

# Kontinuerlig odling och utsättning av fisk och bevarandet av de berörda beståndens naturliga egenskaper

2007-05-28



## Innehåll

1. Uppdraget.....	3
1.1. Tolkning av uppdraget .....	3
2. Sammanfattning .....	4
3. Förslag på åtgärder för att förbättra situationen.....	11
3.1. Effekter av och finansiering av åtgärderna .....	11
3.1.1. Påverkan på elpriset av de åtgärder som föreslås.....	11
3.1.2. Effekter på utsläpp i relation till de föreslagna åtgärderna .....	13
3.2. Urvalet av avelsfisk.....	14
3.2.1. Åtgärd: Välj avelsfisk från hela uppvandringssäsongen.....	14
3.2.2. Åtgärd: Antalet avelsfiskar enligt 50-500-regeln.....	15
3.2.3. Åtgärd: Öka andelen vildfödda fiskar i avelsmaterialet.....	16
3.3. Odlingsteknik.....	17
3.3.1. Åtgärd: Maximera effektiva populationsstorleken.....	17
3.3.2. Åtgärd: Minska fenskadorna - odlingstäthet .....	18
3.3.3. Åtgärd: Minska fenskadorna – optimera fys-kemiska parametrar .....	19
3.3.4. Åtgärd: Hur födan ges – en eller flera foderautomater per tråg .....	20
3.3.5. Åtgärd: Hur födan ges – spridningen över trågets yta .....	21
3.3.6. Åtgärd: Hur fodret ges till fisken i tiden .....	22
3.3.7. Åtgärd: Fodrets sammansättning.....	23
3.3.8. Åtgärd: Låta en del av fiskynglen växa upp i det vilda.....	24
3.3.9. Åtgärd: Konditionering .....	25
3.4. Utsättningsmetoder.....	26
3.4.1. Åtgärd: Tidpunkten för utsättning - dammar .....	26
3.4.2. Åtgärd: Tidpunkten för utsättning – utsättning på natten .....	27
3.4.3. Åtgärd: Tidpunkten för utsättning – tid på året.....	27
3.4.4. Åtgärd: Val av utsättningsplats .....	28
3.5. Fiskpassager.....	29
3.5.1. Åtgärd: Underlätta för uppvandrande fisk .....	29
3.5.2. Åtgärd: Underlätta för utvandrande fisk – nya typer av turbiner.....	30
3.5.3. Åtgärd: Underlätta för utvandrande fisk – leda fisken till säker passage.....	31
4. Diskussion och prioriteringar.....	32
4.1. Steg 1 – högsta prioritet .....	32
4.2. Steg 2 – näst högsta prioritet .....	33
4.3. Medelprioriterade åtgärder .....	34
4.4. Näst lägsta prioritet, åtgärder med viss betydelse .....	35
4.5. Lägsta prioritet – åtgärder som ej bör vidtagas .....	36
5. Genomförande av åtgärderna .....	36
6. Bakgrund .....	38
6.1. Historik.....	38
6.1.1. Utbyggnaden av vattenkraften.....	38
6.1.2. Fiskodling.....	40
6.2. Biologi.....	45
6.2.1. Genetik .....	47
6.2.2. Effekter av uppväxtmiljön.....	54
6.2.3. Beteende - allmänt.....	56
6.2.4. Beteende - vandring .....	57
6.2.5. Ekologiska effekter .....	62
7. Litteraturlista.....	66

# 1. Uppdraget

Med anledning av det fortsatta arbetet med miljökvalitetsmålen samt den nationella havsmiljöskrivelsen beslöt regeringen den 20 december 2005 att Fiskeriverket efter samråd med Statens Energimyndighet skall utarbeta förslag på åtgärder, inklusive ekologiska och ekonomiska bedömningar, för att i samband med kontinuerlig odling och utsättning av fisk bibehålla de berörda beståndens naturliga egenskaper så långt detta är möjligt.

## 1.1. Tolkning av uppdraget

Det har under lång tid forskats en hel del på odling och utsättning av fisk (s.k. kompensationsodling). Det har också, särskilt under de senaste decennierna, stått klart att denna verksamhet inte kan uppfylla de intentioner som fanns en gång i tiden. Resultatet av utsättningarna har blivit sämre med tiden, det finns både ekologiska och genetiska invändningar mot verksamheten. Samtidigt erbjuder vattenkraften en relativt miljövänlig energikälla. Samtidigt är det inte helt klart hur man ska definiera ”naturliga egenskaper” och vilka begränsningar eller svårigheter som numera kan finnas för att alls kunna tillfredsställa kriterier kopplade till ”naturlighet”. Vi har gjort på så sätt att vi försöker beskriva riktningen av förändringar som minskar eller ökar naturlighet i genetiskt, ekologiskt och etologiskt hänseende. Ökad ”naturlighet” har först och främst setts som ett rent naturvårdsmål. Därför anger vi huvudsakligen förslag på hur man kan minska negativa konsekvenser av kompensationsodlingar, som de idag bedrivs, men berör inte de kvantitativa förändringar som kan påräknas av olika åtgärder. Det är oklart i dagens läge om det t.ex. blir fler och/eller större fiskar att fånga. Likaså är det svårt att bedöma huruvida koppling mellan naturliga egenskaper (eller frånvaro av sådana) och förväntade beståndsförändringar. Men med tanke på de omfattande och kostsamma modifieringar av kompensationsåtgärder som vi föreslår måste man i framtida undersökningar och forskning skapa underlag för att kunna bedöma vilka vinster dessa åtgärder förväntas åstadkomma.

Med denna bakgrund har vi sammanställt några av de mest diskuterade åtgärderna som förekommer i litteraturen, oavsett om de är i stort redan genomförda eller inte. Därefter har vi gjort ekologiska (biologiska) bedömningar och prioriteringar av åtgärderna, beräknat kostnaderna för åtgärderna, samt efter kontakter med de större vattenkraftbolagen bedömt genomförbarheten av åtgärderna.

## 2. Sammanfattning

**Bakgrund:** Kontinuerlig odling och utsättning av fisk påverkar bestånden på olika sätt, oftast på ett sätt som för fiskbestånden bort från dess ursprungliga egenskaper. I avsnitt 3 har vi försökt ge en bild av hur situationen är för kompensationsodlad fisk. Det är framförallt sex punkter som vi vill lyfta fram.

1. Vattenkraften erbjuder en miljövänlig och kontinuerlig energiresurs. Vattenkraften fyller dessutom en viktig roll för att balansera elproduktionen mot efterfrågan genom sin reglerbarhet. Något som bland annat är av stor vikt vid introduktion av andra energikällor som till exempel vindkraft. Mycket forskning och utveckling har de senaste seklerna lagts ned på att förbättra energiutbytet, bygga säkra dammar och effektivisera kraftöverföringen.
2. När man bygger ut ett vattendrag uppstår dock tre problem för fisken i vattendraget. För det första hindras laxfisk från att simma sina vanliga vägar från havet till lekplatserna uppe i vattendragen. För det andra förändras en del lek- och uppväxtområden så att de inte kan nyttjas i samma utsträckning som innan utbyggnaden. För det tredje försvåras ungfiskens utvandring eftersom de ofta tvingas vandra genom kraftverkens turbiner. Det ska påpekas att ålen har samma problem, om än i en annan ordning, ungfisken ska vandra uppströms och de vuxna djuren nedströms.
3. För att kompensera för det bortfall i laxfiskproduktion (även sik på sina håll) åläggs kraftindustrin att odla och sätta ut fisk. Syftet enligt gällande skyldigheter har i första hand varit att kompensera det bortfall i fisket som vattenkraftutbyggnaden har gett upphov till. Eftersom odlingsmiljön skiljer så markant från livet i det vilda påverkar detta fisken på många sätt, dels genom att miljön i sig gör att fisken växer annorlunda, lär sig ett annat beteende, etc., och dels genom att den odlade populationen genom (oavsiktligt) urval glider bort från det ursprungliga och det vilda. Skillnaden mellan odlingen och det vilda är så pass stor att en del skillnader i t.ex. beteende kan observeras efter endast en generation.
4. Många av de älvar vi har i Sverige härbärgerar stammar av lax och öring som tydligt skiljer sig genetiskt från stammar i andra älvar. Ju mer olika stammar av fisk är genetiskt separerade desto större är risken att en del av artens totala genetiska variation går förlorad om stammen i en älv utrotas eller kraftigt blandas upp med stammar från andra vattendrag. De genetiska skillnaderna kan också tyda på lokal anpassning, vilket innebär att en stam från ett annat vattendrag på kortare eller längre sikt kan ha svårare att klara sig i det nya vattendraget än ursprungsstammen. Införda stammar, liksom hybrider mellan införda och ursprungliga stammar, har en tendens att vandra fel i större utsträckning än den ursprungliga stammen. Detta kan påverka omkringliggande vattendrag.
5. När man väljer ut avelsfisk för nästa generation i odlingen kan man orsaka genetisk avvikelser från det naturliga/ursprungliga genom att t.ex. endast välja bland dem som vandrar upp tidigt eller sent på säsongen.
6. Vid utsättningen av den odlade fisken kan man minska överlevnaden eller initiera ökad felvandring genom att sätta ut fisken på fel plats och vid fel tidpunkt på säsongen.

**Föreslagna åtgärder:** För att åtgärda de brister som finns idag kan man tänka sig flera olika åtgärder. Vi har i denna rapport plockat fram 18 åtgärder som skulle förbättra situationen. I tabell 1. listas de olika åtgärderna, en mer ingående beskrivning av dem återfinns i avsnitt 3. Det finns emellertid en variation i hur pass lätta åtgärderna är att genomföra, hur pass

kostsamma de är och hur pass betydelsefulla de skulle vara för fiskbestånden. I tabell 1 listas bedömningar för detta, mer ingående diskussion om det hela återfinns i avsnitt 4. De olika åtgärderna har också olika effekter ur biologisk synvinkel. Här har vi prioriterat åtgärderna i fem grupper. Kortfattat kan åtgärderna grupperas enligt detta:

1. De åtgärder som vi anser bör vara högprioriterade är åtgärder som rör de kompensationsodlade beståndets genetiska potential på lång sikt. Det gäller antalet avelsfiskar (bör vara minst 500 per generation). Många odlare anser att denna åtgärd kan vara praktiskt mycket svårt att genomföra. Ytterligare ett sätt är att blanda in vildfödd fisk i beståndet. Det är också viktigt att fisken sätts ut på rätt tid och på rätt plats. Det innebär att fisken ska ut när den är fysiologisk mogen för det, inte när det passar i kalendern och att fisk sätts ut i älven. Det är också viktigt hur urvalet av avelsfisk går till (bör vara från hela uppvandringssäsongen).
2. Odlingstekniken bör vara inriktad på att minska fenskadorna och att minska aggressiviteten i trågen på grund av att fodret inte ges över trågens hela yta. Utsättningen av smoltifierad fisk bör ske på natten, eftersom detta är den naturliga utvandringstiden för fisken (Gäller dock inte alltid. Undersökningar visar att i vissa älvar sker utvandringen även under dagtid, särskilt mot slutet av utvandningsperioden.). För att få mer vildfödd fisk bland avelsmaterialt bör man underlätta uppvandring för vuxen fisk och utvandringen för smolten. Det innebär att stor energi måste läggas ned på olika typer av förbipassager runt kraftverket. Detta förutsätter att det finns lämpliga lek- och uppväxtområden i tillräcklig omfattning. Detta kan dock innebära att förordningar och föreskrifter måste ändras och/eller vattendorar omförhandlas. Ett sätt att minska stressen och därmed aggressiviteten i trågen är att använda en foderautomat per tråg. På många odlingar har man s.k. foderrobotar; foderautomater som går på linbanor eller liknande. Dessa foderrobotar ger inte alltid foder till ett tråg när den åker över det, eftersom fisken är liten eller det är få fiskar i tråget. Fisken har dock lärt sig att koppla ihop roboten med mat och om mat uteblir ökar aggressiviteten, med risk för förhöjda stressnivåer och skador. Problem kan dock kanske lösas på annat sätt.
3. Det finns ett alternativ till att låta fisken vandra uppströms kraftverken och det är att anlägga lekområden nedströms kraftverken. Man ska således i princip bygga en liten älv som ska kunna producera tillräckligt med fisk som kan användas för att ”fräscha upp” avelsmaterialet. Det är emellertid inte alltid möjligt att få utrymme för en tillräckligt stor ”mini-älv”. För att smolten ska kunna vandra ut när de är fysiologiskt mogna för det kan man anlägga speciella dammar för detta, där fisk kan lämna dammarna när de själva vill. Det är ett lockande alternativ för smoltutsättning, men det kräver att dammarna skyddas för rovdjur och det är svårt att se sjukdomsutbrott i tid i en sådan miljö. Men om undersökningar visar att fördelarna överväger nackdelarna bör man definitivt fundera över utsättningsdammarna. En ökad sjukdoms- eller fenskadefrekvens strider mot djurskyddsbestämmelserna. Vid en valsituation är djurskyddet den starkare lagstiftningen enligt våra erfarenheter. En uppfödning som tillgodoser djurskyddet bör därför i princip också uppfylla de krav som ställs i utsättningsskyldigheten. Det får inte vara så att odlaren kläms mellan två lagstiftningar. Fodret som man använder i dagens kompensationsodling är avpassat för matfiskodling, det finns farhågor att fisken som odlas för utsättning växer för fort och är för fet när den sätts ut. Man kan också tänka sig att ge fodret med mer varierade intervall än man vanligen gör. Men om man gör så måste man se väga det hela mot eventuell ökad aggressivitet i trågen. Framtida undersökningar får visa om detta är en framkomlig väg. Ytterligare ett sätt att öka den genetiska bredden hos den odlade

fisken är att maximera den effektiva populationsstorleken genom att låta alla honor bidra med lika många romkorn till nästa generation. Detta medför att "snedfördelningen" mellan stor och små honor elimineras. Problemet är dock att man då rutinmässigt måste göra sig av med en massa romkorn och hela tiden räkna romkorn i det redan tidspressade avelsarbetet. Det kan dock vara ett sätt att få material till utplantering av romkorn uppström kraftverket. Bättre överlevnad hos utvandrande fisk kan eventuellt uppnås med nya typer av turbiner. Detta är dock tveksamt. Både turbinleverantörer och forskare som har jobbat med frågan menar att den förbättringen antagligen är svår att mäta. Dessutom är det inte alltid turbinerna som är huvudorsaken till fiskdödlighet vid passagen genom kraftverken. Man bör dock allvarligt överväga att byta ut francisturbiner mot kaplanturbiner när turbinbyte ändå ska ske vid planerade uppgraderingar av kraftverken. (Kaplanturbiner ger i allmänhet lägre fiskdödlighet än francisturbiner). Turbinbyte ska dock inte ersätta arbetet med att utveckla bättre avledningsmetoder så att fisken kan passera förbi med ett mindre vattenspill.

