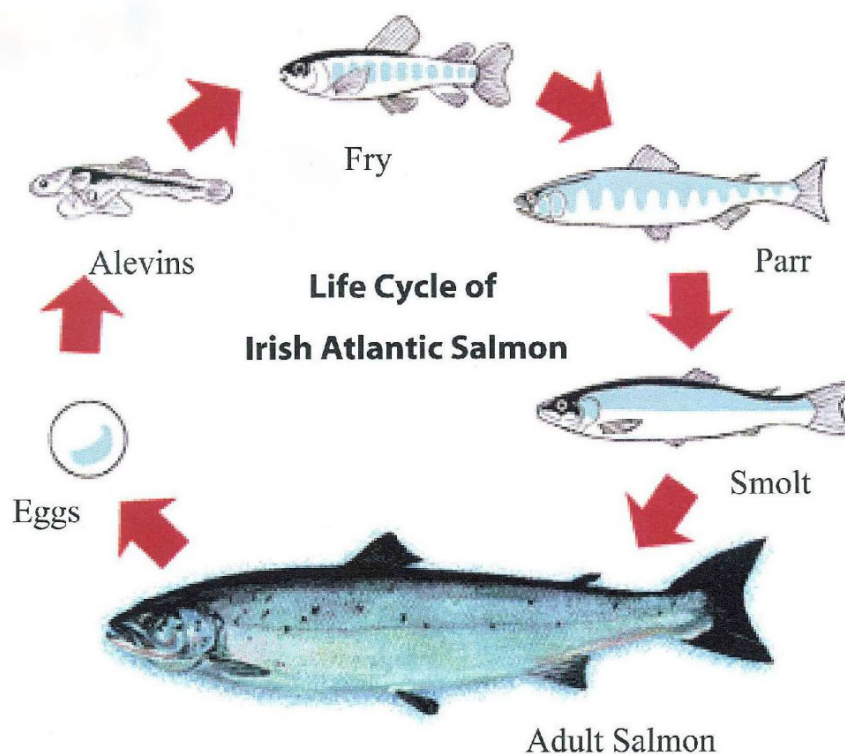
1. Inledning

1.1. Laxens ekologi

Lax (*Salmo salar*) är en fisk som ingår i familjen laxfiskar. Artens utbredning sträcker sig från norra Atlanten vidare till Vita havet och till Östersjön. Lax finns också i älvar som mynnar ut i haven samt i större sjöar såsom Vänern. Inom arten finns en stor genetisk variation där olika lokala former av fisken har fått olika namn (Nationalencyklopedin, u.å.b.). Arten lax är en anadrom fiskart (Artdatabanken, u.å.) vilket innebär att fisken vandrar upp i sötvatten från havet för att reproducera sig.

Lax klassas som livskraftig enligt rödlistan 2020 även om laxpopulationen under 1900-talet minskat kraftigt till följd av utbyggnaden av vattenkraftverk (Artdatabanken, u.å.). I Sverige reproducerar sig laxen naturligt i 40 vattendrag och den svenska laxpopulationen kan delas in i tre olika populationer där atlant-, östersjö- och vänerlax ingår. De två sistnämnda ökar medan atlantlaxen bedöms ha minskat med 60% på tre generationer (Artdatabanken, u.å.).

Irlands Marine Institute (u.å.) har beskrivit laxens livscykel (se figur 1 nedan). Livscykeln kan sägas börja när de vuxna laxarna återvänder från havet för att reproducera sig i det sötvattensdrag där de föddes. Honan gräver då en grop med sin stjärtfena i gruset där hon tänkt lägga sina ägg. När honan släpper sina ägg släpper också hanen/hanarna ut sin mjölke för att befrukta honans ägg.



Figur 1. *Laxens livscykel* (Marine Institute of Ireland (u.å.)).

De befruktade äggen utvecklas sedan till yngel som efter ett tag kommer att börja vandra upp från gruset på botten. Ynglen måste upp till ytan för att fylla på sin simblåsa vilket gör det lättare för dem att hålla sin position och att simma. Ynglen utvecklas sedan till småfisk och nu börjar fiskarna simma bättre i och med mer utvecklade fenor. Småfisken utvecklas under hösten till stirr som utvecklar ett kamouflerat utseende med ränder och prickar på oversidan av fisken.

När stirren har växt till att vara ungefär 10–25 cm långa övergår de till att vara smolt. För att bli smolt genomgår de en utveckling som gör att de är anpassade till att leva i saltvatten. En fysiologisk utveckling sker där ett system för att reglera salthalten i kroppen utvecklas och de blir silvriga (Irlands Marine Institute, u.å.). Processen till att övergå till smolt börjas under tidig höst året innan de vandrar ut till havet under våren. Övergången till smolt inleds när stirren uppnår ett tröskelvärde för tillväxt och energistatus. De individer av stirr som inleder övergången till smolt tillväxer under hösten för att sedan smoltifiera under våren. Individerna av stirr som inte inleder smoltifieringen minskar sitt födointag (Alanärä et al, 2017).

I processen från stirr till smolt ingår också en beteendemässig anpassning genom att de nu börjar simma med strömmen i vattendraget istället för mot strömmen.

Smolten lämnar vattendraget när de är 1–3 säsonger gamla och vandrar då ut till havet. Laxarna blir sedan vuxna efter ett eller flera år (Irlands Marine Institute, u.å.).

1.2. Funktion hos laxfiskars fenor och fenskadors effekt

Laxar har åtta fenor när de är vuxna vilka är stjärt-, rygg-, två bröst-, två buk-, anal- och fettfenor. Den huvudsakliga funktionen för fenorna är att hålla fiskarnas position och hållning (Noble et al, 2012). De olika fenorna har olika funktioner hos fiskarna beroende på situation. Hos somliga arter används vissa fenor för att kommunicera och signalera olika beteenden (Petersson et al, 2013).

Stjärtfenan genererar och driver förflyttningar hos laxarna. Ryggfenan används för ökad stabilitet och för att signalera aggressivt beteende vilket sker genom att ändra ryggfenans utsträckning och höjd (Noble et al, 2012). Fettfenan hos laxfiskar är en fena som sitter mellan rygg- och stjärtfenan. Dess funktion är i dagsläget oklar (Reimchen & Temple, 2014). Vissa anser att fettfenan kan vara till hjälp vid förflyttning (Noble et al, 2012) medan andra anser att fenan är en kvarlämning av en tidigare fena (Reimchen & Temple, 2014). Laxfiskars bröstfenor hjälper till att manövrera vilket gäller särskilt vid inbromsningar och vändningar som sker i vattnet. Bröstfenorna ökar också stabiliteten. Bukfenorna kan användas för att greppa honor med vid leken (Noble et al, 2012).

Fenskador har blivit uppmärksammat att förekomma i vilda förhållanden där habitatet är degraderade. Ett exempel på ett degraderat habitat i det vilda är där det förekommer onaturliga kemikalier såsom läckt olja. Det är därmed vanligt med fenskador hos vilda fiskar som lever i habitat med sämre kvalitet (Latremouille, 2003). Fenskador är ännu vanligare under förhållanden som råder på fiskodlingar (Noble et al, 2012). Skadorna och deformationer som uppstår används allt oftare för att indikera välfärd hos fiskarna på fiskodlingar (López-Olmeda et al, 2012).

Skadorna kan yttra sig på flera olika sätt och på flera olika skalor hos laxarna. De skador som skadar även fiskens inre delar och inte endast epidermis, det yttre lagret av huden, påverkar fisken i större grad. Fenornas skador kan också visa sig genom att vara deformerade eller missbildade (Noble et al, 2012).

Vissa skador kan under goda förutsättningar regenerera. Det bildas då en vävnad (eng. *wound epidermis*) som blir utgångspunkten för regenereringen av fenorna. Den fena som bildas vid nybildning behöver inte anta samma utseende som den ursprungliga fenan hade (Noble et al, 2012). Hur allvarliga skador som kan läka är dock oklart. I en studie (som innefattade utsläpp av fisk och sedan återfångst) visade det sig att de fiskar med obetydliga, nästan intakta, fenor återvänder i samma skick. Andra individer med värre fenskador återvänder ofta i förbättrat skick. För individer

med allvarliga fenskador visade det sig att hälften återvänder i förbättrat skick medan den andra hälften är i likadant skick som när den släpptes ut (Alanärä et al, 2014).

Effekter kan ses på tillväxt och överlevnad hos fiskarna om de har fenskador. Hur stor effekten blir beror på vilken fena som skadats och om det är flera fenor som skadats samtidigt. Överlevnaden hos fiskar där flera fenor är skadade är lägre än hos fiskar som har endast en skadad fena. Fiskarnas förmåga att simma kan antas påverkas av fenskador och därmed påverkas också deras födosökning samt fiskarnas förmåga att hålla sin position. Skadans/skadornas grad och typ på fenan/fenorna påverkar effekten av skadorna. Skadornas uppkomst ökar också risken för infektion av patogener vilket kan påverka fiskarnas hälsa (Noble et al, 2012).