4. Ett tredje sätt att få mer naturlig fisk in i odlingsmaterialen är att låta en del fiskungar växa upp i dammar. Problem med detta är att dammarna kräver mycket skötsel och att risk för bottenfrysning eller låga syrehalter under vintern p.g.a. långvarigt istäck gör att fisken måste tas in på hösten. Ett sätt att få en mer naturlig utsättningsfisk vore då att modifiera fodret, t.ex. mindre andel fett i fodret, något som dock redan är på gång. Ett annat sätt är att sätta ut fisken tidigare. I många fall ser t.ex. 1-årig smolt betydligt mer naturliga ut än 2-årig smolt. Att fisken idag blir så stor är en effekt inte bara av ett förbättrat foder utan också i stor utsträckning av att tillväxtsåsongen har blivit allt längre.
5. Konditionering (d.v.s. att man försöker lära eller träna den odlade fisken att leva i det vilda) har visat sig ha marginella eller inga effekter i storskaliga försök.

**Finansiering av åtgärderna:** Finansieringen av åtgärderna kan som vi ser det lösas på två sätt. Ett är att kraftbolagen själva åläggs att stå för kostnaderna. De åtgärder som föreslås medför ökade kostnader för- och en viss minskning av elproduktionen från vattenkraft. Detta antas inte påverka priset på el, utan bedöms medföra en minskad vinst för elproducenterna. Anledningen är att priset på el bestäms av den elproduktion som ligger på marginalen i det nordiska elsystemet. När det gäller de i denna rapport föreslagna åtgärderna för att bevara fiskbeståndens naturliga egenskaper är det endast åtgärderna för att förbättra fiskpassager som kan antas påverka produktionen av vattenkraft och därmed elpriset. Eftersom priset på el ligger högre än marginalkostnaden för produktionen av vattenkraft medför en liten ökning i kostnaden för att producera vattenkraften inte att priset på el påverkas, utan endast att vattenkraftsbolagets vinst minskar. Vinsten kan antas minska motsvarande kostnaderna för de olika åtgärderna som är redovisade under varje åtgärdsförslag. Här ska dock tilläggas att lagstiftningen som finns idag ger möjlighet för vattenkraftsbolagen att begära omprövning av gällande villkor. Vid en sådan prövning finns begränsningar av vad t ex en kraftverksägare ska tåla i form av ökade kostnader. Överskjutande kostnader måste då betalas av det allmänna. Ett annat sätt är att det allmänna står för hela kostnaden, men grundtanken måste vara att kostnaden för mer naturlig fisk skall ligga på kraftproducenten, dvs i kostnaden för kompensationsutsättningen.

Kostnaderna för åtgärderna har uppskattats med den tillgängliga kunskap som finns. I många fall är dock kostnaderna svåra att bedöma, eftersom de lokala förhållandena skiftar mellan olika anläggningar. Det som är mest svårbedömt är kostnaderna för åtgärder som syftar till att bygga anordningar som leder fisk uppströms förbi kraftverk eller som leder utvandrande fisk



till en säkrare väg än genom turbinerna (åtgärderna 4.5.1 och 4.5.3). Ibland kan det vara relativt enkelt att ordna med fiskpassager, i andra fall kan det innebära mycket arbete (sprängning, fångvallar, etc.). Baserat på de analyser, som gjorts vid Stornorrfors kraftstation i Umeälven, kan de slutliga kostnaderna för dessa två åtgärder bli tio gånger högre än var som anges i tabellen nedan.



**Figur 1.** De små (1m<sup>2</sup>) trägen vid Fiskeriverkets Fiskeriförsöksstation i Älvkarleby

**Tabell 1.** Sammanställning av kostnader för olika åtgärder. Kostnaderna gäller per anläggning (odling). En mer utförlig beskrivning av åtgärderna finns i avsnitt 3, numreringen av åtgärderna i tabellen är densamma som i detta avsnitt. Kostnaderna anges i tusen kronor (tkr).

Åtgärd	Utredning (tkr) <sup>1)</sup>	Investering (tkr) <sup>1)</sup>	Drift (tkr/år) <sup>1)</sup>	Prioritering (baserad på biologin) <sup>2)</sup>	Genomförbarhet <sup>3)</sup>
<b>3.2. Urvalet av avelsfisk</b>					
3.2.1 Välj avelsfisk från hela uppvandrings-säsongen	500	10000-20000	1700	1	0 (0 – 1)
3.2.2 Antalet avelsfiskar enligt 50-500-regeln	0	5000-10000	1465	1	0 (0 – 1)
3.2.3 Öka andelen vildfödda fiskar i avelsmaterialet	0	5000-40000	>730	1	5 (1 – 5)
<b>3.3. Odlingsteknik</b>					
3.3.1 Maximera effektiva populationsstorleken	0	100	20	3	1 (1 – 2)
3.3.2 Minska fenskadorna – odlingstäthet	1320	5000-10000	340	2	4 (3 – 4)
3.3.3 Minska fenskadorna – optimera fys-kemiska parametrar	7990	20000-30000	420	2	3 (2 – 4)
3.3.4 Hur födan ges – en eller flera foderautomater per tråg	0	5500-10500	170	2	0 (0 – 1)
3.3.5 Hur födan ges – spridningen över trågets yta	0	1000-5000	120	2	3 (0 – 3)
3.3.6 Hur fodret ges till fisken i tiden	0	0	0	2	3 (0 – 3)
3.3.7 Fodrets sammansättning	<i>Ej beräknat</i>	0	<i>Ej beräknat</i>	4	3 (3 – 5)
3.3.8 Låta en del av fiskynglen växa upp i det vilda	0	5000-20000	>650	4	3,5 (2 – 5)
3.3.9 Konditionering	0	50-200	490	5	5 (2 – 5)



Åtgärd	Utredning (tkr) <sup>1)</sup>	Investering (tkr) <sup>1)</sup>	Drift (tkr/år) <sup>1)</sup>	Prioritering (baserad på biologin) <sup>2)</sup>	Genomförbarhet <sup>3)</sup>
<b>3.4. Utsättningsmetoder</b>					
3.4.1 Tidpunkten för utsättning – dammar	0	10000-20000	360	3	4 (3 – 5)
3.4.2 Tidpunkten för utsättning – utsättning på natten	0	0	200-300	2	2,5 (1 – 5)
3.4.3 Tidpunkten för utsättning – tid på året	0	0	0	1	0 (0 – 1)
3.4.4 Åtgärd: Val av utsättningsplats	450	0	0	1	1 (0 – 1)
<b>3.5. Fiskpassager</b>					
3.5.1 Underlätta för uppvandrande fisk	0	5000-40000	570	2	4 (0 – 5)
3.5.2 Underlätta för utvandrande fisk – nya typer av turbiner	6370	ca 50000/turbin	<i>Ej beräknat</i>	3	5 (4 – 5)
3.5.3 Underlätta för utvandrande fisk – leda fisken till säker passage	2020	10000-20000	420	2	4 (3 – 5)

- 1) Beräkningarna gäller för en enskild anläggning (i dagen läge finns i Sverige 14 företag – kompensationsodlingar som skulle beröras av de ovan skisserade åtgärderna).
- 2) Denna prioritering är enbart gjort efter de förväntade biologiska effekterna och tar inte hänsyn till kostnader eller genomförbarhet. Femgradig skala, från 1=Högsta prioritering till 5=Lägsta prioritering.
- 3) Genomförbarheten har bedömts efter samråd med representanter från Energimyndigheten, Björn Svensson, RheoConsult (på uppdrag av Svensk Energi), Vattenfall, E-on och Fortum. 0=redan genomfört; 1=relativt lätt att genomföra, kräver ingen större omstrukturering av dagens verksamhet; 2=kan genomgöras med vissa svårigheter; 3= kan genomföras med investeringar och omstruktureringar som är kostsamma men inte oöverkomliga; 4=kan genomföras, men till mycket höga kostnader, 5=omöjligt att genomföra i dagens läge. I kolumnen anges dels medianen för organisationernas bedömning, dels (inom parentes) lägsta och högsta värdet som uppgivits.

**Genomförande av åtgärderna:** Åtgärderna i denna rapport avser Fiskeriverket beakta vid framtida omprövningar av vattendomar. Som det är idag är många tillstånd till olika former av vattenverksamhet givna med stöd av äldre lagstiftning har i huvudsak tillkommit för att underlätta exploatering och i mindre utsträckning tagit hänsyn till motstående intressen. Ofta har de strömmande miljöerna i exploaterade vatten påverkats hårdast. Det biologiska livet har i dessa miljöer drabbats i hög utsträckning genom exempelvis torrläggning och överdämning till förmån för kraftintresset. I Kammarkollegiet och Fiskeriverkets rapport till regeringen den 1 april 2007 rörande ”Översyn av arbete med omprövning samt tillsyn av vattendomar och vattenföretag” betonades vikten av att det i ett långsiktigt perspektiv tillskjuts tillräckligt med medel för att bekosta omprövningar av vattendomar.

Eftersom den genetiska profilen på de kompensationsodlade bestånden är av stor vikt avser Fiskeriverket införa tillämpliga förslag till åtgärder under 3.2-4 i Fiskeriverkets föreskrifter (FIFS 2001:3).

Det pågår för närvarande en diskussion om utbyggnad och nya satsningar inom svenskt vattenbruk (fiskodling för konsumtion). Denna diskussion kommer delvis även att beröra kompensationsodlingarna. Denna rapport bör användas som ett underlag i dessa diskussioner.

Det pågår överläggningar med kraftindustrin om smoltkvalitet, d.v.s. hur den fisk man sätter ut ska ha för egenskaper för att få räknas som fullvärdig utsättningsfisk. Även här ska rapporten användas som underlag i dessa diskussioner.

Det bör åligga näringen (först och främst kraftindustrins fiskodlingar) att kontinuerligt bedriva metodutveckling för att komma tillrätta med de problem som finns. Detta pågår redan nu i viss utsträckning och åtgärderna i denna rapport bör tjäna som utgångspunkt för intensifiering av det arbetet.



**Figur 2.** Lekande öring. Bilden är tagen i strömakvariet vid Fiskeriverkets Fiskeriförsöksstation i Älvkarleby.

## 3. Förslag på åtgärder för att förbättra situationen

### 3.1. Effekter av och finansiering av åtgärderna

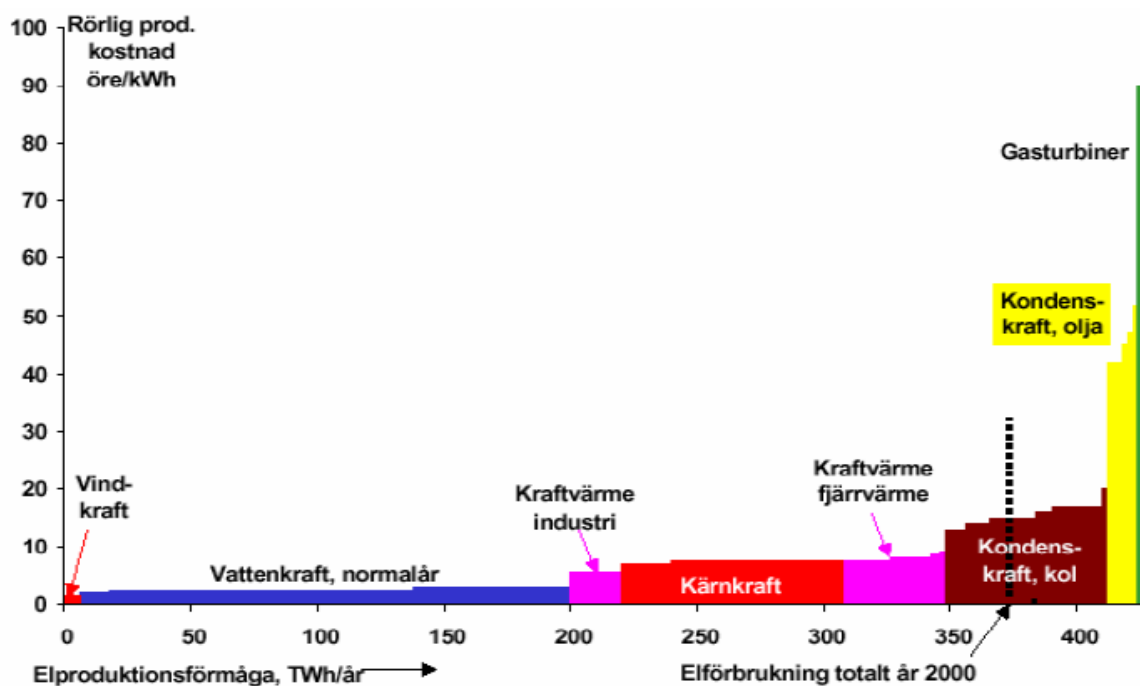
#### 3.1.1. Påverkan på elpriset av de åtgärder som föreslås

Ett antal åtgärder som föreslås medför ökade kostnader för- och en viss minskning av elproduktionen från vattenkraft. Detta antas inte påverka priset på el nämnvärt, utan bedöms främst medföra en minskad vinst för elproducenterna. Anledningen till detta är dels att elpriset bestäms av den elproduktion som ligger på marginalen i det nordiska elsystemet, dels att minskningen i elproduktionen bedöms vara för liten för att priset på el ska påverkas.

Elproduktionen på marginalen är den produktion som producerar den sist förbrukade ”marginella” enheten på marknaden. Det är alltså marginalelsproduktionen som minskar eller ökar beroende på efterfrågan på el. Vattenkraften har stora vattenmagasin som gör det möjligt att omfördela elproduktionen mellan olika produktionstekniker över tiden. En förbrukningsökning som snabbt möts av ökad vattenproduktion medför lägre vattenkraftsproduktion i en senare period och vice versa för minskad förbrukning. Vad som är marginalel bestäms av vilken produktionsteknologi som ökar eller minskar sin produktion för att kompensera förskjutningen i vattenkraftsproduktionen. Kostnaden för vattenkraftsproduktion är därför inte prissättande för elen i det nordiska elsystemet. På kort sikt brukar kolkondenskraftverk i Danmark och Finland anses utgöra marginalel i det nordiska elsystemet. På lång sikt, 10-15 år fram i tiden, bedöms naturgaskombikraftverk ligga på marginalen. I diagrammet nedan visas en principiell bild av de rörliga kostnaderna för olika elproduktionstekniker samt hur många TWh av de olika produktionsteknikerna som finns tillgängliga i det nordiska elsystemet (Den rörliga produktionskostnaden är alltså fiktiva och antal TWh som varje produktionsslag bidrar med på den nordiska elmarknaden inte exakta).

Det som händer vid en större utbudsminskning av vattenkraft är att elproduktionsförmågan som illustreras i diagrammet minskar och punkten på den horisontella axeln i diagrammet där (Figur 3) förbrukningen ligger därför hamnar längre till höger, vilket kan medföra att priset på el ökar. Det är dock avgörande hur stor minskningen i utbudet är och vad som går in i produktionen som ersättning för vattenkraftsbortfallet. När man sätter igång ett kolkraftverk för att öka utbudet innebär det ett tillskott i produktionen på ca 1-2 TWh. Ökningen sker alltså i ”plataer” och det är därför inte säkert att en liten minskning i utbudet av vattenkraft på den nordiska elmarknaden medför någon ökning i elpriset.

När det gäller de i denna rapport föreslagna åtgärderna för att bevara fiskbeståndens naturliga egenskaper är det endast åtgärderna för att förbättra fiskpassager som kan antas påverka produktionen av vattenkraft och därmed elpriset. Eftersom priset på el ligger högre än marginalkostnaden för produktionen av vattenkraft medför en ökning i kostnaden för att producera vattenkraften inte att priset på el påverkas, utan endast att vattenkraftsbolagets vinst minskar. Vinsten kan antas minska motsvarande kostnaderna för de olika åtgärderna som är redovisade under varje åtgärdsförslag. Här ska dock tilläggas att lagstiftningen som finns idag ger möjlighet för vattenkraftsbolagen att begära omprövning av gällande villkor. Vid en sådan prövning finns begränsningar av vad t ex en kraftverksägare ska tåla i form av ökade kostnader. Överskjutande kostnader måste då betalas av det allmänna.



**Figur 3.** En principiell bild av de rörliga kostnaderna för olika elproduktionstekniker samt hur många TWh av de olika produktionsteknikerna som finns tillgängliga i det nordiska elsystemet<sup>157</sup>

De åtgärder för att förbättra fiskpassager som nämns i rapporten är:

- Att underlätta för uppvandrande fisk genom att låta den vandra (eller transporteras) uppströms kraftverksdammarna. Detta kan innebära att man måste bygga förbipassager vid kraftverken, samt att vattenkraftsbolagen kan vara tvungna att öka minimiflödena av vatten vid de nya lekplatserna. För att få effekt måste åtgärden sannolikt kompletteras med nya mer "fiskvänliga" turbiner eller säkra passager.
- Att underlätta för utvandrande fisk genom att installera "fiskvänliga" turbiner.
- Att underlätta för utvandrande fisk genom att leda fisken till en säker passage.

Det är svårt att uppskatta exakt hur mycket dessa ingrepp kan innebära i bortfall av elproduktion då det inte är bestämt i hur stor utsträckning åtgärderna kommer att vidtas. För att ge en uppfattning av hur stora produktionsbortfall införandet av fiskpassager kan ge har vi grovt beräknat produktionsbortfallet av att införa fiskpassager i vattenkraftverken i Stornorrfors och Ljusne fors. Stornorrfors är det energimässiga största svenska vattenkraftverket med en årlig produktion på ca 2,3 TWh. Ljusnefors är ett mindre vattenkraftverk med en årlig elproduktion på ca 0,1 TWh. Dessa vattenkraftverk kan ses som två extremfall och visa på det intervall av produktionsbortfall inom vilket andra vattenkraftverk kan antas hamna. Den ökade minimitappningen i Stornorrfors beräknas ge ett produktionsbortfall på 2,2 GWh/år, medan motsvarande produktionsbortfall för Ljusne fors beräknas till ca 0,1 GWh/år.

Energimyndigheten gjorde 2002 en analys av effekterna på elpriset av nedläggningen av den andra reaktorn i Barsebäcks kärnkraftverk. Nedläggningen motsvarade ett bortfall i elproduktion på 4 TWh. Resultatet av analysen var att elpriset under ett normalår bedömdes öka med 0,1-0,5 öre vid en nedläggning<sup>170</sup>. (Ett normalår är ett statistiskt beräknat år med avseende på värden för meteorologiska företeelser på grundval av observationer under en

följd av år). En minskning av vattenkraftproduktionen med ett antal GWh antas därför inte ha någon effekt på elpriset.

Vattenkraften har en viktig funktion som reglerkraft i elsystemet. En ökad mängd icke-reglerbar elproduktion, som en ökning av vindkraften medför, kräver i sin tur att man har reglerkraft för att täcka perioder då det t.ex. blåser dåligt vid vindkraftsverken. Varje reduktion i reglerkapacitet minskar den tillgängliga potentialen av icke-reglerbar kraftproduktion. För att öka den icke-reglerbara elkraften kan man då bli tvungen att ha mer reservkraft som kan sättas in då den icke-reglerbara kraften ger tillräckligt med el. Detta kan medföra ökade kostnader för elproduktionen på marginalen under vissa perioder på året och därmed bidra till ökade elpriser. En minskning i vattenkraftsproduktionen med några GWh bedöms dock inte vara något större problem ur regler synpunkt.

### **3.1.2. Effekter på utsläpp i relation till de föreslagna åtgärderna**

Den minskade produktionen av vattenkraft kan i de fall det rör sig om elcertifikatsberättigad produktion antas ersättas av vindkraft, biobränslebaserad kraftvärme eller annan elcertifikatsberättigad vattenkraft. Det vattenkraftsbortfall som inte är elcertifikatsberättigat kan på antas ersättas av kolkraftsbaserad el, och på lång sikt eventuellt av naturgasbaserad elproduktion. Detta ger upphov till en viss ökning av utsläpp av svaveldioxid, kväveoxider och partiklar. Den samhällsekonomiska kostnaden för dessa utsläpp får vägas mot den nytta åtgärderna medför. När det gäller koldioxidutsläppen så gör det europeiska systemet för handel med utsläppsrätter för koldioxid att nettoutsläppen av koldioxid inte bedöms påverkas av en minskning i vattenkraftsproduktionen i Sverige. Anledningen till detta är att varje företag som deltar i handelssystemet har fått rätten att släppa ut ett visst antal ton koldioxid. Om ett företag ökar sin fossilbränslebaserade elproduktion och därmed öka sina koldioxidutsläpp utöver vad företaget har utsläppsrätter för, så måste de köpa utsläppsrätter från ett annat företag som i sin tur måste minska sina utsläpp i motsvarande grad.

Föreslagna åtgärder bidrar till att det nationella miljömålet om ”Levande sjöar och vattendrag” lättare kan uppnås. Samtidigt kan åtgärderna att förbättra fiskpassagerna påverka miljömålet ”Bara naturlig försurning” i negativ riktning. Om vattenkraften genom åtgärderna minskar sin elproduktion kan landets elbehov behövas fyllas med t.ex. el från kolkraftverk. Vi har också ett åtagande gentemot EU när det gäller andelen förnyelsebar energi i den svenska elproduktionen som påverkas.

## 3.2. Urvalet av avelsfisk

Fiskhälsan har i ett PM för några år sedan tagit fram råd för urval och antal avelsfiskar. Det är detta som odlingarna arbetar efter idag<sup>169</sup>. Där rekommenderas bl.a. jämn könskvot (50 hanar och 50 honor). Skälet till skriften var krav på ökning i provtagningen av avelsfisk ur smittskyddssynpunkt.

Kostnaderna som anges nedan gäller per anläggning (fiskodling).

### 3.2.1. Åtgärd: Välj avelsfisk från hela uppvandringssäsongen

Eftersom det finns indikationer på att tidiga och sena uppvandrare skiljer sig är genetiskt bör man plocka avelsfisk från början till slutet på uppvandringssäsongen (ca mitten av juni till slutet av september). I vissa älvar har man dock under en längre tid tagit avelsfisk endast från en kortare period av uppvandringssäsongen. I sådana älvar kan den genetiska variationen mellan tidig och sen vara mer eller mindre uttraderad. En annan viktig anledning till att en sådan förskjutning sannolikt har skett är att havsfisket efter lax i huvudsak har varit inriktat på snabbväxande, tidigt återvandrande individer. Hur det förhåller sig bör man visa i noggranna studier. Målet ska vara att fånga och härbärgera fisk så att avelsfisken speglar det naturliga uppsteget, dvs. få avelsfiskar från tider då få fiskar stigit, och fler från de tider då många fiskar stigit. Ett alternativ som kan vara bättre i en del fall är om det finns möjlighet att låta avelsfisken gå kvar i älven (älven fungerar som sump). Eftersom en ansamling av lekfisk sker nedströms det första vandringshindret, där vanligen avelsfiskena är belägna, kan fiske ske på hela beståndet. Det förutsätter att tillräckligt många avelsfiskar fångas så att individer som eventuellt befinner sig längre ner i vattendraget ges plats att fortsätta sin vandring upp till första vandringshindret.

#### Biologiska fördelar:

Detta skulle med största sannolikhet ge större genetisk bas för den odlade populationen. Vilket i sin tur skulle innebära att beståndets naturliga genetiska profil skulle bevaras bättre.

#### Invändningar ur biologisk synvinkel:

Det är säkert mycket svårt, inte minst i södra Sverige, att hålla avelsfisk under sommaren vid temperaturer >20 grader. Det innebär även djuretiska och arbetsmiljömässiga påfrestningar.

#### Kostnader för att härbärgera fisk:

Fälla som fångar för hela säsongen, personal som vittjar denna fälla dagligen (eller så gott som dagligen), bassänger för att hålla fisk under 2-3 månader och daglig tillsyn av dessa bassänger.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 10000-20000 tkr

Underhåll av ovan nämnda byggnation (inkl. el, värme etc.): 250 tkr/år

Personal (14 manmånader): 1120 tkr/år

Kemikalier (förebyggande badning, formalin): 50tkr/år

Sjukdomskontroll (Fiskhälsans provtagning): 180 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr

#### Kostnader för genanalys:

Genprover bör tas från ca 100 fiskar per år under 5 års tid. Prover ska tas under hela säsongen.

Analys av prover 400 kr/prov = 200 tkr.



### 3.2.2. Åtgärd: Antalet avelsfiskar enligt 50-500-regeln

De teoretiska beräkningar som gjorts visar att man måste ha ett visst antal fiskar i varje generation för att undvika att genetisk variation går förlorad och därmed gå miste om evolutionär potential i populationen. Den regel som man har kallas allmänt 50-500 regeln och säger att den effektiva populationsstorleken ska vara minst 50 på kort sikt och minst 500 på lång sikt för att undvika att populationens evolutionära potential försämras. De flesta odlingar använder redan idag betydligt fler än 50 föräldrapar. Undantag görs ibland vid brist på lekfisk eller om det finns ett naturligt bestånd som inte tål ett för stort uttag av avelsfisk. Vi ska komma ihåg att med dagens krav på sjukdomskontroll så ska fisken avlivas för provtagning på inre organ. Detta är dessutom förknippat med en betydande kostnad och merarbete i odlingarna. Det enklaste sättet att nå upp till dessa siffror är att ha 25 hanar och 25 honor (respektive 250 hanar och 250 honor) per generation. Observera att de siffror som presenteras är lägstsvärden. Man kan lätt luras att tror att om man har få avelsfiskar ett år kan man kompensera detta med fler ett annat år. Men tyvärr fungerar det inte så, den effektiva populationsstorleken medelvärde är harmoniskt. Det innebär att om man har 20+50+80 individer i tre generationer är medelvärdet inte 50 utan 36,4. Några få dåliga år sätter således djupa spår. En annan fråga är vad som är kort respektive lång sikt. Det är en tvistefråga, men troligen börjar de långsiktiga konsekvenserna komma efter 10-12 generationer, för lax och havsöringen skulle det innebära 50-60 år. Det innebär att det långsiktiga målet är mycket viktigt, vilket innebär minst 50 hanar och 50 honor per år.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle ge större genetisk bas för den odlade populationen. Vilket i sin tur skulle innebära att beståndets naturliga genetiska profil skulle bevaras bättre. Men många odlingar har inte nått upp till dessa siffror, särskilt inte när det gäller det långsiktiga perspektivet. Det innebär att det kommer att ta lång tid att reparera skadan.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Inga.

#### **Kostnader för ombyggnad:**

Bassänger för att hålla tillräckligt med avelsfisk och daglig tillsyn av dessa bassänger. Det kan innebära också att mer romkorn kommer att behöva hållas, eventuellt kan också fler yngeltråg komma att behövas.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 5000-10000 tkr

Underhåll av ovan nämnda byggnation: 20 tkr/år

Personal (14 manmånader): 1120 tkr/år

El (värme, pumpar, mm): 230 tkr/år

Kemikalier (förebyggande badning, formalin): 25tkr/år

Sjukdomskontroll (Fiskhälsans provtagning): 180 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år

### 3.2.3. Åtgärd: Öka andelen vildfödda fiskar i avelsmaterialet

Odlingen innebär att fisken utsätts för en onaturlig miljö. Det i sin tur innebär att individer som skulle ha överlevt i naturen klarar sig sämre (eller inte alls) i odlingen. Likaså innebär det att de individer som klarar sig bra i odlingen inte klarar sig så bra när de sätts ut i naturen. Ett sätt att komma runt detta är att använda sig av endast vildfödd fisk i odlingen. Men detta är inte genomförbart eftersom det är just avsaknaden av vildfödda fiskar som man kompenserar i kompensationsodling. I ett fåtal (gäller således inte de flesta av de större kompensationsälvarna) fortfarande har en spillra av naturliga lekplatser kvar, nedströms det första vandringshindret. Dels kan man använda fisk därifrån för att "fräscha upp" det odlade beståndet, dels kan man anlägga seminarella lekområden för att skapa möjligheter för att ha vildfödd fisk i älven.

#### **Biologiska fördelar:**

I och med att fisk som helt har levt sitt liv i det vilda kommer in i odlingen kommer en del av odlingens negativa effekter att motverkas. Detta skulle ge en större genetisk bas för den odlade populationen. Vilket i sin tur skulle innebära att beståndets naturliga genetiska profil skulle bevaras bättre.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Man ska ha klart för sig att denna åtgärd inte förhindrar utan endast bromsar den drift bort från det naturliga som odlingen innebär. Detta på grund av två faktorer, dels består den vildfödda fisken till största delen av odlad fisk som lekt i naturen, och dels återspeglar en liten leksträcka nedströms första vandringshindret inte hela den variation som älven uppvisade i ett outbyggt tillstånd. Denna åtgärd innebär också att åtminstone en av kategorierna fisk måste märkas, närmast till hands är att märka den odlade fisken. Detta görs redan idag all odlad laxfisk som sätts ut i Östersjön fettfeneklippis. Alla kompodlingar som omfattas av kravet klipper fettfenorna.