I en studie visade det sig att ju fler skador laxen har vid utsättning, desto större är sannolikheten att inte bli infångad igen. Slutsatsen i studien blev därmed att ju fler skador laxen har, desto lägre överlevnad har individen. Det anses därför vara viktigt att minska fenskadorna i den mån det går på fiskodlingarna. I samma studie sågs ett samband mellan graden på skadan hos ryggfenan på laxarna och hur många andra fenskador en individ hade. Sambandet innebär att ju större skada på ryggfenan individen har, desto större sannolikhet är det att fisken har skador på andra fenor. Det har därför sagts att ryggfenans kondition kan användas som ett grovt mått på laxars allmänna kondition (Petersson et al, 2013).

Flera faktorer kan påverka fenskador hos fiskarna och dessa faktorer kan antingen verka på egen hand eller tillsammans. Exempel på faktorer som kan påverka fenskadorna är vilket system som används för uppfödningen, hanteringen av fisken och ljusförhållanden (Noble et al, 2012). Foderregimer och fodrets näringsinnehåll precis som frekvensen på matningen kan ha en betydande effekt på fenskador på fiskodlingar, se nedan (Noble et al, 2012).

1.3. Födoregim och matningssystem

Fiskar har generellt ett mönster som de flesta arter följer; fiskar äter inte konstant utan under vissa tider (antingen under dagen eller under natten). Det här beror på att mat inte är tillgängligt hela tiden i vilda förhållanden. Tillgängligheten på mat varierar med tidpunkt och säsong (López-Olmeda et al, 2012).

Vissa fiskarter kan behöva anpassa sig till predatorers beteende för att själv undvika att bli ätna. Det här fenomenet kan bidra till att fiskarna äter under endast en del av dagen. Fiskar är ektoterma djur och det anses vara anledningen till varför deras mängd födointag varierar med temperaturen i vattnet. Det har visat sig att lax

föredrar att äta under dagen när det finns ljus under sommaren (López-Olmeda et al, 2012).

Frekvensen på matningen har börjat settas som en riskfaktor för dålig välfärd hos fiskar på odlingar. Fenskador kan uppstå när utfodringens tider och dess frekvens ändras. När frekvensen på antal måltider ökas kan det innebära att fenskadorna ökar. Det på grund av att antalet gånger fiskarna utsätts för att konkurrera om mat ökar (López-Olmeda et al, 2012). Aggressioner är vanligt vid utfodringen och det kan resultera i bitattacker fiskarna emellan. Bitattackerna sker framförallt mot de andra laxarnas fenor. Det här sker för att laxarna har territorium när de är unga och vill därmed försvara sitt område (Alanärä et al, 2014). I system där fisk odlas och aggressioner uppstår bland fiskarna kan aggressionen tolkas som dålig välfärd hos fiskarna. Aggressionerna kan leda till ökad dödlighet samt skador, däribland fenskador (López-Olmeda et al, 2012).

Reducerad fodermängd kan innebära att mindre konkurrenskraftiga individer i trågpopulationen får en mindre mängd mat jämfört med andra individer. Det kan i sig innebära att variationen på laxarnas storlek blir större (Alanärä et al, 2014). I system där vissa individer blir utkonkurrerade av andra individer kan det leda till sämre födointag för de sämre konkurrenterna. Om det här sker i system där fodermängden är liten per utfodring kan det innebära att de individer som har sämre konkurrensförmåga kan komma att ha försämrat födointag i och med upprepade mattillfällen (López-Olmeda et al, 2012).

1.4. Fetthalt hos odlad laxsmolt

Den odlade smolten skiljer sig från den vilda smolten genom att ha en högre fetthalt och att vara större (Persson et al, 2019). I ett försök var medelvikten hos vild smolt från Vindelälven ungefär 24 g mellan åren 2011–2013. Under samma period var medelvikten 43 g för ettårig odlad smolt i Umeälven. Motsvarande siffror för ettårig odlad smolt är 23 g i Dalälven. För tvåårig odlad smolt är medelvikten 133 g i Dalälven och 103 g i Umeälven (Alanärä et al, 2017).

Generellt brukar den vilda smoltens fetthalt ligga på under 3% vilket stöds av ett försök där fetthalten hos vild smolt låg på 1,6% (Alanärä et al, 2014). Motsvarande siffror för odlad smolt ligger betydligt högre beroende på hur den odlats. I försök har fetthalten varierat mellan 4,4% (foderreducerad) och 9,9% (icke foderreducerad) (Alanärä et al, 2014).

Tidigare ansågs det vara till fördel för den odlade laxen att vara större och ha en högre fetthalt i vilt tillstånd (Persson et al, 2019). På senare tid har det dock övergått till att anses vara en nackdel. Anledningen till att den höga fetthalten och den stora

storleken är en nackdel är att motivationen att vandra ut till havet är lägre för denna smolt när den sätts ut (Persson et al, 2019). Motiveringen till utvandringen till havet för smolt anses vara den större födotillgången som finns i havet jämfört med vad som finns i åar. Den unga laxen behöver mer näring för att lagra energi och för att växa till sig. En låg fetthalt hos smolten resulterar därmed i att de är mer benägna att vandra ut till havet för att få möjlighet att lagra fett (Alanärä et al, 2017). Smolten med lägre fetthalt tenderade att vandra en längre sträcka än fisken med högre fetthalt i ett experiment (Persson et al, 2019). Det här stöds av ytterligare försök där mindre smolt är mer aktiv samt snabbare på att vandra än större fisk av samma årsklass (Alanärä et al, 2014).

1.5. Fodrets inverkan på laxsmolts överlevnad i det vilda

Andelen av den odlade smolten som återvänder till älven de föddes i för att leka har minskat över tid. Under åttiotalet återvände 4% av den utsatta smolten kring Östersjön medan den siffran nu har sjunkit till 1%. En av anledningarna anses vara den konstanta tillgången på foder med hög energihalt i odlingssystemen innan smolten sätts ut. Tillsammans med andra faktorer såsom svårt att anpassa sig till predatorer och fånga byten påverkar det överlevnaden när fisken sätts ut (Hammenstig et al, 2014).

Fetthalten i fisk påverkas av fetthalten i fodret. Lägre fetthalt i fodret i kombination med att reducera fodermängden hjälper till att få magrare smolt (Alanärä et al, 2014). De fettsyror som används i fodret kommer att vara de fettsyror som bygger upp laxarna (Aas et al, 2019). I ett försök experimenterades det med laxens foder genom att fiskarna matades med foder som innehöll olika halter av fettsyror. Det visade det sig att de fiskar som fick lägre halt fettsyror hade en högre dödlighet än de andra två grupperna som matades med foder innehållandes högre fetthalt (Bou et al, 2017). Forskarna har en teori om att de laxar som matats med fodret med lägre fetthalt inte hanterade stress lika bra som de övriga laxarna (Bou et al, 2017).

De laxar som matats med fodret av lägre fetthalt visade också tecken på att ha minskat fett runt muskler samt en ökad inlagring av fett i lever, inälvor och inre organ. Det här tros påverka fiskens välfärd genom att lipiderna bör fördelas på ett annat sätt (Bou et al, 2017). Under laxens livscykel ändras kroppens sammansättning precis som under olika säsonger (Aas et al, 2019). Vilket också skulle kunna innebära att sammansättningen i fodret behöver justeras.

1.6. Vattenkraftverkens påverkan på lax

Under ett år står vattenkraftverken för 45% av den totala energiproduktionen i Sverige. Trots att vattenkraft klassas som en förnybar energikälla (Energimyndigheten, 2020) tillkommer en hel del problem för lax och andra anadroma fiskarter när älvar byggs ut i syfte att producera energi.

Vid energiproduktionen uppstår i huvudsak tre problem för laxen. Den första är att fiskarna får svårt att nå sina lekplatser som återfinns längre upp i vattendraget. Andra problemet som uppstår är att lekplatserna kan förändras med en utbyggnad av vattenkraftverk. Den tredje problemet är att turbinerna som finns i samband med vattenkraftverken. Laxen som är utvandringsklar behöver ofta passera turbinerna när de ska vandra ut till havet (Fiskeriverket, 2007).

I de älvar där utbyggnader för vattenkraft sker påverkas den naturliga produktionen av lax (Fiskeutredningsgruppen, 2019). I och med utbyggnaderna är kraftindustrin skyldiga att kompensationsodla fisk och att sedan sätta ut den i älvarna (Fiskeriverket, 2007). Kompensationsodlingarna har pågått sedan 1950-talet och länsstyrelsen är den myndighet som kontrollerar fiskodlingarna (Fiskeutredningsgruppen, 2019).

Sveriges näst längsta vattendrag är Dalälven och den är uppdelad i två delar; Österdalälven och Västerdalälven. De två huvudgrenarna förenar sig söder om Siljan och bildar nedre Dalälven. Utloppet för älven är i Bottenviken, Östersjön, vid Älvkarleby. Av all energiproduktion som sker via vattenkraftverk står Dalälven för 8% av energiproduktionen (Nationalencyklopedin, u.å.a).