#### **Kostnader för "bygga älv" och fiskmärkning:**

Kostnaden för att anlägga lekområden nedströms kraftverksdammarna kommer att variera mycket mellan olika älvar. Kostnaden för fettfeneklippning beror på hur många fiskar som ska sättas ut enligt vattendomarna. Lekområdet måste förses med vatten, detta vatten kan inte användas för kraftproduktion, vilket innebär en minskning av kraftverkets totala produktionskapacitet. Likaså måste lekområdet kontrolleras med jämna mellanrum för att man ska veta att det verkligen producerar fisk.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 5000-40000 tkr

Underhåll av ovan nämnda byggnation: 20 tkr/år

Personal (4 manmånader): 320 tkr/år

Vatten till lekområdet ca 4.5 m<sup>3</sup> *Ej beräknat än. I de större älvarnas torrfårar räcker detta dock inte långt. Det är svårt att ange en kostnad, sannolikt skulle detta bli den största enskilda och dessutom årliga kostnaden.*

Övervakning/kontroll (elfiske) 20 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år

Kostnad för fettfeneklippning ( 1kr/st) totalt ca 250 tkr/år

## 3.3. Odlingsteknik

### 3.3.1. Åtgärd: Maximera effektiva populationsstorleken

Denna åtgärd relaterar till 3.2.1 ovan. I och med att man tar in fler avelsfiskar på odlingen får man också fler romkorn att ta reda på. I de allra flesta fall skulle åtgärden i 1.2 innebära att man får betydligt fler fisk än vad som behövs för att uppfylla vattendomarna. Det innebär att man måste reducera antalet romkorn. Den forskning som bedrivits och de beräkningar som gjorts visar att det bästa man kan göra i ett sådant sammanhang är att låta varje hona gå in processen med lika många romkorn, det innebär att små honor som ger få romkorn reduceras lite eller inte alls. Medan stora honor som ger många romkorn måste reduceras kraftigt. Överskottet av romkorn som erhålls får antingen kasseras eller användas till annat, t.ex. åtgärd 4.3.8. Detta bör vara relativt enkelt att genomföra med begränsade kostnader och möjligen relativt stor nytta.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle sannolikt ge större genetisk variation i den odlade populationen. Vilket i sin tur skulle innebära att beståndets naturliga genetiska profil skulle bevaras bättre.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Detta sätt att maximera den effektiva populationsstorleken är inte helt invändningsfritt. En nästan spontan reaktion är att detta är onaturligt, i naturen går ju varje hona in i processen med så många romkorn hon bara kan. Bortsett från detta finns flera frågetecken, bl.a. är det inte helt klart om detta verkligen ger den effekt man tror sig uppnå, och hur gör man om dödligheten skiljer sig mellan olika familjegrupper senare under odlingsprocessen?

#### **Kostnader för ombyggnad:**

Om romkornen destrueras efter reducering tillkommer endast kostnad för detta och de kostnader som anges under åtgärd 1.2. Om rommen ska användas till annat måste faciliteter för hysa rommen finnas. Dessutom medför fler avelsfiskar högre kostnader för hälsokontroll, hur mycket beror på hur många fler fiskar som kommer att användas i aveln.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 100 tkr

Underhåll av ovan nämnda byggnation: 20 tkr/år

### **3.3.2. Åtgärd: Minska fenskadorna - odlingstäthet**

Forskning tyder på att fenskadad fisk har sämre möjligheter att överleva efter utsättning jämfört med fisk som inte är fenskadad, denna koppling är emellertid ifrågasatt. Fenskadorna hos många fiskar som går i odling är inte en regelrätt skada, d.v.s. fenorna skavs inte ned mekaniskt, utan en skadad fena får ofta bakterieangrepp och det är bakterierna som eroderar fenan, ibland så pass att fisken helt förlorar den angripna fenan. Således måste en fena ha ett sår för att bakterierna ska få fäste. Denna skada kan uppkomma på olika sätt, bett från andra fiskar, skavsår från tråget, etc. Målet är att skapa en odlingsmiljö som ger så få fenskador som möjligt. Ett sätt är att minska odlingstätheterna.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle ge färre fenskador och därmed en fisk bättre lämpad för utsättning. Forskning visar att de lägre tätheterna också skulle kunna ge en del andra fördelar, t.ex. en något större genetisk bredd hos den odlade fisken. Ur djuretisk synpunkt är det bra om fisken kan odlas så att sjukdomar, och det lidande som är relaterat till sjukdomarna, minskar i omfattning.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Dock finns det en risk att alltför låga odlingstätheter kan öka aggressiviteten hos fiskarna i trågen. I naturen försvarar lax- och öringungar territorier. Vid höga tätheter verkar denna impuls tryckas ned, men kan "väckas till liv" vid minskade tätheter. Man måste således söka sig fram till en lämplig minskning av tätheterna och detta kan skilja mellan olika odlingar, beroende på genetiska skillnader mellan bestånden i älvarna, hur fisken stressas av förbipasserande människor, djupet på tråget, möjlighet att gömma sig under ett lock på tråget och hur födan ges.

#### **Kostnader för ombyggnad:**

Detta innebär att de flesta odlingar måste utöka antalet tråg, kanske med 25-30 %.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 5000-10000 tkr

Underhåll av ovan nämnda byggnation: 20 tkr/år

El (värme, pumpar, mm): 20 tkr/år

Sjukdomskontroll (Fiskhälsans provtagning): 180 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år

#### **Kostnader för undersökningar/forskning**

Fisken bör odlas i minst tre olika tätheter under minst tre år för att de bästa tätheterna ska kunna ringas in. Den odlade fisken märks och sätts ut för att utröna hur pass bra den överlever. Försöken kommer att ta ca sex år i anspråk. Undersökningarna bör baseras på redan befintlig kunskap.

Märkningskostnad 3 X 2000 individer/år 720tkr

Ökad odlingskostnad 500 tkr

Statistisk bearbetning 100 tkr

### **3.3.3. Åtgärd: Minska fenskadorna – optimera fys-kemiska parametrar**

Som nämndes ovan tyder forskning på att fenskadad fisk har sämre möjligheter att överleva efter utsättning jämfört med fisk som inte är fenskadad. Ett sätt att skapa en odlingsmiljö som ger så få fenskador som möjligt är att minska odlingstätheterna. Ett annat är att optimera de fys-kemiska parametrarna. Det hela går ut på att odla fisken under så optimala förhållanden som möjligt, vad gäller vattenkemi. Bl.a. tillsätter man vattenglas till vattnet för att fånga upp överskott av vissa metalljoner. Vidare ska all hantering av fisken ske utan hävning, fisken och flyttas med vakuumpumpar och sorteras automatiskt med särskilda apparater. Syrgashalt i vattnet etc. övervakas och korrigeras automatiskt. Systemet, som har utarbetats i Norge, gör det möjligt att odla mycket fisk per volym vatten jämfört med konventionell odling, dock utan att frekvensen fenskador ökar. Här går man således åt andra hållet jämfört med föregående åtgärd, högre tätheter och mer teknik än. I och för sig kan man tänka sig justera tätheterna även i denna typ av odling.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle ge färre fenskador och därmed en fisk bättre lämpad för utsättning. Ur djuretisk synpunkt är det bra om fisken kan odlas så att sjukdomar och det lidande som är relaterat till sjukdomarna kan minska i omfattning.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Det är oklart hur de ökade odlingstätheterna kommer att påverka fiskens möjligheter att överleva efter utsättning. Detta är något som måste undersökas innan man drar igång med stora ombyggnadsprojekt.

#### **Kostnader för ombyggnad:**

Det innebär att de flesta odlingar måste bygga om hela sin odling, nya tråg, fiskpumpar, mm. måste till.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 20000-30000 tkr

Underhåll av ovan nämnda byggnation: 20 tkr/år

El (värme, pumpar, mm): 100 tkr/år

Sjukdomskontroll (Fiskhälsans provtagning): 180 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år

#### **Kostnader för undersökningar/forskning**

Försöket bör löpa över tre år i odling och sedan blir det ytterligare tre år för att få in alla återfångster och att bearbeta resultaten. Totalt tar det således sex år i anspråk.

Odlingstråg 20 st: 5000 tkr

Personal (11 manmånader/år i tre år): 1320 tkr

Foder: 500 tkr

Kemikalier 250 tkr

Märkeskostnad 720 tkr

Statistik bearbetning 200 tkr.

### **3.3.4. Åtgärd: Hur födan ges – en eller flera foderautomater per tråg**

Stress är något som är relevant även för fisk. Det kan dessutom få helt andra konsekvenser för en fisk jämfört med däggdjur eftersom fiskar är kallblodiga djur. Det innebär att återhämtningstiden från en akut stress (t.ex. rengöring av tråg, förbipasserande människor eller hantering) beror på vattentemperaturen. Det kan ibland ta flera dagar efter en kraftig akut stress innan blodvärdena av stressrelaterade hormoner är tillbaka på en normal nivå. Samma sak gäller frustration, d.v.s. reaktion på utebliven förväntad händelse. På en del odlingar har man en s.k. foderrobot, en foderautomat som går på en linbana eller liknande och passerar alla tråg på odlingen. Vid varje tråg släpper den ut en viss mängd foder, hur mycket beror på fiskens storlek och antal i tråget. I och med att foderroboten måste passera alla tråg och trågen innehåller fisk av olika storlek kan det ibland bli så att en del tråg inte får mat när roboten passerar. Fisken har dock lärt sig att när den kommer vankas det mat, fisken kan dock inte lära sig att den endast ger mat t.ex. två gånger av tre. Om mat uteblir reagerar fisken genom att börja slåss, en naturlig reaktion, det gäller att slåss för att få något, och ju mindre det kommer desto mer måste man slåss. Detta känner de flesta odlare till och undviker därför att t ex en robot går t.o.m. För att undvika detta måste man ha en eller flera foderautomater per tråg. Denna åtgärd är i princip reglerad genom 3 kap i Djurskyddsmyndighetens (DFS 2006:8) föreskrifter om odlad fisk. Så det är förmodligen inget nytt för odlarna.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle ge lägre aggressivitet i trågen och därmed leda till färre fenskador och därmed en fisk bättre lämpad för utsättning. Som redan nämnts; ur djuretisk synpunkt är det bra om fisken kan odlas så att sjukdomar och det lidande som är relaterat till sjukdomarna kan minska i omfattning.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Inga.

#### **Kostnader för ombyggnad:**

Det innebär att de flesta odlingar måste bygga om hela sin ”foderlogistisk”. Nya automater, foderförvaringen kanske måste förändras och mer arbetskraft kommer att krävas för att fylla på automaterna.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 5000-10000 tkr

Datorsystem för styrning av foderautomaterna 500 tkr

Underhåll av datorsystemet 50 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år



### **3.3.5. Åtgärd: Hur födan ges – spridningen över trågets yta**

En av tvistefrågorna när det gäller fiskodling är huruvida odlingen ökar eller minskar aggressiviteten hos fisken, eller med andra ord om odlingsmiljön favoriserar aggressiva individer mer än vad som är fallet i naturen. Svaret är troligen att det beror på, och en de avgörande faktorerna är hur födan ges till fisken i trågen. Om födan ges på ett ställe kan platsen under foderautomaten mer eller mindre monopoliseras av en eller flera aggressiva individer, som således får så mycket mat de kan sätta i sig när maten väl kommer. Runt dessa slagskämpar utvecklas zoner där fiskarna slår sig till en position för att få så mycket mat som möjligt. Man får en tydlig rangordning beroende på slagsmålförmåga och det återspeglar sig sedan i en stor variation i tillväxt. Om födan istället ges så att den sprids över en så stor yta som möjligt (helst jämt över hela trågets yta) kommer aggressiva individer inte att ha samma fördel. De kan omöjligt försvara hela tråget. Att vara aggressiv i en sådan situation kan snarare vara kontraproduktivt, individen slåss istället för att äta. Givetvis kommer det att förkomma förekomma skärmytslingar över enskild foderpellet, men totalt sett kommer aggressiviteten att minska. Om man använder sig av flera foderautomater per tråg (åtgärd 4.3.4) får man en bättre spridning som en positiv bieffekt. Man kan erhålla god spridning med foderrobotar, men se ovan angående dessa. Att fodret bör spridas i bassängerna är allmänt känt. I nyare eller ombyggda anläggningar har hänsyn tagits till detta. Denna åtgärd är i princip reglerad genom 3 kap i Djurskyddsmyndighetens (DFS 2006:8) föreskrifter om odlad fisk. Så det är förmodligen inget nytt för odlarna.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle ge lägre aggressivitet i trågen och därmed leda till färre fenskador och därmed en fisk bättre lämpad för utsättning. Man kan tycka att aggressivitet skulle vara en önskvärd egenskap i naturen, men då måste man ha i åtanke att i odling är tätheterna högre än i naturen, om man då ska ha en situation där fisken måste slåss för födan kommer den i odlingen att möta en onormalt konfliktfylld miljö. Som redan nämnts; ur djuretisk synpunkt är det bra om fisken kan odlas så att sjukdomar och det lidande som är relaterat till sjukdomarna kan minska i omfattning.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Inga.

#### **Kostnader för ombyggnad.**

Det innebär att de flesta odlingar måste bygga om och eller modifiera sina foderautomater.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 1000-5000 tkr

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år

### 3.3.6. Åtgärd: Hur fodret ges till fisken i tiden

En sak som ofta inträffar när man odlat en fiskstam i flera generationer är att fisken man sätter ut ökar i storlek. En vild laxsmolt väger kanske 40-80 gr, medan en odlad smolt kan väga 150-200 gr. Om man ska försöka få en naturligare utsättningsfisk är detta ett problem som man måste tackla. En väg man kan gå att mer precist justera och anpassa hur fodret ges i tiden. Man kan dra ned på fodergivorna, särskilt under den kalla årstiden. Dock måste man se till att varje fisk i tråget får minst en pellets vid varje utfodringstillfälle, annars ökar aggressiviteten och därmed riken för fenskador.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle ge en mindre och därmed mer naturlig fisk.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Detta är ett tämligen outforskat område och man bör undersöka detta noga innan man rusar åstad och genomför förändringar. Man vet inte hur "svältperioder" påverkar aggressiviteten i trågen. Har undersökts av bl a LFI. Odlingarna avråddes starkt från att prova detta.

#### **Kostnader för ombyggnad:**

Inga.