I Dalälven sätts årligen cirka 190 000 lax- och 55 000 havöringsmolt ut i dagsläget. Det är Fortum och Vattenfall som är verksamhetsutövare i Dalälven och därmed de som är skyldiga att kompensationsodla denna smolt. Delar av antalet smolt odlas vid SLU:s FFS (Fiskeutredningsgruppen, 2019) där det totalt handlar om i genomsnitt 55 000 öringar och 60 000 laxar som sätts ut i Dalälven varje år. Resterande laxsmolt odlas vid en annan fiskodling i Älvkarleby.

1.7. Fiskeriförsöksstationens historia

Kläckerier för fiskyngel började ta fart i Sverige under 1800-talets mitt. Det här var i huvudsak små kläckerier och fiskodlingar som placerades på flera platser runt om i landet. I Älvkarleby startades ett kläckeri år 1871 som sedan byggdes ut under 1900-talets början. Utbyggnaden av kläckeriet skedde samtidigt som ett av Dalälvens fall, Älvkarlebyfallen, byggdes ut (Sveriges lantbruksuniversitet, 2016).

Under 1930-talet utökades verksamheten i Älvkarleby till att också innefatta experiment med odling av äldre fiskar. Verksamheten innefattade då både ensamriga fiskar men också smolt. Sedan 1930-talet har en ständig utveckling skett av fiskodlingen.

Fiskeriförsöksstationen (FFS) i Älvkarleby utför kompensationsutsättningar av öring och lax till Dalälven varje år. Lax och öring fångas från älven och används för avel (Sveriges lantbruksuniversitet, 2018). Vattnet i fiskodlingen tas i huvudsak från Dalälven men 10% utgörs av grundvatten. Systemet för utfodringen är automatisk där varje tråg kan styras separat. Inne i anläggningen är belysningen anpassad till säsongens naturliga ljus inkluderat grynings- och skymningsljus (Sveriges lantbruksuniversitet, 2016).

Studierna har utförts vid den här kompensationsodlingen i Älvkarleby.

1.8. Syfte

Studien syftar till att öka kunskapen om olika faktorer som påverkar överlevnaden hos odlad smolt för att kunna öka överlevnaden hos den utsatta smolten. Den utsatta fisken är viktig för ekosystemet men också som matfisk och för fiske. Faktorerna som undersökts är fisktäthet, olika fodertyper och olika foderregimer. Som ett mått på överlevnad i det vilda har fenskadornas grad och antal, tillväxt och överlevnad hos de odlade fiskarna använts.

Mina hypoteser är:

Tätheten i trågen påverkar fenskadorna hos fiskarna negativt, det vill säga ju högre täthet desto större andel fenskador och desto lägre överlevnad.

Fodertyper har olika innehåll och är utformade på olika sätt. Jag förväntar mig att det finns en skillnad i antal fenskador mellan fiskar utfodrade med olika fodertyper om det finns skillnader mellan fodertyperna som resulterar i konkurrens.

Foderregimen kan påverka fiskens hälsa genom ökad konkurrens. En mindre fodergiva innebär större konkurrens vid utfodringen vilket skulle kunna innebära ett mer aggressivt beteende hos fiskarna. Den mindre fodergivan innebär också att fiskarna matas oftare vilket utsätter fiskarna för aggressivt beteende oftare. Det aggressiva beteendet skulle i sin tur kunna innebära större andel fenskador. Jag förväntar mig därför att andelen fenskador är högre, tillväxten lägre och överlevnaden sämre i behandlingar med lägre fodergiva.

2. Metod

2.1. Fisktäthet

Fiskodlingen för odlingsrapporter för hur många fiskar som finns i de olika trågen, om sjukdomar uppstår, om de behandlas på något sätt (saltbadning är en vanlig metod mot många sjukdomar) och hur många som dör varje dag. Gamla sådana rapporter finns arkiverat på fiskodlingen så dessa användes för att spåra antalet fiskar som funnits i olika tråg åren 2011–2013. De tråg som har använts i den här studien benämns som A (figur 1, Appendix) och E (figur 1, Appendix). De är 4 kvadratmeter till ytan och tillverkade av plast. Det som skiljer trågen åt är att de är placerade på olika ställen inne i fiskodlingens lokaler.

I samband med märkning på vårarna under 2011–2013 kollades också fenskador hos både öring och lax. I den här studien har data för skador på ryggfenan hos lax använts från de rapporterna. På odlingen användes en skala som sträckte sig mellan 0–5. Det förekom dock endast 4 klassifikationer, 0–3. Värde 0 och 1 är i princip en helt skadefri, perfekt fena men klass 1 innebär att det finns indikationer på en fenskada. Klassifikation 0 och 1 har slagits ihop till klassifikationen 1 i denna studie. Klass 2 och 3 innebär båda att mindre än 50% av fenan är skadad medan 4 och 5 innebär att mer än 50% av fenan är skadad. Klass 2 och 3 har slagits ihop till klass 2 medan klass 4 och 5 har slagits ihop till klass 3.

Tätheten minskade med antalet döda under studiens gång och det antogs därför att medelvärdet representerade tätheten bättre än startvärdet. Det för att fenskador och dödsfall förväntades uppstå över hela perioden. Antalet fiskar med ryggfenor av varje värdeklass för varje tråg räknades och jämfördes med medeltätheten för varje tråg.

2.2. Fodertyper

Data som tagits fram av fiskodlingen själva har använts i den här studien. De matade fiskarna i två tråg av typ B (23 m², se figur 3 i Appendix) och två tråg av typ D (42

m², se figur 2 i Appendix) med två olika fodertyper; Aller Aqua eller Biomar. Båda typerna av tråg är gjorda i betong, de är inte ytbehandlade på något sätt och de är placerade på olika ställen inne i fiskodlingen. Ett stickprov på 100 fiskar togs i varje tråg där vikt, längd och skador noterades på rygg-, stjärt-, bröst- och bukfenor. I den här studien har fokus legat på ryggfenans skador. I tabell 1 finns information om antal fiskar vid start i maj 2019, fisktätheten i trågen, antal döda fram till mätningen i februari 2020 och startvikten.

Tabell 1. Fodertest med fodertyp. Siffror på antal fiskar vid start, fisktäthet, antal döda fiskar och startvikt för alla tråg.

Tråg	Fodertyp	Antal start	Täthet (antal/kvm)	Antal döda	Startvikt (g)
B1	Biomar	6833	297	94	5,52
D1	Biomar	8447	201	2	11,21
B2	Aller aqua	7192	312	56	5,90
D2	Aller aqua	7560	180	11	11,05

Klassificeringen av skador skedde med endast klass 2 eller 3. I figur 1 kan två laxar ses med två olika klassificeringar på ryggfenan. Klass 2 innebär att en fena är marginellt skadad upp till 50% bortfall. En skada som klassificeras till 3 innebär att mer än 50% av fenan är borta.



Figur 2. Klassifikation av ryggfensskada. Den övre laxen har en fenskada av klass 2 på ryggfenan då mindre än 50% av fenan är skadad. Den undre laxens ryggfena klassificeras som klass 3 då mer än 50% av fenan är borta. Foto: Sofia Nymans

Biomar är pellets vilket innebär att foderbitarna är lika stora. I försöket matades fiskarna i tråg B1 och D1 med Biomar i olika storlekar under försöksperioden. Biomars egen innehållsförteckning ligger till grund för tabell 2 nedan.

Tabell 2. Biomars foderinnehåll för olika storlekar.

	0,5 mm	0,8 mm	1,1 mm	1,5 mm
Råprotein (%)	58	56	56	54
Råfett (%)	15	18	18	21
Kolhydrater (NFE) (%)	6,6	9,0	8,9	7,2
Råcellulosa (%)	0,1	0,1	0,3	0,4
Aska (%)	11,3	11,3	10,8	11,0
Fosfor (%)	1,8	1,8	1,7	1,5

Matningen för både B1 och D1 såg ut så här:

- 0,5 mm perioden 2019-05-20 till 2019-07-15
- 0,8 mm perioden 2019-07-16 till 2019-09-16
- 1,1 mm perioden 2019-09-17 till 2019-10-08

- 1,5 mm perioden 2019-10-09 till 2020-02-12.

Aller Aqua, som är ett granulat, det vill säga att foderbitarna är olikstora, matades i trågen B2 och D2 med olika storlekar under försöksperioden.

Aller Aquas egen innehållsförteckning ligger till grund för innehållet i tabell 3 nedan. I tabellen går det att utläsa vad granulatet innehåller för olika storlekar.

Tabell 3. Aller Aquas foderinnehåll för olika storlekar.