#### **Ökad foderkostnad:**

Som vi bedömer det kommer det inte att bli små eller inga ökningarna av foderkostnaderna



**Figur 4.** "Laddning" av en liten foderautomat i en fiskodling<sup>167</sup>.

### **3.3.7. Åtgärd: Fodrets sammansättning**

Som nämnts ovan ökar utsättningsstorleken hos en fiskstam som odlats i flera generationer. En vild laxsmolt väger kanske 40-80 gr, medan en odlad smolt kan väga 150-200 gr. Detta kan inte enbart förklaras med ett bättre foder. En omvärldsfaktor som vi har svårare att hantera är att vi numera har väsentligt längre tillväxtsåsonger under den period som fisken odlas från kläckning till smoltstadiet (tvåårig). Temperaturnoteringar från Brattfors sedan slutet på 1950-talet indikerar vid en jämförelse med 2000-talet att under odlingsskedet var det i snitt 40 dygn fler med den vattentemperatur som krävs för tillväxt. Man brukar ange att lax i de åldersstadierna man vanligtvis hanterar i odling hanterar fördubblar sin vikt på 8 -10 veckor. 40 dygn motsvarar nära sju veckor. Det är en stor utmaning för kraftbranchen att i framtiden kunna hantera den omvärldsproblematiken. Det foder man ger till den kompensationsodlade fisken är samma som man ger till den kasseodlade fisken, d.v.s. ett foder som är framtaget för att maximera tillväxten. En väg är att ändra fodrets sammansättning. Fodrets fetthalt kan minskas, eller rättare sagt, proportionerna mellan kolhydrater, fett och protein kan ändras så att framförallt proteinet ökar och fettet minskar. Detta är dock något som redan är på gång, producenterna av kommersiellt fiskfoder erbjuder redan nu fiskfoder med lägre fetthalt.

#### **Biologiska fördelar:**

Om man fick till stånd en mindre (en som vuxit långsammare), skulle detta förmodligen ge en mindre och därmed mer naturlig fisk.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Man vet inte hur fisk uppfödd på annat foder överlever i förhållande till konventionellt uppfödd fisk. Det finns erfarenheter för 20-30 år sedan då denna typ av foder användes, men samtidigt måste man ta hänsyn till den ökade tillväxtsången. Det är förmodligen viktigare att fisken sätts ut när den är smolt. En 200 g 2-å smolt har antagligen redan varit smolt som 1-å och borde ha satts ut då.

#### **Kostnad för ombyggnad:**

Inga

#### **Kostnader för nytt foder:**

Ett foder med annan sammansättning blir dyrare än det foder man använder nu. Kompensationsodlingen är en liten aktör på fiskfodermarknaden, vilket kan innebära att man kan bli tvungen att betala mycket för dessa specialleveranser. Det är ytterst tveksamt om den mindre mängd foder som kommer att behövas uppväger den ökade kostanden. Dessutom bör man invänta resultaten av de foder som nu kommer ut på marknaden.

### **3.3.8. Åtgärd: Låta en del av fiskynglen växa upp i det vilda**

Denna åtgärd relaterar till åtgärd 3.2.3. Målet är det samma; att låta en del av fisken få en naturligare uppväxt och selekteras på ett sätt som mer liknar det som förekommer i en naturlig älv. För att det ska fungera måste det ske i ett område som är väl avgränsat och som relativt enkelt kan tömmas på fisk. En metod som det finns erfarenhet av är att odla nykläckt yngel i utomhusdammar. Ingen extra föda ges till fisken i dammarna, men dammarna sköts på ett sådant sätt att produktionen av lämplig föda för fiskynglen är den bästa möjliga. Beroende på hur dammarna är konstruerade finns det olika risker med att låta fisken övervintra i dem. I sådana fall måste fisken tas in på hösten och odlas vidare på vanligt sätt.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle ge en mer naturlig fisk. Fördelarna är att fisken lär sig att undvika rovdjur och att äta naturlig föda.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Att växa upp i dammar är i och för sig mer naturligt än att växa upp på en konventionell fiskodling. Men det återspeglar inte en helt naturlig uppväxtmiljö. Om man föder upp fisken till ensamrig fisk (ca 6 månader gammal) och tar in fisken på odling måste de tillvänjas till torrfoder. Detta är ofta lite kinkigt, bl.a. kan man behöva börja mata den med mald lever tiden efter de kommit in på odling, för att sedan långsamt tillvänja dem vid torrfoder. Den dammodlade fisken som kommer in på odling har ofta en liten förhöjd dödlighet den första tiden jämfört med konventionellt odlad fisk. Som redan nämnts har denna metod använts för ca 50 år sedan eller mer, och var länge en förhärskade metod. Denna teknik övergavs av flera anledningar. Inte minst ökar risken för sjukdomar och möjligheten att behandla dessa minskar.

#### **Kostnad för dammbyggnad etc.**

Engångskostnad för byggnad: 5000-20000 tkr

Underhåll av ovan nämnda byggnation: 200 tkr/år

Personal (4 manmånader): 320 tkr/år

Vatten till dammarna *Ej beräknat än*

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år

Utfiskning och transport av fisk. 10 tkr/år

### 3.3.9. Åtgärd: Konditionering

Eftersom en del av fiskens beteendereportar inte är genetiskt betingad utan beror på uppväxten (inlärning) finns det en teoretisk möjlighet att ”justera” beteendet hos den odlade fisken innan den sätts ut. De typer av konditionering som är tänkbara är predator-konditionering (man försöker lära fisken att reagera mer anpassat för rovdjur och miljöberikning (man försöker göra om trägen så att miljön i dem mer liknar den naturliga miljön). Båda dessa del-åtgärder är tänkta att förbereda fisken för ett liv i det vilda.

#### **Biologiska fördelar:**

Detta skulle kunna ge en mer naturlig fisk. Fördelarna är att fisken lär sig att undvika rovdjur och att röra sig i en naturlig miljö.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Hur man än försöker att efterlikna naturliga omgivningsfaktorer på odling så blir det aldrig som i naturen. Som mest anges i litteraturen en ökning av överlevnaden på 5-6 %, men många studier visar på inga eller mycket små positiva effekter. Dessutom, bara det faktum att man kan visa att fisken lärt sig något på labb behöver inte betyda att den har nytta av det i naturen.

#### **Kostnad för konditionering.**

Engångskostnad för material: 50-200 tkr

Underhåll burar etc.: 50 tkr/år

Personal (4 manmånader): 320 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år



**Figur 5.** En gädda med en lax i munnen. Mums!

## 3.4. Utsättningsmetoder

### 3.4.1. Åtgärd: Tidpunkten för utsättning - dammar

Majoriteten av lax- och öring-smolt vandrar ut på natten, förmodligen för att undvika rovdjur, främst fiskätande fågel som kan lockas av de stora mängderna fisk som vandrar nedströms. Det naturliga är således att sätta ut fisken på tidpunkter som passar fisken bäst, d.v.s. sen kväll, helst efter solens nedgång. Det finns två sätt att göra detta, ett av dem är att anlägga särskilda utsättningsdammar. I god tid innan smoltutvandringen börjar sätts fisken i utomhusdammar där de har möjlighet att lämna när de själva vill. Anledningen till att det bör ske i god tid innan smoltifieringen är två; dels att smoltifierad fisk är känsligare för hantering och dels för att förflyttningen i sig är stressande. Smoltutvandringen är ett av de "eldprov" en lax eller öring måste genomgå i sitt liv och det är onödigt att lägga till en extra stressfaktor under denna känsliga period av fiskens liv. Fisken måste utfodras i dammarna och dammarna måste skyddas mot rovdjur. Detta är inte något nytt utan sker eller har testats på många platser. En annan metod kan vara att låta en del av utsättningsmaterialet gå i en utvandringsbassäng som indikatorer på när det är dags att sätta ut resten av materialet. Detta avser man att testa vid odlingen i Laholm.

#### **Biologiska fördelar:**

Utomhusdammar bör vara optimala ur fiskens synvinkel, den kan vandra ut när den vill, både när den är fysiologisk mogen för det och på en tid på dygnet som är bäst.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Å ena sidan blir fisken i dammarna svårare att övervaka, det kan bli svårt, kanske omöjligt att i god tid se och förhindra sjukdomsutbrott. Å andra sidan kommer den tid fisken tillbringar i dessa utsättningsdammar att vara så pass kort att risken för sjukdomsutbrott är små.

#### **Kostnader för anläggning av dammar:**

Engångskostnad för anläggning 10000-20000 tkr

Underhåll av dammarna 100 tkr/år

Predatorskydd (stängsel etc.): 100 tkr

Personal (1 manmånader): 40 tkr/år

Säkerhet (inbrott, larm, vattentillförsel, syrgas): 120 tkr/år



**Figur 6.** Utsättningsdammarna (Neptundammarna) vid Fiskeriverkets Fiskeriförsöksstation i Älvkarleby



### **3.4.2. Åtgärd: Tidpunkten för utsättning – utsättning på natten**

Som nämndes ovan visar alla de undersökningar som gjorts att den övervägande majoriteten av lax- och öringsmolt vandrar ut på natten. (I en del älvar vandrar de ut på dagen; man måste anpassa sig till de lokala förhållandena). Ett sätt att åstadkomma detta är att vänta tills solen har gått ned och sätta ut fisken då. Antingen genom att ”skölja” ut dem från trägen eller genom att transportera dem i särskilda tankar till en lämplig utsättningsplats. Detta görs redan i många fall. Är dessutom enkelt att tillämpa också på platser där det inte sker idag.

#### **Biologiska fördelar:**

Fisken kommer ut på rätt tid på dygnet. Eventuella sjukdomar kan lättare upptäckas och behandlas.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Transporter är stressande för fisken och en stressad fisk har initialt sämre möjligheter att överleva efter utsättning än en fisk med mer normala stressnivåer. I de flesta fall sker dock utsättningarna direkt från odlingen. Som redan nämnts är smoltifierad fisk är känslig för hantering. En annan viktig faktor är att all fisk i ett tråg inte smoltifierar samtidigt, vilket innebär att när man sätter ut dem är det för tidigt för en del, rätt tid för andra och för sent för vissa.

#### **Kostnader för utsättning:**

Transport 100-200 tkr

Personal (2 manmånader inkl. övertid): 100 tkr/år

### **3.4.3. Åtgärd: Tidpunkten för utsättning – tid på året**

Smoltutvandringen är en tid då fisken lämnar hemälven för att vandra ut i havet. Fiskodlingen som bedrivs för att kompensera det bortfall som orsakas av ett vattenkraftverk ska odla fisken under sötvattensperioden, havsmiljön är förhoppningsvis lik sig från förr. Om man sätter ut fisken för tidigt stannar den i vattendraget och får svårt att hitta föda, vilket kommer att ge en hög dödlighet hos den utsatta fisken. Om man sätter ut fisken senare, efter smoltutvandringstiden får man liknande problem, plus en ökad dödlighet på odlingen hos laxen. Detta är självklarheter inom dagens kompodlingar. I den mån det inte förekommer är det bara att sätta igång. Det finns en utsättningsmetod som kallas ”fördröjd utsättning” som innebär att den smoltifierade fisken hålls kassar ute till havs en eller två månader efter smoltutvandringsperioden. Fisken matas under denna tid och släpps sedan ut. Detta ger ökad överlevnad och bra fiske, men sämre återvandring till hemälven. En tumregel när det gäller utsättning av laxfiskar säger att felvandringen ökar om man sätter ut fisken på fler ställe och fel tidpunkt på året.

#### **Biologiska fördelar:**

Fisken kommer ut när den är redo för den, och kan präglas på hemälven. Felvandringar minskar, återfångsterna i hemälven blir högre.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Inga.

#### **Kostnader för utsättning:**

Inga

### 3.4.4. Åtgärd: Val av utsättningsplats

Målet med utsättningar när det gäller kompensationsodlingar bör vara att få tillbaka så mycket fisk som möjligt till älven. Detta för att få tillbaka tillräckligt med avelsfisk till nästa generation. Undersökningar har visat om man sätter ut fisken utanför älvmynningen kan man få högre återfångster totalt, men andelen som hittar till hemälven blir lägre. Omvänt, om man sätter ut fisken i älven får man högre andel tillbaka till älven men lägre återfångster totalt sett. Ur rent ekologisk synvinkel är utsättning i älven att föredraga. Dagens utsättningsplatser har som regel provats ut under lång tid med beaktande av ovanstående och i samråd med tillsynsmyndigheterna.

#### **Biologiska fördelar:**

Man får tillbaka fler fiskar, vilket ger en bättre bas för fortsatt odling. Dessutom finns det en tumregel när det gäller utsättning av laxfiskar som säger att felvandringen ökar om man sätter ut fisken på fler ställe och fel tidpunkt på året. Genom att sätta ut fisken när det är smoltutvandringstid och i älven, minskar man den andel som vandrar upp i närliggande vattendrag.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Inga.

#### **Kostnader för utsättning:**

Inga utöver de som redan finns.

#### **Kostnader för undersökning (märkningsförsök):**

Carlin-märkning av i tre år: 400 tkr

Statistisk bearbetning: 50 tkr



**Figur 7.** Fiskutsättning i Stockholm ström<sup>166</sup>.

## 3.5 Fiskpassager

### 3.5.1. Åtgärd: Underlätta för uppvandrande fisk

Denna åtgärd har samma syfte som åtgärd 3.1.3. Om man vill ha en viss produktion av vildfödd fisk är ett sätt att låta en del av den fisk som återvänder till älven vandra (eller transporteras) uppströms kraftverksdammarna. Detta kan inte ersätta kompensationsodlingen, men kan förse odlingen med vildfödda fisk. Denna åtgärd kräver att man har ett bra sätt att antingen leda fisken till en laxtrappa eller liknande. Om vattendraget har flera kraftverk (vilket älvarna brukar ha) och de bästa lekområdena finns uppströms ett visst antal kraftverk innebär det att man måste bygga en förbipassage vid varje kraftverk.

#### **Biologiska fördelar:**

I och med att fisk som helt har levt sitt liv i det vilda kommer in i odlingen kommer en del av odlingens negativa effekter att motverkas. Detta skulle ge en större genetisk bas för den odlade populationen. Vilket i sin tur skulle innebära att beståndets naturliga genetiska profil skulle bevaras bättre.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel:**

Man ska ha klart för sig att denna åtgärd inte förhindrar utan endast bromsar den drift bort från det naturliga som odlingen innebär. Men effekten kan i bästa fall bli bättre än för åtgärd 4.1.3. eftersom ett större område kan tas i bruk. De förordningar och föreskrifter som gäller idag omöjliggör att denna åtgärd genomförs, man är bl.a. orolig för att smittsamma sjukdomar ska föras uppströms. Om fisk ska flyttas eller släppas uppströms första vandringshindret i havsmynnande vattendrag måste en konsekvensutredning göras och den nuvarande lagstiftningen ses över. Bland annat måste man väga riskerna mot de långsiktiga genetiska fördelarna för de berörda bestånden. Att låta fisk vandra förbi det nedersta vandringshindret begränsas starkt av fiskhälsoskäl. Mycket av de ansträngningarna och kostnaderna för tilläggsgarantier riskeras om det skulle bli verklighet. Dessutom finns ju redan idag möjligheten att begära omprövning av gällande villkor enligt miljöbalkens bestämmelser. En självklar förutsättning är att lekområden förekommer i tillräcklig omfattning ovanför vandringshindren. Så är dock inte alltid fallet.

#### **Kostnader för fiskmärkning och för att bygga förbipassager:**

Lekområdena uppströms måste kontrolleras med jämna mellanrum för att man ska veta att de verkligen producerar fisk. Observera att förbipassagen kan ordnas med infångning och transport. Detta minskar kostnaderna för byggnation, men ökar kostnaderna för underhåll (transport) och personal. Tillkommer också kostnader för vattenspill, dock svårt att beräkna.

Engångskostnad för om- eller nybyggnad: 5000-40000 tkr (*Baserat på de analyser, som gjorts vid Stornorrfors kraftstation i Umeälven, kan de slutliga kostnaderna bli ca tio gånger högre*).

Underhåll av förbipassage: 20 tkr/år

Underhåll i form av transporter 200 tkr/år

Personal för skötsel av förbipassage (1 manmånader): 40 tkr/år

Personal för infångande och transport (1 manmånader): 40 tkr/år

Övervakning/kontroll (elfiske) 20 tkr/år

Kostnad för fettfeneklippning (1 kr/st) totalt ca 250 tkr/år

### **3.5.2. Åtgärd: Underlätta för utvandrande fisk – nya typer av turbiner**

Om man har fått fisk att leka uppströms ett kraftverk (som i åtgärd 3.4.1) måste avkomman kunna vandra ut till havet på ett säkert sätt för att åtgärden ska vara effektiv och att de kostnader som den för med sig inte skall vara spenderade förgäves. Därför skulle man kunna se åtgärderna 3.4.1 och 3.4.2 som en åtgärd. Turbiner, vattentryck och utskovet bidrar alla till att fisk som passerar riskerar att skadas så pass att de avlider. Hur stor skada som orsakas fisken beror bl.a. på typer av turbiner som finns i kraftverket, i allmänhet ger francisturbiner högre fiskdödlighet än kaplanturbiner (men andar faktorer spelar också in, t.ex. storleken på turbinerna och rotationshastigheten). Ett visst utvecklingsarbete har skett för att få fram en turbin som är skonsammare mot fisk. Dock återstår en hel del utvecklingsarbete innan nya turbiner kan tas i bruk. Kostnaderna för att byta ut turbiner är stora och kan förmodligen endast ske när ombyggnad av ett kraftverk är framtingat av andra faktorer. Vid eventuell nybyggnation bör dock nya typer av turbiner beaktas. En variant som är väl värd att beakta är att byta ut francisturbiner mot kaplanturbiner, när turbinbyte ändå ska ske. Då byter man till en turbintyp som ger något bättre fiskeöverlevnad vid passage och som är beprövad för kraftproduktion.

#### **Biologiska fördelar**

En ”fiskvänligare” turbin skulle om den gav en markant ökning i överlevnad ge ett stort utbyte av vildfödd fisk till nästa generation avelsfisk. Detta skulle bidra till att bättre upprätthålla den kompensationsodlade fiskens naturliga egenskaper. Om fisken ska passera 5 kraftverk på färden från uppväxtområdena till havet och överlevnaden ökar från 70 % till 90 % vid varje kraftverk kommer andel som når havet att stiga från 17 % till 59 %.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel**

Det är tveksamt om de utlovade höga överlevnadssiffrorna verkligen håller i långa loppet. Studier från bl.a. USA visar att överlevnaden vid turbinpassage varierar mellan år, beroende på skillnader i vattentemperatur och vattenföring. Denna åtgärd innebär också att åtminstone en av kategorierna fisk måste märkas, närmast till hands är att märka den odlade fisken. Detta görs redan idag (eller ska göras); all odlad laxfisk som sätts ut i Östersjön ska fettfeneklippas. De förordningar och föreskrifter som finns idag omöjliggör att denna åtgärd genomförs, man är bl.a. orolig för att smittsamma sjukdomar ska föras uppströms. Om fisk ska flyttas eller släppas uppströms första vandringshindret i havsmynnande vattendrag måste en konsekvensutredning göras och den nuvarande lagstiftningen ses över. Bland annat måste man väga riskerna mot de långsiktiga genetiska fördelarna för de berörda bestånden.

#### **Kostnader för byte av turbiner**

Utbyte av turbiner: *Enligt Vattenfall Utveckling kostar det ca 50 miljoner kronor att byta EN turbin. De tre stor vattenkraftbolagen (Vattenfall, E-on och Fortum) har tillsammans mer än 550 aggregat; att byta ut alla skulle således kosta mer än 30 miljarder kronor.*

#### **Kostnader för undersökning/forskning**

Personal: 1320 tkr

Laboratorieförsök: 2000 tkr

Fältförsök: 3000 tkr

Statistisk bearbetning: 50 tkr

### **3.5.3. Åtgärd: Underlätta för utvandrande fisk – leda fisken till säker passage**

Precis som i ovanstående fall (åtgärd 3.4.2) måste avkomman till fisk som fått leka uppströms ett kraftverk (som i åtgärd 3.4.1) kunna vandra ut till havet på ett säkert sätt för att åtgärden ska vara effektiv och att de kostnader som den för med sig inte skall vara spenderade förgäves. Därför skulle man kunna se åtgärderna 3.4.1 och 3.4.3 som en åtgärd. Det finns olika sätt att leda fisken till en säker förbipassage, ”louver”-system, olika typer av galler. Det finns även en del s.k. beteendebaserade hinder som är tänkta att leda fisk rätt, d.v.s. en säker förbipassage. Det beteendebaserade anordningarna består av ljud, ljus, bubblor i vattnet och liknande. De fungerar dock dåligt vid höga snabba flöden. De mekaniska hindren är att fördraga i det långa loppet. Det finns dock en rad praktiska svårigheter som gör att dessa möjligheter är begränsade.

#### **Biologiska fördelar**

Detta är en åtgärd som visat sig ha bra effekt för att avleda utvandrande fisk. En effektiv förbipassage för nedströmsvandrande fisk (främst smolt, men även ål) skulle om den gav en markant ökning i överlevnad ge ett stort utbyte av vildfödd fisk till nästa generation avelsfisk. Detta skulle bidra till att bättre upprätthålla den kompensationsodlade fiskens naturliga egenskaper.

#### **Invändningar ur biologisk synvinkel**

Denna åtgärd innebär också att åtminstone en av kategorierna fisk måste märkas, närmast till hands är att märka den odlade fisken. Detta görs redan idag (eller ska göras); all odlad laxfisk som sätts ut i Östersjön ska fettfeneklippas. De förordningar och föreskrifter som finns idag omöjliggör att denna åtgärd genomförs, man är bl.a. orolig för att smittsamma sjukdomar ska föras uppströms. Om fisk ska flyttas eller släppas uppströms första vandringshindret i havsmynnande vattendrag måste en konsekvensutredning göras och den nuvarande lagstiftningen ses över. Bland annat måste man väga riskerna mot de långsiktiga genetiska fördelarna för de berörda bestånden.

#### **Kostnader för mekaniska galler eller liknande**

Om en älv har flera kraftverk (vilket de brukar ha) måste varje kraftverk ha en egen förbipassage, vilket ökar kostnaderna, i exemplen nedan tänker vi oss 5 kraftverk per älv. De flesta galler måste monteras ned på vintern, vilket ger höga kostnader för arbete. Fallförluster uppstår pga. grindarna och när skräp ansamlas. Spillkostnader när vatten leds förbi turbinerna.

Kostnader för galler: 10000-50000 tkr (*Baserat på de analyser, som gjorts vid Stornorrfors kraftstation i Umeälven, kan de slutliga kostnaderna bli tio gånger högre*).

Årlig ned- och uppmontering: 220 tkr/år

Drift (rengöring, etc.): 200 tkr/år

#### **Kostnader för undersökning/forskning**

De galler som behöver sättas upp finns i olika varianter och måste ”skräddarsys” för varje enskilt kraftverk. Vilken typ av galler som bör användas kan också variera. Allt detta gör att undersökningar, modellering och beräkningar måste göras innan man tar ett galler i bruk.

Personal (22 manmånader/år i tre år): 2640 tkr

Fältnätningar 500 tkr

Statistik bearbetning 200 tkr.

## 4. Diskussion och prioriteringar

I detta avsnitt försöker vi föra samma de olika åtgärderna i ”scenarion” eller ”paketlösningar”. Man kan också se det hela som olika steg, det som i dagens läge har högst prioritet är det som man bör göra först. De aktiviteter som kommer sedan i 4.2. är också mycket viktiga, men det är inte optimalt att vidtaga dessa åtgärder om inte man först beaktat de åtgärder som finns under 4.1. Åtgärderna är generella, dvs. vi har försökt se till vad som kan göras i det stora hela, men sedan kan de olika anläggningarna ha olika förutsättningar att genomföra olika åtgärder. Som exempel: att föra in mer vildfödd fisk i den odlade populationen kan göras på två sätt, dels genom att anlägga eller iordningställa lekområden för fisken nedströms kraftverket, dels genom att transportera/släppa upp lekfisk ovanför kraftverket. Det senare alternativet kräver förmodligen dispens eller rent av en ändring av de nu gällande förordningarna och föreskrifterna eftersom det i dagens läge inte är tillåtet att göra detta i havsmynnande vattendrag. Det förra alternativet medför inte dylika problem. Vidare, om förbipassage ska byggas för upp- eller nedströmsvandrande fisk kan olika typer av tekniska lösningar passa olika bra beroende på älvens vattenföring, fallhöjd, avstånd till havet etc. Varje anläggning måste således göra sin egen bedömning för att uppnå resultat. Det vore bra om en sådan diskussion kunde föras mellan de olika parterna som berörs; fiskvårdsområden, kraftindustrin, Fiskeriverket, länsstyrelserna, naturvårdsintressen, kulturvårdsintressen, m.fl.

Det ska också påpekas att de kostnader som anges i avsnitt 3 och som också återfinns i avsnitt 2, Tabell 1 är för varje åtgärd som om den vore den enda som genomfördes. Givetvis finns här ”samordningsvinster” att göra. Om man t.ex. bygger om anläggningen för att den ska kunna härbärgera fisk från hela uppvandringssäsongen (åtgärd 3.2.1) så kan denna anläggning också användas för åtgärd 3.2.2. (Antalet avelsfiskar enligt 50-500-regeln). Vidare kan en del problem förmodligen inte lösas utan att man vidtager flera olika åtgärder samtidigt. Ett exempel är fenskador som bäst löses genom att dels justera matningen (t.ex. åtgärd 3.3.4; en eller flera foderautomater per tråg) och dels genom att minska odlingstätheterna (åtgärd 3.3.2) och/eller optimera fys-kemiska parametrar (åtgärd 3.3.3). Som redan sagts är det nödvändigt att varje odling gör sina egna överväganden och räknar igenom vad kostnaderna blir i slutändan.

### 4.1. Steg 1 – högsta prioritet

Det mest överhängande hotet inför framtiden är att den genetiska basen för de kompensationsodlade populationerna minskar, därför bör man först tillse att den genetiska basen inte minskar utan minst hålls på en stabil nivå. Om man inte gör detta riskerar de andra åtgärderna på sikt att bli ett slag i luften. Om man använder alltför få föräldrapar i varje generation kan det mycket väl fungera hyfsat eller bra i flera decennier, men populationernas förmåga att möta framtida förändringar försämras och om 20-30 generationer kan man få drastiska minskningar i återfångster eller det kan rent utav hända att vissa bestånd dör ut. Den genetiska basen kan ökas på flera olika sätt, men här vill vi föra fram två stycken åtgärder: (1) följa 50-500-regeln (åtgärd 3.2.2.) och (2) öka andelen vildfödda fiskar avelsmaterialet (åtgärd 3.2.3). Ett tredje sätt att öka den kompensationsodlade populationens genetiska bas är att välja fisk från hela uppvandringssäsongen. Denna åtgärd (åtgärd 3.2.1) kommer med bakvägen i en del fall, i och med att man utökar antalet föräldrafiskar per generation (man blir tvungen att ta fisk från ett större tidsintervall för att få ihop tillräckligt). En nackdel är att fisken måste förvaras länge, vilket ställer krav på en noggrann hälsokontroll av avelsfisken. Det kan finnas invändningar ur djuretisk synvinkel på att hålla avelsfisk så länge som kan bli

fallet (kanske upp till fem månader för de tidigaste uppvandrande individerna i en del fall). Detta ställer krav på att man väljer ut den fisk som inte är skadad.

För att få fisken att bete sig mer naturligt är det viktigt att möta deras nedärvda instinkter, särskilt under den känsliga smoltutvandringsfasen. Både laxsmolt och öringsmolt är inställda på att vandra ut vid en viss tid på året vilket ska beaktas (åtgärd 3.4.3). Så kallad fördröjd utsättning kan öka andelen återfångade individer och ge ett bättre fiske, men ger samtidigt ökad felvandringen hos bestånden, vilket kan påverka den genetiska strukturen hos de olika bestånden. Beståndens naturliga egenskaper kan därför hotas av en sådan utsättningsstrategi. Likaså kan felvandringen öka om man sätter ut fisken på fel ställe, således bör man tillse att fisken sätts ut där både utvandringen och sedermera återvandringen samtidigt optimeras (åtgärd 3.4.4.). Om det krävs bör de bästa utsättningsplatserna identifieras genom märkningsförsök. Tidpunkten på året bör man klara av genom att odlingspersonalen iakttar fiskens beteende i odlingstrågen.

## 4.2. Steg 2 – näst högsta prioritet

Den fisk som sätts ut bör givetvis vara så nära den vilt uppvuxna fisken som möjligt vad gäller utseende och beteende. Samtidigt ska man inte låta sig luras av åtgärdsförslag som låter bra, men som vid närmare undersökning inte visar sig hålla måttet. Det kan låta bra att minska odlingstätheten eftersom tätheten i naturen är betydligt mindre än i odlingen. Men samtidigt kan man aldrig komma ned till de vilda tätheterna, det skulle ju princip innebära att man hade en älv i fullskala inomhus. Om man ska minska tätheterna ska det ha effekt på fisken (åtgärd 3.3.2), en sak som bör beaktas är fenskadorna. En fisk med hela fenor är betydligt mer lik en fisk uppvuxen i det vilda. Men om samma effekt kan uppnås med en annan metod (åtgärd 3.3.3) och märkningsförsök visar att det fungerar lika bra bör man givetvis använda den metod som ur ekonomiska, utrymmesmässiga och personella synpunkter är den bästa. Många fiskodlare anser att denna åtgärd knappast är praktiskt genomförbar eller ens önskvärd. Visst bör man undvika så mycket som möjligt av manuell hantering av fisken (kravet på fenklippning drar tyvärr åt motsatt håll) men att kontinuerligt behandla allt vatten motsätter man sig. Man anser att det vore dessutom ytterligare ett steg från vad som kan sägas vara en naturlig miljö för fisken.