	0,5–1,0 mm	0,9–1,6 mm	1,3–2,0 mm
Råprotein (%)	60	60	58
Råfett (%)	15	15	17
Kolhydrater (NFE) (%)	5,7	5,7	6,1
Fiber (%)	0,7	0,7	0,7
Aska (%)	12,6	12,6	12,2
Fosfor (%)	1,4	1,4	1,4

Tråg B2 fick följande matning:

- 0,5–1,0 mm perioden 2019-05-20 till 2019-08-07
- 0,9–1,6 mm perioden 2019-08-08 till 2020-02-11

Tråg D2 fick följande matning:

- 0,5–1,0 mm perioden 2019-05-20 till 2019-08-07
- 0,9–1,6 mm perioden 2019-08-08 till 2019-10-08
- 1,3–2,0 mm perioden 2019-10-08 till 2020-02-12.

Skillnaden i matningen var en konsekvens av att fiskarna sorterats i olika klasser under förgående höst. De laxar i tråg B2 var mellansortering (medelvikt 9,5 g) medan fiskarna i tråg D2 var en storsortering (medelvikt 11,05 g). Fiskarna i tråg D2 var därmed större än de fiskar i tråg B2 och behövde därmed mer foder när de växte.

2.3. Experiment med foderregimer

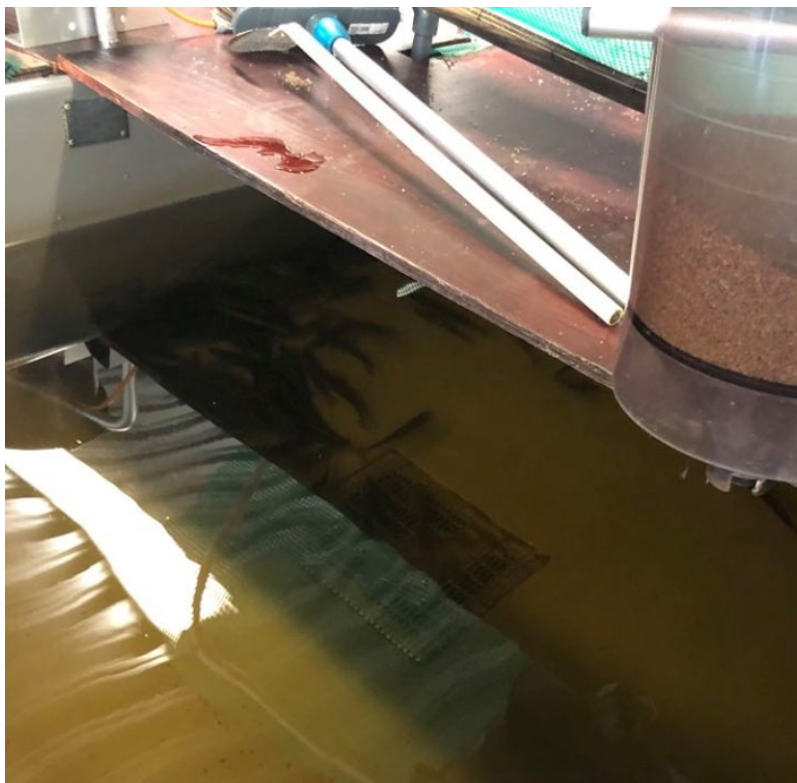
150 ensamriga laxar håvades upp från ett B-tråg och vägdes med 3 siffrors noggrannhet. Fiskarna placerades sedan i ett F-tråg (se figur 3) som är 1 m² till ytan där ett nättak lades över. Sammanlagt gjordes det här 18 gånger då 18 tråg använts som namngivits F1-F9 samt F31-39.

Ytterligare 100 laxar håvades upp från samma B-tråg. De bedövades med Tricaine för att sedan vägas och mätas. Fenskador noterades för rygg-, stjärt-, bröst- och bukfenor. Klassificeringen av skador följde odlingens klassificeringar och finns mellan 1–3. Klassificeringen 3 innebär att minst 50% av fenan är borta, 2 är under och fram till och med 50% bortfall medan 1 är i princip en oskadad fena. Det förekom dock inga fenor i klass 1 och därmed förekommer endast klassificeringarna 2 och 3 i resultatet. De här 100 fiskarna antas representera de 2700 (150×18) fiskarna i F-trågen. Medelvikt för fisken räknades sedan ut för att sedan användas i uträkning i hur mycket foder varje tråg ska få varje dag.

De olika matningssystemen namngavs till låg, medel och hög med sex tråg i varje kategori. Sammanlagt fick fiskarna samma mängd i de olika systemen men frekvensen och mängden för varje matning varierade. Alla tråg matades med det granulerade fodret Aller Aqua (1,3–2,0 mm) under hela försöksperioden. Mängden foder varierades med vattentemperatur och den förväntade viktökningen hos fiskarna. Det för att laxen kräver mer mat när temperaturen i vattnet ökar.

- Lågt system – fodergiva 0,25 g. De fick då mat 32–128 gånger per dag (se mer specifikt nedan för vilka perioder).
- Medel system – fodergiva 0,50 g. De fick då mat 16–64 gånger per dag (se mer specifikt nedan för vilka perioder).
- Högt system – mat 2–3 gånger per dag. Under de fyra perioderna fick det höga systemet mat 2 gånger i tre perioder och 3 gånger under en period (se mer specifikt nedan för vilka perioder).

Tråg F1-F3 samt F31-F33 representerar det låga systemet, F4-F6 samt F34-F36 representerar medelsystemet medan F7-F9 samt F37-F39 representerar högt system.



Figur 3. F-tråg med 150 fiskar i. Foderautomaten syns till höger i bild. Foto: Sofia Nymans

Systemen låg och medel fick under 6 dagar (perioden 2020-03-25 och 2020-03-31) 8 gram mat mellan kl. 06–18 med respektive fodergera. Det låga systemet fick då mat 32 gånger per dag medan medelsystemet fick mat 16 gånger. Det höga systemet fick under samma period 4,00 g mat kl. 6 och 18.

Under perioden 2020-03-31 till 2020-04-15 (15 dagar) fick fiskarna totalt 11 g mat mellan kl. 6–20. Det höga systemet fick då mat tre gånger per dag. Låga systemet fick då mat 44 gånger under en dag medan medelsystemet fick mat 22 gånger.

Nästa period var 20 dagar mellan 2020-04-15 till 2020-05-04 där fiskarna totalt fick 21 g foder per dag vilket skedde mellan kl. 6–20. Det låga systemet fick därmed mat 84 gånger per dag, medelsystemet 42 gånger och det höga systemet fick mat två gånger per dag.

Mellan 2020-05-04 och fram till dess att fiskarna kontrollerades (2020-05-20), 16 dagar, fick fiskarna 32 g totalt under en dag. De matades mellan kl. 6–20. Det låga systemet fick därmed mat 128 gånger under en dag, medelsystemet 64 gånger och det höga systemet fick mat 2 gånger per dag.

Antalet foderbitar för varje 0,25 g; 0,5 g och 0,75 g räknades ut genom att en viss mängd vägdes upp och sedan räknades ett medelvärde på 5 olika påsar med mat fram.

Efter 57 dagar gjordes ett stickprov med 30 fiskar från varje tråg. Fiskarna undersöktes genom att de först bedövades med Tricaine för att sedan mättas (se figur 4) och vägas. Ryggfenan kontrollerades och klassificerades utefter den skalan som användes vid det tidigare stickprovet.



Figur 4. Längden på en lax mäts. Längden mäts från spetsen på nosen ut till den längsta delen på stjärtfenan. Foto: Sofia Nymans

En observation gjordes på den 58:de dagen i trågen, dvs. dagen efter fenkontrollen gjordes, för hur fiskarna betedde sig kring utfodringen. Den gjordes genom att nätet togs bort från trågen och sedan satt observanten vid tråget några minuter innan utfodringen. Vid utfodringen noterades hur fiskarna var i förhållande till utfodringsmaskinen och hur deras aktivitet förändrades. Det var ett tråg för varje foderregim som kontrollerades vid en utfodring.

3. Resultat

3.1. Fisktäthet

I nedanstående tabell 4 visualiseras resultatet för studien med täthet. Ingen av klassifikationerna 4 och 5 (mer än 50% bortfall av fenan) var representerade i rapporterna. Det finns fem tråg som har en hög andel ($>0,9$) fenskador som ingår i klass 2 som innebar den högsta typen av skada som observerades. De trågen är (i rangordning); E15, E7, E14, E6 och E17. Tätheten för de här trågen är 992,6; 473,4; 986,7; 873,2 och 959,7 fiskar/kvm. De tråg med minst andel skador på ryggfenan ($<0,4$) är tråg E30, E26 och E12. De här trågens täthet var 1022,1; 872,2 och 1171,6 fiskar/kvm.