En annan odlingsteknisk åtgärd är att ge föda till fisken på ett bra sätt, att försöka sprida föda över en så stor yta som möjligt (åtgärd 3.3.5). Detta ökar sannolikheten att alla fiskarna i tråget får mat vid varje utfodringsstillfälle, man optimerar tillväxten och minskar storleksskillnaderna mellan individerna i ett odlingstråg. Samtidigt dämpar man de onormalt höga aggressionsnivåerna som annars lätt kan bli följd. På de flesta odlingar idag har man utfodringsrobotar eller foderautomater som sprider födan tämligen bra. Man borde dock se över läget och göra eventuella förbättringar. Likaså är det viktigt att utfodringen i odlingen på bästa möjliga sätt följer hur fisken äter i naturen (åtgärd 3.3.6). Även här är det viktigt att detta görs på ett sådant sätt att aggressivitetnivån i trågen inte blir alltför höga, vilket kan leda till fenskador och stress.

Både lax- och öringsmolt vandrar huvudsakligen ut på natten, undersökningar vi gjort i vid Fiskeriförsöksstationen i Älvkarleby har visat att natten är tiden mellan 21.00 och 03.00 (ungefär), med en topp mellan 23.00 och 01.00. Anledningen till att fisken gör på detta viset är att predationsrisken är mindre på natten än på dagen. Eftersom detta är det naturliga för fisken bör också utsättningen av utvandringsfärdig fisk göras under denna tidsperiod (åtgärd

4.4.2). Att denna åtgärd inte får högsta prioritet beror på att det spelar någon större roll om fisken sätts ut på natten, om den inte samtidigt sätts ut på rätt plats och rätt tid på året. Som nämdes i 4.1. är det viktigt att öka andelen vildfödda fiskar i de kompensationsodlade populationerna. Ett annat sätt att göra detta är att låta lekfisk vandra uppström kraftverken (åtgärd 3.5.1). Fördelen med detta framför att anlägga ett lekområde nedströms kraftverket är att man kan få betydligt fler vildfödda fiskar. Men det finns tre nackdelar: (1) I dagens läge är detta inte enligt de föreskrifter som finns (se ovan), vilket innebär att dagens förordningar och föreskrifter måste ändras, vattendomar omförhandlas, mm. (2) Man måste samtidigt underlätta för den utvandrande fisken (åtgärd 3.5.2 eller 3.5.3). (3) Oavsett metod inom dessa åtgärder blir kostnaderna, både investeringar och drift, höga. Det finns dock en viss övertro på att nya turbiner skulle vara en framkomlig väg. Praktiska och ekonomiska skäl gör den i vart fall knappast realistisk. När det gäller radikala åtgärder, som att t.ex. konstruera anordningar för att möjliggöra att fisk kommer förbi vandringshinder, så måste man värdera vad detta innebär för rekryteringen. I de flesta utbyggda norrländska älvar är det sannolikt inte möjligt att åstadkomma en naturlig reproduktion av vandringsfisk eftersom de forna lekområdena inte längre duger för ändamålet. Därför måste man fastställa att man måste utvärdera och prioritera de vandringsfiskbestånd som över huvud kan bli föremål för åtgärder. Det tål att upprepas att det ännu inte finns effektiva metoder att överallt leda vandringsfisk uppströms. Det stora flödet nedanför turbinutloppet attraherar vandrande fisk, som utredningen mycket riktigt påpekar, men metoder för att locka fisken i annan riktning saknas ännu. Dessutom får man räkna med att fysiska anordningar som utnyttjar utloppsvattnet kan komma att påverka fallhöjden. Vi föreslår samråd med kraftindustrin efter att behovet av åtgärder för enskilda vandringsfiskbestånd har identifierats

### **4.3. Medelprioriterade åtgärder**

Åtgärderna i den här kategorin skulle också ha betydelse för fiskbeståndens möjligheter att bibehålla sina naturliga egenskaper. Det finns dock i de två högre rankade kategorierna alternativ till en del av dem, och dessa åtgärder anses på längre sikt vara mer effektiva. Återigen är detta en avvägning som man måste göra vid varje odling. Om man finner det möjligt, eller rent av bättre att anlägga dammar (åtgärd 3.4.1) som fisken sätts ut i innan smoltifieringsprocessen startar än att behålla fisken i trägen inomhus, så är detta ett fullgott alternativ. Nackdelen med utsättning i dammar är att man inte har samma överblick när det gäller sjukdomar, men samtidigt kommer fisken att vara så pass kort tid i dammarna att risken för sjukdomsutbrott är små. Eftersom dammarna anläggs utomhus kan dammarna fulla med fisk även locka till sig rovdjur, vilket kan medföra extra kostnader för stängsel, skydds jakt, m.m. Fördelarna är att fisken kan vandra ut när den vill, dvs. när den är fysiologiska färdig för detta, vilket förmodligen medför större överlevnad och ökad återvandring. Det är dock oklart om ekvationen går ihop; om högre dödlighet i dammar balanseras av den ökade återvandringen. En variant är att man sätter ut fisken i kassar i älven, där fisken skyddas från rovdjur. Efter ett par dagar har fisken lugnat ned sig efter transporten och man kan öppna kassen genom att släppa en sida och låta fisken simmat. Sådan ”avstressningskassar” kan utvärderas genom märkningsförsök.

Ytterligare ett sätt att öka den genetiska variationen i den odelade populationen är att maximera den effektiva populationsstorleken (åtgärd 3.3.1). Detta gör man genom att låta den minsta honan (som oftast har minst antal romkorn) att bestämma hur många romkorn varje hona får gå in i systemet med. Man kan givetvis också i förväg bestämma hur många romkorn som varje hona ska få bidra med. Om man vet hur många romkorn man behöver total och



bestämt sig för att följa 50-500-regeln kan man räkna ut hur många romkorn man behöver ta från varje hona. Nackdelen med denna åtgärd är att man får en massa romkorn över som man måste kassera om man inte kan använda dem på annat sätt. Ett sätt skulle kunna vara att kläcka överskottet och föda upp dem i dammar (åtgärd 3.3.8).

Tillväxten i odlingarna är högre än i naturen. I matfiskodlingar är detta en förutsättning för att verksamheten ska vara lönsam, men i kompensationsodling är det inte välkommet, eftersom fisken då blir mindre lik den fisk som det ska kompenseras för. Det är då lätt att säga att man ska ge fisken mindre mat, men det är inte så enkelt. Om man bibehåller de tätheter som man har i dagens odlingar (även om man halverar dem) innebär minskade födogivor att konkurrensen om maten när den kommer ökar. Ökad aggressivitet kan ge fler skador och ökad stress hos fisken, vilket är negativt ur djurskyddssynpunkt. Man bör ändå försöka sträva efter att anpassa utfodringen i odlingen efter den naturliga fluktuationen (åtgärd 3.3.7).

Det har pågått en del forskning på att ta fram turbiner som ska vara mer ”fiskvänliga”, d.v.s. som inte ska orsaka lika stor dödlighet hos fisken som passerar genom kraftverket (åtgärd 3.5.2). Det är i och för sig en bra tanke att byta ut turbinerna, men man måste ha i åtanke att fiskdödligheten inte bara beror på typer av turbiner, utan även på fallhöjden och hur området utanför slukröret ser ut. Om den största dödlighet beror på dessa två faktorer kommer endast marginella effekter att uppnås med nya turbiner. I vissa fall, där man har svårt att anlägga förbipassager och där man av tekniska skäl måste byta ut turbinerna, kan detta vara en framkomlig väg. Kostnaderna blir dock stora och det återstår en hel del utredning och forskning innan de nya turbinerna kan tas i bruk. Det som gör att denna åtgärd ändå prioriteras som medel och inte lägre är att när man ändå ska uppgradera ett kraftverk (om man går in på kraftbolagens hemsidor finns där ofta information om planerade uppgraderingar) och denna uppgradering innebär byte av turbiner, borde man byta från francis- till kaplanturbiner. Man slipper då bli ett ”experimentkraftverk”, man byter till en turbintyp som är beprövad i kraftproduktion och som ger bättre fisköverlevnad vid turbinpassage.

#### **4.4. Näst lägsta prioritet, åtgärder med viss betydelse**

Åtgärderna i denna kategori har förmodligen viss betydelse för att den kompensationsodlade fisken ska kunna bibehålla sina naturliga egenskaper, men åtgärderna ligger dels långt fram i tiden eller har andra begränsningar.

Ett sätt att minska stressen och därmed aggressiviteten i odlingstrågen skulle vara att ersätta foderrobotar som går på en linbana eller liknande och förser flera tråg med foder med en eller flera foderautomater per tråg (åtgärd 3.3.4.). Problemet kan dock kanske lösas på annat sätt, t.ex. att se över trågen placering, anordna alternativa vägar för foderroboten (växlar). Om det inte går bör man överväga att ersätta foderrobotarna med foderautomater. Det har ju på senare tid förförts i media att laxen som sätts ut är för tjock för att kunna klara sig bra. Det första man tänker på då är att fetthalten i födan ska minskas (åtgärd 3.3.7). Detta är som sagt redan på gång och man bör invänta återfångstresultaten i framtiden innan man går djupare in på denna fråga. En del har även föreslagit att man ska blanda in osmältbara ingredienser i fodret (”fibrer”), men det faller på att avfallet från odlingarna ökar och att det är onödigt att transportera något som fisken bara ska bajsas ut.

Ett sätt att få mer naturlig fisk in på odling är att låta en del fisk växa upp i kontrollerade miljöer utomhus, t.ex. olika typer av dammar (åtgärd 3.3.8.). Fisken som växer upp på detta

sätt får en mer naturlig uppväxt, den lär sig hitta naturlig föda, undvika rovdjur och antar en mer naturlig dygnsrytm. Ett problem med odling i dammar är att de täcks av is under vinter, vilket leder till låga syrahalter, vilket kan medföra att fisken dör. Laxfiskar är i allmänhet mycket känsliga för låga syrenivåer. Är dammarna grunda kan de rent av bottenfrysa. I båda fallen måste man ta in fisken för vintern. Fisken som kommer in i en trågodling måste anpassas till kommersiellt foder, vilket tar en viss tid. Dammodlad fisk som kommer in har ofta en förhöjd dödlighet, jämfört med fisk som gått hela tiden i odling. Ett annat problem är att dammarna måste skötas, ibland ligga i träda för att de inte ska utarmas. Förutsättningen för lyckad dammodling är ju att avkastningen per ytenhet är större än i fiskens naturliga miljö. Detta medför högre tätheter, vilket i sin tur kan påverka fisken, dock inte i samma grad som i trågodling. Anläggning av en damm är dock kostsam, men har man redan en outnyttjad damm i närheten eller rent av en avsnörd del av älven som inte brukas bör man överväga att nyttja denna. Det man måste undersöka är boniteten i området; kan det ge en tillräcklig avkastning? En annan variant är att plantera ut de befruktade romkornen uppströms kraftverket, på lämpliga ställen (en variant av åtgärd 3.5.1). I vilket fall som helst kommer denna hantering att medföra mycket extraarbete som förmodligen kommer att kännas frustrerande för odlingspersonalen eftersom räknandet och uppdelningen av romkornen från honor kommer att ske under en period då det ändå är mycket att göra på odlingarna.

#### **4.5 Lägsta prioritet – åtgärder som ej bör vidtagas**

I denna kategori har vi endast en åtgärd (3.3.9), den som innebär att man konditionerar den odlade (ung. försöker lära eller träna) fisken för ett liv i det vilda. Det finns gott om studier som visar att fisk mycket väl kan lära sig saker och ting och att konditionering kan ha viss effekt. De storskaliga försök som gjorts visar dock på mycket marginella effekter. Det finns också risk för att konditioneringen kan få oönskade effekter, d.v.s. att fisken lär sig något annat än det man avser. Det kan röra sig om saker som att den gömmer sig istället för att fly och liknande. Därför bör man inte slösa tid och energi på detta.

### **5. Genomförande av åtgärderna**

Åtgärderna som presenteras i denna rapport kan genomföras på flera olika sätt. Likaså kan rapporten användas på flera olika sätt i framtida diskussioner, och som underlag vid planerade ombyggnader och uppgraderingar av fiskodlingar och kraftverk.

I Kammarkollegiet och Fiskeriverkets rapport till regeringen den 1 april 2007 rörande ”Översyn av arbete med omprövning samt tillsyn av vattendomar och vattenföretag” betonades vikten av att det i ett långsiktigt perspektiv tillskjuts tillräckligt med medel för att bekosta omprövningar. Vad som framfördes gällde både personella resurser och medel för bekostande av själva åtgärderna. Det konstaterades också att det finns ett klart samband mellan tillsynen av vattenverksamheter och omprövningsinstitutet. En väl fungerande tillsyn är viktig för att vattendomar med otidsenliga villkor skall uppmärksammas och eventuellt bli föremål för omprövning. I rapporten påpekades också att det också finns andra åtgärder som kan innebära positiva effekter för miljön. Främst avses utrivning av gamla dammar och andra vandringshinder. Det är även viktigt att de allmänna intressena bevakas vid prövningar av nya kraftverk eller ombyggnader av befintliga kraftverk. I samband med dessa prövningar går det i många fall att få till stånd villkor som minskar behovet av en framtida omprövning. Åtgärderna i denna rapport avser Fiskeriverket beakta vid framtida omprövningar av vattendomar.

Eftersom den genetiska profilen på de kompensationsodlade bestånden är av stor vikt avser Fiskeriverket införa tillämpliga förslag till åtgärder under 3.2 - 4 i Fiskeriverkets föreskrifter (FIFS 2001:3) om odling, utplantering och flyttning av fisk. Likaså bör en genomgång göras av vad för fisk som sätts ut uppström (mestadels öring) kraftverken och hur dessa utsättningar kan beröra den genetiska profilen hos de odlade populationerna.

Det pågår för närvarande en diskussion om utbyggnad och nya satsningar inom svenskt vattenbruk (fiskodling för konsumtion). Denna diskussion kommer delvis även att beröra kompensationsodlingarna. Denna rapport bör användas som ett underlag i dessa diskussioner.

Det pågår överläggningar med kraftindustrin om smoltkvalitet, d.v.s. hur den fisk man sätter ut ska ha för egenskaper för att få räknas som fullvärdig utsättningsfisk. Även här ska rapporten användas som underlag i dessa diskussioner.

Det bör åligga näringen (först och främst kraftindustrins fiskodlingar) att kontinuerligt bedriva metodutveckling för att komma tillrätta med de problem som finns. Detta pågår redan nu i viss utsträckning och åtgärderna i denna rapport bör tjäna som utgångspunkt för intensifiering av det arbetet. Här bör ett samarbete mellan kraftindustrin, Fiskeriverket och andra aktörer (fiskare, universitet och idéella föreningar) komma tillstånd.