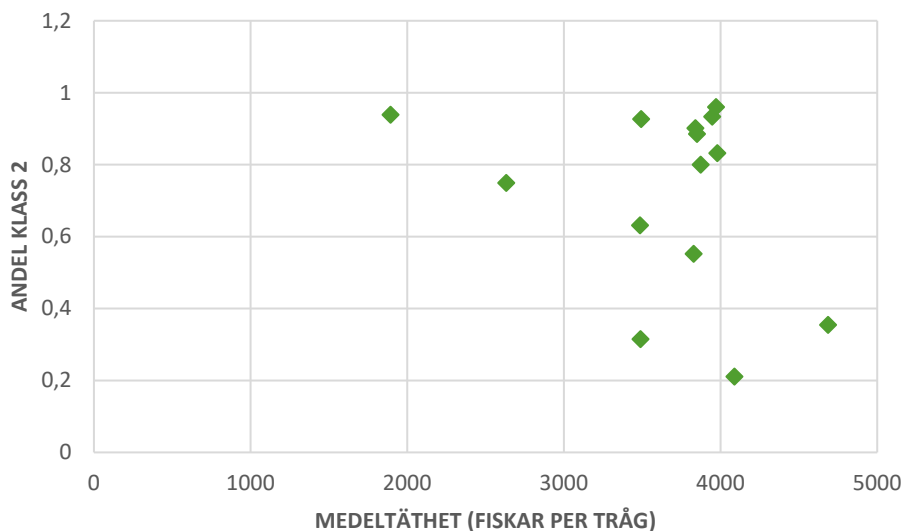
Tabell 4. Medeltäthet per kvadratmeter, andel fenskador och andel döda i de olika trågen.

Tråg	Medeltäthet/kvm	Andel skador klass 2	Andel döda (%)
A14	957,1	0,552	0,125
A15	657,9	0,749	0,303
E6	873,2	0,926	0,627
E7	473,4	0,939	0,369
E12	1171,6	0,355	17
E13	994,9	0,832	1,33
E14	986,7	0,933	3,45
E15	992,6	0,96	1,52
E16	968,3	0,8	10,1
E17	959,7	0,901	11,9
E18	962,3	0,885	9,35
E26	872,2	0,315	0,771
E29	871,3	0,631	0,943
E30	1022,1	0,211	3,99

Tråg E12 hade från början 5005 fiskar (tabell 4) vilket var det tråg med flest fiskar. Det var också i det tråget som flest antal fiskar dog, 850 stycken vilket motsvarar 17,0%. Medeltätheten i det här tråget var 1171,6 fiskar/m². Tråg E17 är det tråg med näst högst andel dödsfall. I det tråget dog 11,9% och medeltätheten var 959,7 laxar/m².

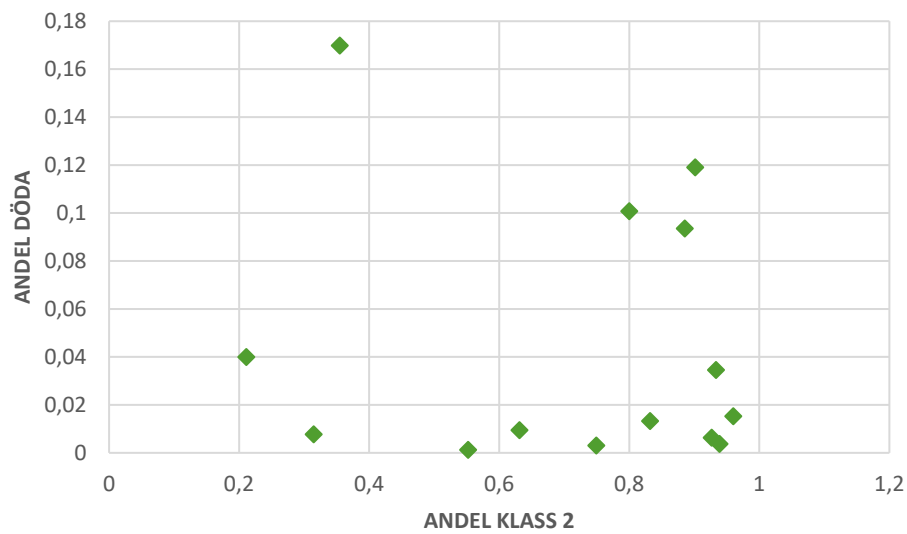
Följande tråg hade ett bortfall under en procent; A15, E6, E7, E26 och E29. Tätheten för dessa tråg var 657,9; 873,2; 473,4; 872,2 och 871,3 laxar/m². Tråg E30, E13, E14 och E15 hade ett bortfall under 5%. Huvudsaken av bortfallet i tråg A14 berodde på två stickprov som togs i slutet av oktober och november då sammanlagt 220 fiskar togs bort från tråget. Stickproven räknas inte som dödsfall men är borträknat för medeltätheten. Dödsiffran för tråget är 5 vilket resulterar i en låg andel (0,125%) döda i tråget.

Faktorerna medeltäthet och andelen skador klass 2 korrelerar inte till varandra (Spearman's korrelationstest, $r = -0,134$; $r^2 = 0,0180$; $P > 0,2$; $n = 14$, figur 5).



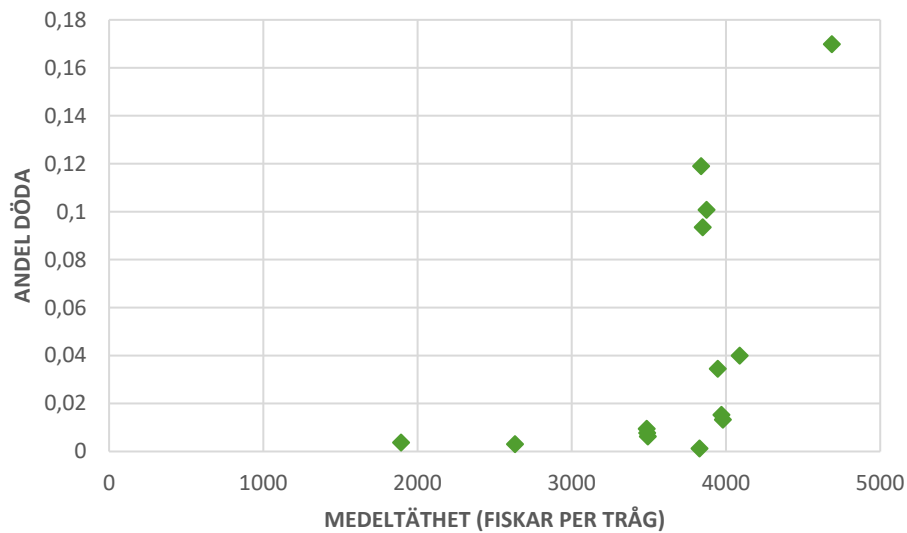
Figur 5. Andel fiskar med fenskada klass 2 som funktion av medeltätheten

Det verkar inte heller finnas något samband mellan andel ryggsnäcksskador klass 2 och andel döda i denna studie (Spearman's korrelationstest, $r = -0,0330$; $r^2 = 0,00109$; $P > 0,2$; $n = 14$, figur 6).



Figur 6. Andel döda som funktion av andel klass 2.

Däremot fanns en positiv korrelation mellan tätheten och andelen döda; ju högre täthet, ju högre dödlighet i trågen (Spearman's korrelationstest, $r = 0,70$; $r^2 = 0,49$; $P < 0,01$; $n = 14$, figur 7). Korrelationen kvarstår även om man tar bort extremvärdet med högst dödlighet och högst medeltäthet (Spearman's korrelationstest, $r = 0,70$; $r^2 = 0,49$; $P < 0,02$; $n = 13$).

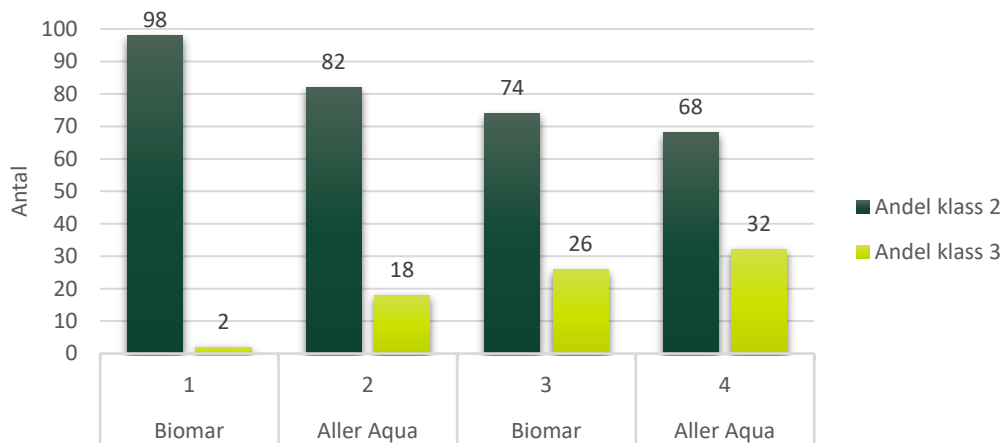


Figur 7. Andelen döda som funktion av medel antal fiskar per tråg.

3.2. Fodertyper

För tråg B1 som matats med Biomar visade stickprovet på att 98% av fiskarna klassificerades till fenskadeklass 2 medan 2% klassificerades till klass 3. För tråg B2 som matats med Aller Aqua visar stickprovet att 82% av fiskarna är av klass 2 och att 18% är av klass 3 vad gäller ryggfenans skador.

Stickprovet från tråg D1 som matats med fodret Biomar visar att 74% av fiskarnas fenskador klassificeras i klass 2 medan 26% klassificeras som klass 3. Fiskarna i tråg D2 har matats med fodret Aller Aqua. Stickprovet som gjorts på fiskarna som fanns i tråg D2 visar att 68% klassificeras som klass 2. Resterande andel, 24%, klassificeras som klass 3 (figur 8).



Figur 8. Ryggfensskador med olika fodertyper. 1 = tråg B1, 2 tråg B2, 3 = tråg D1 och 4 = tråg D2.

Det finns en skillnad i förekomst av fenskador som inte är av slumpen i det här testet mellan olika fodertyper (Chi2-test, $\text{Chi}^2=0,00550$; $P<0,05$) och mellan olika tråg (Chi2-test, $\text{Chi}^2=1,62\times 10^{-6}$; $P<0,05$). Fiskarna utvecklade större skador på ryggfenan med fodret Aller Aqua och i D-trågen.

3.3. Foderregimer

Genomsnittliga antalet bitar för 2,6 g blev 682 stycken foderbitar vilket resulterar i ungefär 262 bitar per gram. I det låga systemet blir det i genomsnitt 66 foderbitar för varje fodergiva respektive 131 foderbitar för medelsystemet (se tabell 5). I det låga systemet får fiskarna i genomsnitt 0,44 bitar per fisk medan motsvarande siffror för det mittersta systemet blir 0,87. De laxar som befann sig i system låg och medel konkurrerade därmed om maten.

Den minsta fodergivan som det höga systemet fick under försökets gång var 4,00 g. Det motsvarar 1049 foderbitar vilket blir i genomsnitt nästan 7 bitar per fisk. Konkurrensen är därmed betydligt lägre för det här systemet än för de övriga två. Fodergivan ökar med vattnets temperatur samt laxarnas tillväxt och det här bidrog till att mängden foder ökade under försökets gång. Det höga systemet fick mat endast 2–3 gånger per dag vilket innebar att konkurrensen minskade för de tråg som tillhör det höga systemet när den totala mängden foder ökade (i.o.m. en större mängd foder på samma antal fiskar).

Tabell 5. Antal bitar foder för de olika systemen för matning av fisk.

Foderregim	Vikt (g)	Antal
Låg	0,25	66
Medel	0,50	131
Hög	4,00	1049

Under försökets gång var det en fisk som dog i trågen F3, F6 och F9. Det innebär att det totalt dött 3 fiskar med en från varje foderregim. Någon vidare analys av antalet dödsfall har därmed inte gjorts.

Startlängden för fiskarna var $104,0 \pm 10,1$ mm (tabell 6). Medellängden för laxarna efter experimentet avslutats blev i det låga systemet $117,86 \pm 12,17$ mm, $117,11 \pm 12,96$ mm för medelsystemet och $117,09 \pm 12,86$ mm för det höga systemet. Tillväxten skiljer sig inte signifikant mellan de olika foderregimerna (ANOVA, $F_{2,541}=0,219$; $P>0,05$). Under försökets gång har alla fiskar växt till sig ungefär 13–14 mm.

Startvikten var $11,5 \pm 3,0$ g för laxarna (tabell 6). Medelvikten för laxarna blev efter försöket avslutas $17,23 \pm 4,40$ g för det låga systemet, $17,13 \pm 4,87$ g för medelsystemet och $17,08 \pm 4,64$ g för det höga systemet. Vikten skiljer sig inte mellan de olika foderregimerna (ANOVA, $F_{2,541}=0,0469$; $P>0,05$). Laxarna har under försökets gång ökat ungefär 5,5 g.

Tabell 6. Fiskarnas slutvikt och slutlängd och standardavvikelse (medel och standardavvikelse) i de olika foderregimerna.

Foderregim	$\bar{x}$ längd (mm)	SD längd	$\bar{x}$ vikt (g)	SD vikt
Låg	117,86	12,17	17,23	4,40
Medel	117,11	12,96	17,13	4,87

Hög	117,09	12,86	17,08	4,64
Kontroll (start)	104,0	10,1	11,5	3,0

Vid försökets slut hade 11 av 183 kontrollerade fiskar fenskador av klass 3 för det låga systemet. I medelsystemet klassificerades 8 laxar av 183 som klass 3 och i det höga systemet klassificerades 13 av 181 fiskar till klass 3 (tabell 7). Resterande fiskar klassificerades som klass 2. Resultaten visar ingen skillnad mellan de olika foderregimerna (Chi2-test, Chi2=0,514; P <0,05).

Det fanns däremot en signifikant skillnad i fenskador i slutet av försöket jämfört med kontrollen som skedde innan (Chi2-test, Chi2=3,03×10⁻⁶; P<0,05). Skillnaden består då i att fenskadorna var värre innan försökets start (13% klass 3) och att de blivit bättre under tiden de varit i försökstrågen (6,01% i låg, 4,37% i medel och 7,18% i hög).

Tabell 7. Klassifikation av ryggfenskador i försök med foderregimer, antal klass 2 och klass 3 skador.

Foderregim	Antal klass 2	Antal klass 3	Totalt	Andel klass 3 (%)
Låg	172	11	183	6,01
Medel	175	8	183	4,37
Hög	168	13	181	7,18
Kontroll (start)	87	13	100	13

Observationen av fiskarnas beteende visade att det fanns en skillnad mellan de olika foderregimerna. I det låga systemet fanns majoriteten av fiskarna på motsatt sida där fodringsautomaten fanns. Vid utfodringen sågs ingen ökad aktivitet. Det mesta av fodret hamnade på botten av tråget utan att någon fisk åt något av fodret. I medelfodersystemet var de flesta fiskar precis under utfodringsmaskinen. De blev lite mer aktiva än vad de var innan. I det höga systemet fanns majoriteten av fiskar på andra sidan av utfodringen. Vid utfodringen höjdes aktiviteten avsevärt än innan.

4. Diskussion

4.1. Fisktäthet

Tätheten verkar inte vara en bidragande faktor till en ökad andel fenskador hos laxarna i den här studien och därmed påverkar tätheten inte deras välfärd. Fenskadorna verkar inte heller ha någon påverkan på dödstalen i det här försöket. Som nämnt i inledningen skriver Noble et al (2012) att överlevnaden påverkas av graden av och antal fenskador som fisken har. I det här fallet verkar det som att fenskadorna inte är i den grad så att fiskarna dör. Även Peterssons et al (2013) studie stödjer det här resonemanget då fiskar med fler skador inte blir infångade igen efter att ha blivit frisläppta från fiskodlingar. Det kan därmed innebära att i det här försöket förminskas effekterna av fenskador när endast ryggfenan undersöks. Det skulle också kunna vara så att experimentet var för kort för att någon märkbar dödlighet skulle hinna uppstå. Dödligheten skulle kunna bli större efter en längre tidsperiod eller bli märkbar när smolten sätts ut i det vilda.

I experimentet med fisktätheten fanns heller ingen observation som innebar en allvarlig skada, dvs. med en skada med mer än 50% bortfall av fenan. Överlevnaden påverkas därmed inte av måttliga skador i de förhållanden som råder på den här fiskodlingen.

Mellan faktorerna täthet och dödlighet verkar det finnas ett samband i det här försöket, med en ökad täthet ökar också dödligheten. I och med att det inte finns något samband mellan allvarliga fenskador och dödlighet kan inte det ökade dödstalet förklaras av allvarliga fenskador. Den ökade dödligheten beror därför av någon/några andra faktorer. Hypotesen som jag hade för den här studien stämmer därmed endast delvis då dödligheten ökade med ökad fisktäthet men det berodde inte på fenskadorna. Eventuellt skulle det kunna finnas ett gränsvärde för om tätheten påverkar andelen döda. Vid strax under 4000 fiskar i trägen (dvs. 1000 fiskar/kvm) ser (se figur 7) det ut som att trenden bryts lite med det data som finns.

Innan det ser det ut som ett linjärt samband men omkring 4000 fiskar per tråg verkar det som att det finns många olika värden på andel döda, allt ifrån nära 0% till 12%. Det linjära sambandet skulle eventuellt därför kunna brytas här.

Resultatet skulle också kunna ha påverkats av antalet som dött av vingel. Vingel är något som kan drabba fiskar när det är kallt i vattnet. Det var det som hände i bland annat tråg E12 enligt fiskodlingens rapporter. I det tråget dog 850 stycken laxar vilket motsvarade 17%. Vingel innebär att fiskarna kan börja ”vingla” i vattnet när temperaturen är kring/under 0,5°C under en längre period¹. Ibland hjälper det att bada fiskarna i saltbad mot vingel men ibland inte. I och med att fiskarna dog av vingel kan det här ha påverkat resultatet som antyder att det finns ett samband mellan täthet och dödligheten. Av vad jag förstår har forskarna dock inget svar på varför vingel uppstår. Det skulle därmed behövas mer forskning kring det här särskilt eftersom det verkar vara många fiskar på fiskodlingarna som dör av vingel.

4.2. Fodertyper

Vilken typ av foder och vilka tråg som används i fiskodlingarna verkar ha en effekt på hur allvarliga fenskadorna utvecklas. Det är svårt att säga om det alltid är så att fodertyperna och trågen påverkar fenskadorna eller om det är en engångsföreteelse i det här experimentet. När fiskarna matas med Aller Aqua så får fiskarna fler allvarliga skador på ryggfenan jämfört med Biomar. Skillnaderna mellan fodertyperna är inte särskilt utmärkande vad gäller näringsinnehåll (se tabeller under avsnitt 2.2). Biomars större pellets har en högre fetthalt (21%) än vad Aller Aqua har (17%). Det här bör dock inte påverka fiskarnas fenskadorna utan snarare smoltens slutliga vikt. För högre överlevnad i det vilda kan vikten (fetthalten) vid utsättning vara betydande för smoltens överlevnad (Hammenstig et al, 2014) men av vad jag vet har fetthalten inte någon påverkan på fenskadornas uppkomst i odlingsmiljö.

Typen av foder kan ha påverkat fenskadornas uppkomst i och med att Aller Aqua är granulat och Biomar pellets. Hypotesen var att fler fenskadorna skulle uppstå om det resulterade i konkurrens mellan fiskarna med de olika fodertyperna. Möjligheten att se hur stor konkurrensen är för varje fodergiva är tyvärr inte möjligt då kunskaperna kring hur många foderbitar som Biomars pellets innehåller per fodergiva saknas. Det hade varit spännande att se hur konkurrensen skiljer sig åt mellan de olika fodertyperna för att se hur hypotesen stämmer eller inte. Eventuellt hade det då kunnat sägas att skillnaden i fenskadorna förklaras av en större konkurrens

¹ Yvonne Ottosson, miljöanalysassistent, Institutionen för akvatiska resurser, Fiskeriförsöksstationen Älvkarleby

vid utfodring med Aller Aqua. Nu går det inte att säga det och därmed kan andra egenskaper hos fodret vara orsaken till uppkomsten av fenskador.

En teori till fenskadornas uppkomst skulle kunna vara att det ena fodret flyter bättre än det andra fodret. Det skulle innebära att en större andel foder blir tillgängligt för fiskarna för det foder som flyter bättre. Spridningen på fodret är förmodligen en viktig komponent i det här. En större spridning, ju fler fiskar kan ta del av fodret vilket i praktiken innebär en mindre konkurrens mellan fiskarna. Kunskapen kring flytegenskaperna hos fodren är för mig dock inte kända så några definitiva slutsatser går inte att dras.

I D-trågen utvecklade fiskarna värre och fler fenskador än i B-trågen. En teori skulle kunna vara på hur stor area som fodret kommer relativt till arean på tråget. I figur 3 under avsnitt 2.3 går det att se en utfodringsautomat. Det sitter liknande, större sådana automater vid B- och D-trågen. Automaterna släpper fodret precis under automaten och inte över någon större area. D-trågen har en större area än B-trågen och det innebär att utfodringen sker på en relativt mindre yta än i B-trågen. Konkurrenten blir därmed större då det är fler fiskar i D-trågen som ska konkurrera om fodret på den lilla arean.

Något som kan ha påverkat resultatet i det här försöket är att storlekarna på fiskarna varierat. I B2 fanns en mellansortering medan det i D2 fanns en storsortering och i och med det matades de med olika foder. Vid jämförelse mellan Aller Aquas foderstorlekar 0,9–1,6 mm och 1,3–2,0 mm är det mindre protein medan det är mer råfett och kolhydrater i det större granulatet. Förändringen i storleken hos granulatet innebär också att det förmodligen blir färre bitar foder för det större granulatet än för det mindre. Större bitar innebär också färre bitar för samma mängd foder vilket kan påverka de eventuella aggressioner som kan uppstå mellan laxarna vid konkurrens.

Skillnaden mellan trågen skulle kunna förklaras av storleksskillnaden mellan fiskarna. Fiskarna i B-trågen var nästan hälften så stora vid isättning i trågen och hade en täthet på 100 fiskar fler än vad D-trågen hade. Skillnaden i storlek innebar också att tråg D2 matades med en större storlek (1,3–2,0 mm) under en längre period. Tråg B2 fortsattes då att matas med 0,9–1,6 mm.

4.3. Foderregimer

Min hypotes var att det skulle finnas en skillnad mellan foderregimerna men några signifikanta skillnader fanns inte mellan dem. Det fanns ingen skillnad i varken fenskador, vikt eller längd mellan regimerna. En ökad foderfrekvens innebär att

fiskarna utsätts för konkurrens vid upprepade tillfällen (López-Olmeda et al, 2012) och den unga laxen borde därmed vilja försvara sitt territorium innehållandes föda (Alanärä et al, 2014). Det låga systemet som utsattes för flest tillfällen med konkurrens borde därför ha visat en skillnad i fenskador jämfört med de andra systemen. En teori till varför det inte blev så skulle kunna vara att det i början av experimentet var kallt i vattnet. Den låga temperaturen skulle kunna innebära att fiskarna inte var särskilt aktiva och därmed inte åt så mycket av fodret. Det skulle då kunna innebära att fiskarna inte blev utsatta för konkurrens i någon större utsträckning.

Individer som är mindre konkurrenskraftiga sägs inte tillväxa på samma sätt som övriga individer vid en liten fodergiva som ges i hög frekvens. Det på grund av att de inte får samma tillgång till föda som de konkurrenskraftiga individerna (López-Olmeda et al, 2012). Trots att min hypotes var att de i system låg skulle ha en lägre tillväxt var det inte något som syntes i den här studien. En förklaring till det här skulle kunna vara att det inte skiljde sig åt i total mängd tillförd näring för foderregimerna. En reducerad fodermängd innebar i en studie att fiskarnas tillväxt skiljde sig betydligt mer åt (Alanärä et al, 2014). Det skulle möjligen kunna förklara att det inte förekommer någon signifikant skillnad i längd och vikt mellan foderregimerna i den här studien då inget system var foderreducerat.

Tanken var att observationen av fiskarnas beteende i samband med matning i olika tråg skulle ske med kamera. Det visade sig att det inte var tekniskt möjligt så den skedde istället genom mänsklig övervakning. Observationen visade en skillnad mellan de olika foderregimerna. Det låga systemet hade en låg aktivitet vid utfodring medan den ökade för medel och det höga systemet. Observationen skedde endast för en utfodring per regim vilket innebär att det är svårt att dra några slutsatser av den. När den utfördes var det svårt att se om det förekom attacker eller vad den ökade aktiviteten berodde på. En ökad aktivitet skulle kunna ha inneburit attacker som det mänskliga ögat missade. Det borde dock ha varit för det låga systemet som det var en högre aktivitet än för de andra om den teorin ska stämma då konkurrensen är större för det systemet.

Fiskarna kan eventuellt ha ätit tills de var mätta och därmed inte ville äta något mer när observationen genomfördes i det låga och normala systemet. Observationen skedde mellan kl. 13–14 och det skulle kunna förklara den låga aktiviteten hos det låga systemet då de vid den tidpunkten redan fått flertalet utfodringar. Det höga systemet har då fått mer foder men bara en utfodring. Teorin kring hur fodret flyter skulle kunna vara aktuell här också. Vid utfodring av det höga systemet hamnar då en stor mängd av fodret på botten snabbt om det sjunker direkt, jämfört med det låga systemet som då har möjlighet att äta flertalet gånger under dagen. Något som

talat emot den här teorin är att medelvikten inte skiljde sig nämnvärt mellan foderregimerna.

Fenskadorna blev bättre under försökets gång än vad de var från början. Anledningen till det är oklar. Fiskarna togs ifrån ett B-tråg som innehöll 7104 laxar. Det innebär att tätheten i det tråget var strax över 300 fiskar/kvm. Det skulle därmed innebära att tätheten i F-trågen var ungefär hälften som innan. Tidigare forskning (Noble et al (2012); Alanärä et al (2014)) har visat att fenor kan regenerera. Det är dock oklart om det är det som har skett i det här försöket eller om förbättringen beror på något annat. Bilder alternativt anteckningar om förändrad vävnad (eng. *wound epidermis*, som Noble et al (2012) nämner i sin artikel) vid kontroll av fenskador hade kunnat bekräfta om fenorna har regenererat eller inte.

Hade jag gjort studien igen hade jag velat ha kameror uppsatta i trågen om det var tekniskt möjligt och om inte hade jag velat inkludera flertalet utfodringar (som inte var möjligt inom den här tidsramen). Med flera utfodringar hade det eventuellt varit möjligt att dra säkrare slutsatser kring utfodringen i trågen. En tätare täthet på fisken hade också varit spännande att undersöka. Nu var tätheten rätt låg, 150 fiskar/kvm men i till exempel täthetsexperimentet låg tätheten på över 1000 fiskar/kvm i vissa tråg. En högre täthet hade därmed representerat de förhållanden som råder på fiskodlingen bättre.

4.4. Slutsatser

Det finns ingen korrelation mellan varken täthet och andel fenskador eller dödstal och andel fenskador i den här studien. Måttliga ryggfensskador (<50% av fenan borta) påverkar heller inte överlevnaden i de förhållanden som råder på fiskodlingen. Det finns däremot en positiv korrelation mellan faktorerna täthet och dödlighet i studien. Det är oklart vad i ökad täthet som kan ha orsakat en högre dödlighet. Eventuellt kan det finnas ett gränsvärde för om tätheten påverkar andelen döda eller inte då det finns en brytning i vad som ser ut som ett linjärt samband.

Fenskadorna blir både fler till antalet och allvarligare med fodret Aller Aqua och i de större D-trågen (42 kvm) i den här studien. Det finns ingen självklar förklaring till det då det inte finns någon data på hur fodren skiljer sig åt mer än näringsmässigt (där ingen väsentlig skillnad finns). Någon förklaring till varför fiskarna utvecklar allvarligare fenskador i D-trågen finns inte heller.

Foderregimerna skiljer sig inte statistiskt signifikant åt vad gäller fenskador, vikt eller längd. Fenskadorna var bättre vid försökets slut än vad de var i början men det är oklart om skadorna har läkt eller om det beror på något annat.

4.5. Framtida studier

Fortsatt forskning om överlevnaden hos laxsmolt behövs, delvis för att många människor använder fiske som rekreation och lax som föda. Delvis också för att ekosystemet ska fortsätta att fungera och om vi ska kunna fortsätta ha vattenkraftverk i älvarna. En dålig överlevnad hos laxarna innebär också en ekonomisk förlust för de som finansierar fiskodlingen. Fenomenet vingel skulle det behövas mer forskning kring. Även om jag inte kan förklara mina resultat med det här fenomenet kan det vara stora mängder fisk som dör på grund av det. Vad det är som faktiskt händer är därmed viktigt att ta reda på så att personalen vet vad som ska göras om det uppstår.

Fenskadornas möjlighet till läkning behövs det också mer forskning kring. Frågor såsom hur allvarliga skador som kan läka och under vissa förutsättningar skulle då kunna besvaras.

I min studie kunde jag inte förklara den positiva korrelationen mellan täthet och andel döda så här behövs fler studier för att förstå en lämplig täthet att hålla fisken i.

Slutligen behövs även studier av egenskaperna hos fodertyper eftersom dessa skulle kunna variera mellan olika fodertyper. Studierna kring egenskaperna hade därmed kunnat optimera utfodringen ytterligare om det skulle vara så att det påverkar tillgängligheten på fodret.

Referenser

- Aas, T.S., Ytrestøyl, T. & Åsgård, T. (2019). Utilization of feed resources in the production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in Norway: An update for 2016. *Aquaculture Reports*, vol. 15, s. 100216
- Alanärä, A., Rask, J., Persson, L., (2017). *Uppföljning av återvandrande lax*. Energiforsk. (2017:456). ISBN: 978-91-7673-456-8 Tillgänglig: <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/23473/uppfoljning-av-atervandrande-lax-energiforskrappport-2017-456.pdf> [2020-04-23]
- Alanärä, A., Schmitz, M., Persson, L., (2014). *Funktionella metoder för odling av fysiologiskt naturanpassad laxsmolt*. Havs- och vattenmyndigheten. Elforsk rapport 14:02. Tillgänglig: <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/18416/funktionella-metoder-foer-odling-av-fysiologiskt-naturanpassad-laxsmolt-energiforskrappport-2014-2.pdf> [2020-05-16]
- Artdatabanken (u.å.), *Lax*. Tillgänglig: <https://artfakta.se/naturvard/taxon/salmo-salar-100126> [2020-05-02]
- Bou, M., Berge, G.M., Baeverfjord, G., Sigholt, T., Østbye, T.-K. & Ruyter, B. (2017). Low levels of very-long-chain n-3 PUFA in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diet reduce fish robustness under challenging conditions in sea cages. *Journal of Nutritional Science*, vol. 6 Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/jns.2017.28>
- Energimyndigheten (2020), *Vattenkraft*. Tillgänglig: <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/vattenkraft/> [2020-05-02]
- Fiskeriverket (2007), *Kontinuerlig odling och utsättning av fisk och bevarandet av de berörda beståndens naturliga egenskaper*. Tillgänglig: <https://www.havochvatten.se/download/18.64f5b3211343cffddb2800022646/1348912826135/kontinuerlig-odling.pdf> [2020-05-02]
- Fiskeutredningsgruppen (2019), *Svensk kompensationsodling av lax och öring – med riktlinjer för godkänd smolt*. Länsstyrelserna. Tillgänglig: <http://www.fiskeutredningsgruppen.se/SiteCollectionDocuments/Smoltm%C3%B6ten/svensk%20kompensationsodling%20av%20lax%20och%20%C3%B6ring%20190301.pdf> [2020-05-02]
- Hammenstig, D., Sandblom, E., Axelsson, M. & Johnsson, J.I. (2014). Effects of rearing density and dietary fat content on burst-swim performance and oxygen transport capacity in juvenile Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Fish Biology; Oxford*, vol. 85 (4), ss. 1177–91 Oxford, United States, Oxford: Wiley Subscription Services, Inc.

- Ireland Marine Institute (u.å.), *Salmon Life Cycle*. Tillgänglig:
<https://www.marine.ie/Home/site-area/areas-activity/fisheries-ecosystems/salmon-life-cycle> [2020-04-23]
- Latremouille, D.N. (2003). Fin Erosion in Aquaculture and Natural Environments. *Reviews in Fisheries Science*, vol. 11 (4), ss. 315–335
- López-olmeda, J.F., Noble, C. & Sánchez-vázquez, F.J. (2012). Does feeding time affect fish welfare? *Fish Physiology and Biochemistry*; Dordrecht, vol. 38 (1), ss. 143–52 Dordrecht, Netherlands, Dordrecht: Springer Nature B.V.
- Nationalencyklopedin (u.å.a), *Dalälven*. Tillgänglig:
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/dalälven> [2020-04-05]
- Nationalencyklopedin (u.å.b), *lax*. Tillgänglig:
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/lax> [2020-04-23]
- Noble, C., Cañon Jones, H.A., Damsgård, B., Flood, M.J., Midling, K.Ø., Roque, A., Sæther, B. & Cottee, S.Y. (2012). Injuries and deformities in fish: their potential impacts upon aquacultural production and welfare. *Fish Physiology and Biochemistry*; Dordrecht, vol. 38 (1), ss. 61–83 Dordrecht, Netherlands, Dordrecht: Springer Nature B.V.
- Persson, L., Kagervall, A., Leonardsson, K., Royan, M. & Alanärä, A. (2019). The effect of physiological and environmental conditions on smolt migration in Atlantic salmon *Salmo salar*. *Ecology of Freshwater Fish*, vol. 28 (2), ss. 190–199 John Wiley & Sons, Ltd.
- Petersson, E., Karlsson, L., Ragnarsson, B., Bryntesson, M., Berglund, A., Stridsman, S. & Jonsson, S. (2013). Fin erosion and injuries in relation to adult recapture rates in cultured smolts of Atlantic salmon and brown trout. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 70 (6), ss. 915–921 NRC Research Press.
- Reimchen, T. & Temple, N. (2004). Hydrodynamic and phylogenetic aspects of the adipose fin in fishes. *Canadian Journal of Zoology/Revue Canadienne de Zoologie*, vol. 82 (6), ss. 910–916
- Sveriges lantbruksuniversitet (2016), *Fiskuppfödning*. Tillgänglig:
<https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/kontakt/fiskeriforsoksstationen-i-alvkarleby/fiskuppfodning/> [2020-04-05]
- Sveriges lantbruksuniversitet (2018), *Älvkarlebys historia*. Tillgänglig:
<https://www.slu.se/institutioner/akvatiska-resurser/kontakt/fiskeriforsoksstationen-i-alvkarleby/alvkarlebys-historia/> [2020-04-05]

Tack

Mitt första tack går till min handledare Ann-Britt Florin som funnits där under hela processens gång som en vägledande stjärna. Dina idéer samt hjälp har lett mig på rätt väg och jag beundrar ditt tålamod. Det andra tacket går till Yvonne Ottosson som hjälpt mig med allt det praktiska på fiskodlingen, ditt stöd har varit ovärderligt. Tack också till Jörgen Rask som hjälpt till med värdefulla tankar, framförallt under starten av arbetet. Jag vill också rikta ett tack till all personal på fiskodlingen för det varma bemötandet jag fått samt allt stöd som jag fått av nära och kära under dessa veckor.

Appendix



Figur 1. A-tråg (4 kvm) i bilden till vänster. I bilden till höger är det E-tråg (4 kvm) nedtill och F-tråg (1 kvm) upptill. Alla är tillverkade i plast. Foton: Sofia Nymans



Figur 2. Till vänster skymtar D-tråg (42 kvm) tillverkat i betong. Foto: Sofia Nymans



Figur 3. Ett B-tråg (23 kvm) tillverkat i betong. Foto: Sofia Nymans