## 6. Bakgrund

För att kunna se var problemen ligger med dagens odlings- och utsättningsverksamhet bör man först ha en inblick i varför det ser ut som det gör. En anledning till att det ser ut som det gör är att dagens tillstånd är ett resultat av att man under 18- och 1900-talen löste en del problem, t.ex. att på ett bra och kostnadseffektivt sätt odlad fisk för kompensation.

När det gäller det mer handfasta, fysiska som påverkat älvarna och fisken är det två saker som utvecklats mer eller mindre parallellt, dels vattenkraften (lite förenklat: dammar och turbiner), och dels fiskodlingen (lite förenklat: tråg och foder).

När väl vattenkraften var utbyggd i många älvar och man fått bra snurr på fiskodlingen börjar fisken utsättas för påverkan på flera olika nivåer, det gäller främst genetik, beteende och ekologi. Denna påverkan gäller inte bara den kompensationsodlade fisken. Samma processer gäller även (i olika grad) i alla andra fall där man odlar och sätter ut fisk.

### 6.1. Historik

#### 6.1.1. Utbyggnaden av vattenkraften.

##### 6.1.1.1. Dammar

I vattenkraftteknikens har dammbyggnaden alltid varit en central frågeställning. I Sverige finns det uppemot 6 000 dammar av varierande storlek och ålder. Många av dessa dammar används inte för någon form av vattenutnyttjande men har ofta stort kulturhistoriskt värde. Den största gruppen av svenska dammar som finns i drift idag används för kraftproduktion. Höga dammar är enligt den internationella definition som används inom ICOLDS (International Commission on Large Dams) minst 15 m höga. Enligt den svenska kommittén för höga dammar (SwedCOLD) finns 190 st. höga dammar (enligt 1997 års statistik). Det finns cirka 1800 vattenkraftverk i Sverige. Av dem är drygt 200 större, med definitionen att de har en effekt på 10 megawatt eller mer<sup>1</sup>. Dammarna uppdelas ofta efter byggnadsmaterial i fyllningsdammar, betongdammar och övriga dammar. I Sverige och även internationellt är fyllningsdammar vanligast. Man kan också dela in dammarna efter möjligheten att släppa förbi vatten eller inte<sup>2</sup>.

Med fyllningsdamm avses en damm som huvudsakligen består av packad jord och sprängsten. En jorddamm är en fyllningsdamm som huvudsakligen består av packad jord (t.ex. morän, sand och grus), medan en stenfyllningsdamm är en damm som mestadels består av sprängsten. Den äldsta typen av fyllningsdamm är den homogena jorddammen som huvudsakligen utgörs av ett enda relativt tätt material. Den homogena jorddammen har i Sverige t ex använts vid låga invallningar. Betongdammar grundläggs normalt på berg. De äldsta betongdammarna kallas massivdammar (eller gravitationsdamm) eftersom man eftersträvade en tung damm vars egenvikt kunde hålla mot vattenmassorna. Med tiden utvecklades materialkännedom och produktionsmetoder vilket ledde till slankare konstruktioner, lamelldammar. En ytterligare dammtyp är valvdammar vilka fördelar vattnets tryck mot dammens sidoanfang. Antalet betongdammar i Sverige är ca 25 st. Av dessa är ca 60 % lamelldammar, 30 % massivdammar och ca 10 % är valvdammar<sup>2</sup>.

##### 6.1.1.2. Turbiner

Det gamla hederliga vattenhjulet har används under tusentals år för olika ändamål. Vattenhjulet har emellertid flera nackdelar. Ett är storleken, som begränsar flödes hastigheten

och det vattentryck (fallhöjd) som kan utnyttjas. Utvecklingen från vattenhjulet till de moderna turbinerna tog ungefär ett sekel. Utvecklingen påbörjas under den industriella revolutionen och man använde sig dels av vetenskapliga metoder och dels av nya material och tillverkningsmetoder som utvecklades under denna tidsepok.

Det hela började med att tysken J.A. Segner i mitten på 1700-talet konstruerade den förmodligen första s.k. reaktionsturbinen. Den hade en horisontellt monterad axel och var en ganska enkel konstruktion, men är föregångaren till alla moderna vattenturbiner. Utvecklingen fortsatte sedan, främst i Frankrike och USA. Man lyckades höja effektiviteten till över 80 %. År 1855 presenterade amerikanen J.B. Francis en modifiering av tidigare modeller och han hade lyckats höja effektiviteten till över 90 %. Man kan säga att francisturbinen var den första riktigt moderna vattenturbinen, och den är den mest använda vattenturbinen i världen idag. Under 1910-talet försökte många turbinkonstruktörer att höja francisturbinernas specifika varvtal. En av dem var österrikaren Victor Kaplan och 1913 hade han en konstruktion klar som är en snabbgående turbin som i motsats till francisturbinen har få korta propellerlika skovlar. Skovlarna kan vridas utifrån under drift. På så sätt kunde turbinen ställas om så att den fick rätt vinkel i förhållande till belastningen. En av fördelarna med kaplanturbiner är att de gav kraftindustrin möjligheter att bygga ut slättlandfloder med låga fallhöjder och stora flöden. Turbinerna snurrar fort; francisturbinerna 115 – 750 varv/min och kaplanturbinerna 60 – 429 varv/min. Skovelhastigheten för varje turbin är konstant och bestäms i första hand av varvtalet och diametern på löphjulet<sup>2,3</sup>.

Ordet turbin introducerades i början på 1800-talet av den franska ingenjören C. Bourdin, och kommer från ett latinskt ord som närmast betyder ”snurra” eller ”virvel”. Den stora skillnaden mellan vattenhjulet och reaktionsturbinerna är att de senare utnyttjar energin i vattnet mycket bättre. Därför kan man från en turbin få ut betydligt mer kraft än från ett vattenhjul av samma storlek<sup>2</sup>.

#### 6.1.1.3. Turbinreglering

Behovet av automatisk turbinreglering blev tidigt aktuellt inom vattenkrafttekniken. Särskilt angeläget blev regleringen sedan man under 1880-talet hade börjat använda kraftverken för att generera elektrisk kraft. Bland annat strävade man efter att hålla varvtalet så konstant som möjligt. Från början var turbinregulatorerna mekanisk-hydrauliska för att senare bli vad man skulle kunna kalla elektromekanisk-hydrauliska. De rörliga delarna i dessa reagerade med en viss tröghet, de utsattes för slitage som minskade precisionen i reglerfunktionen och de var dyra. För att ersätta styrregulatorns mekaniska delar började man därför mot slutet av 1930-talet att söka sig andra vägar. Närmast till hands stod den då unga elektriska styr- och regler tekniken, elektroniken, som bl.a. hade börjat arbeta med lågspända elektriska impulser och rörförstärkare. Ett viktigt steg togs av ASEA som 1944 konstruerade en kontinuerligt arbetande elektronisk regulator, som togs i bruk vid Rydboholms kraftverk i Viskan. Regulatorn styrde turbinens pådrag via ett konventionellt hydrauliskt servosystem. Ytterligare förenkling av styrregulatorns utformning skedde under 1980-talet då mikroelektronik i datoriserade system började ta över<sup>2,4</sup>.

#### 6.1.1.4. Generatorer

Den första likströmgeneratorn för kommersiellt bruk tillverkades i England 1844 av J.S. Woolrich. Maskinen drevs av en ångmaskin och anses vara den första som drevs av en annan kraftmaskin. I Belgien utarbetades grundformen för den omtalade Alliance-generatorn. Maskinen vidareutvecklades av det franska bolaget Societe l'Alliance vilket anses vara mycket viktigt för den moderna krafttekniken. Alliance-generatorerna drevs av ångmaskiner

och användes till bågglampsbelysning. Från och med 1859 kunde även växelström användas till bågglamporna, vilket föranledde att Alliance-maskinerna även byggdes för enfasig växelström. Denna första generation av flerpoliga roterande maskiner hade blygsamma effekter. Nästa genombrott kom 1867 med den "dynamoelektriska principen". De två elektroteknikerna, tysken W.S. Siemens och engelsmannen C. Wheatstone, hade oberoende konstaterat att en generator kunde förses med enbart elektromagneter. Vid igångsättningen började en sådan maskin nämligen under vissa förutsättningar genast att magnetisera sig själv. År 1882 skrevs svensk industrihistoria i Rydal (vid Viskan i Mark kommun, Västra Götalands län). För första gången i landet användes vattenkraft för att framställa elektrisk energi till de båda bågglampor, som lyste upp fabrikslokalen i Rydals bomullsspinneri<sup>4</sup>.

#### 6.1.1.5. Kraftöverföring.

Under större delen av 1800-talet försökte man lära sig att behärska elektriciteten. Under seklets senare del lyckades man samordna kunskap om elektriciteten och en rad olika uppfinningar till ett system för att överföra kraft med hjälp av en elektrisk ström. Från början använde man sig av kraftöverföring med lågspänd likström vilket hade den begränsningen att mycket kraft förlorades på vägen p.g.a. motståndet i ledningarna. Därför begränsades överföringsavståndet även med elektricitet till någon eller några kilometer. Men 1891 lyckades man få till den kraftöverföringen av elektricitet vi har idag, nämligen överföring med trefasig, högspänd växelström. Med detta kunde tidigare otänkbara kraftmängder transporteras över nästan hur långa avstånd som helst. Trefassystemet är ett av de mest uppmärksammade stegen i den tekniska utvecklingens historia. Hur människan tillägnade sig konsten att flytta elektricitet är vid sidan av vattenturbinens och betongens utveckling de viktigaste tekniska stegen i vattenkraftens historia<sup>2</sup>.

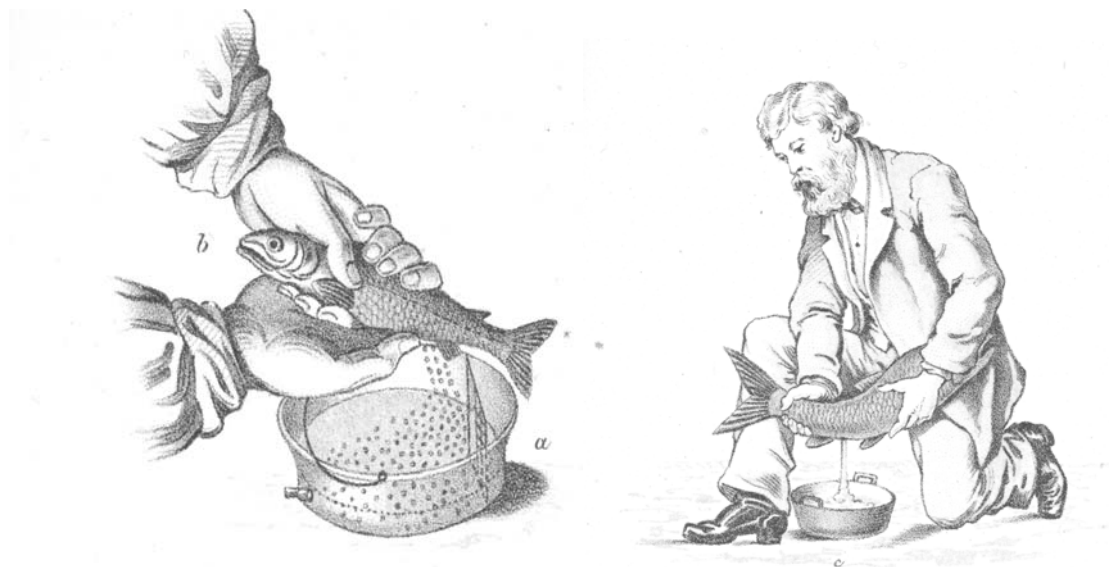
### **6.1.2. Fiskodling**

Långt tillbaka i tiden spred man fisk mellan olika vatten. Sådana utsättningar är belagda redan på 1000-talet genom en inskrift på en norsk runsten från Gausdal kommun i Oppland Fylke<sup>5</sup>. Enligt inskriften ska fisk ha satts ut i Rausjøen, en sjö ca 700 meter över havet. Sjön var troligen fisktom från början. I Skåne har karpodling anor sedan medeltiden. Karpen finns omtalad i kinesiska skrifter från 500-talet f. Kr.<sup>6</sup>. Detta innebär att karpen troligtvis har odlats i dammar i mer än 3000 år. Från början gjorde man förmodligen så att man fångade in små unga fiskar och födde upp dem i dammar, man plockade således hela tiden material till odlingen från naturen. För nära 250 år sedan upptäckte en tysk godsägare att det gick att föröka fiskbestånd genom konstbefruktning. Metoden föll emellertid i glömska och praktiserades i Sverige först på 1840-talet<sup>7</sup>. Hur konstbefruktning går/gick till finns beskrivet i O.G. Norbäck's klassiska bok från 1884<sup>8</sup> (se Figur 8). I Halland vid Oskarström gjorde baron Cederström 1855 försök med konstgjord odling av laxyngel men misslyckades. Först 1870 lyckas man med ett laxkläckeri norr om Oskarström och invid kläckeriet anlades även s.k. uppfostringsdammar. År 1867 togs Västsveriges första laxkläckeri i drift. Verksamheten bedrevs inne i ett s.k. kläckhus där den befruktade rommen lades på grusbäddar i långa trälådor. Lådorna genomströmmades av vatten från en källa. Ytterligare ett kläckeri byggdes 1875 vid Boa längre upp efter Ätran. Vid Dalälven i Älvkarleby uppfördes ett kläckeri 1871. I september 1872 skrev Gerhard von Ylen förhoppningsfullt att genom fiskodling och reglementen skulle det försämrade laxfisket om 3-4 år vara återställt. De stora förväntningarna på massutsättning av nykläckta laxyngel infriades inte, trots att det årligen sattes ut 0,5-2 miljoner yngel i hallandsåarna fram till i början av 1900-talet! Först då insåg man att kläckeriernas källvatten med högre vintertemperatur medförde att ynglet kläcktes alltför tidigt om våren. Överlevnaden blev därmed usel även om utsättningsplatserna var tomma på

laxyngel.<sup>7,9</sup>

Vid en konferens med Vandringsfiskutredningen 1952 nämnde den danske fiskodlingsexperten Knud Larsen att Danmark redan på 1890-talet hade en avancerad odling av "regnbågsforeller" för konsumtion och att man använde slakteriavfall som foder. Denna s.k. intensiva odling av regnbåge, öring och amerikansk bäckröding för konsumtion gick under den gemensamma benämningen "forellodling".

De första försöken i Sverige att odla fram ensamriga ungar av lax och öring gjordes troligtvis redan under 1900-talets första decennium. Naturdammar för detta ändamål anlades 1907 i Kälarne i Jämtland. De övertogs 1931 av Lantbruksstyrelsen, som lät uppföra Kälarne försöksstation för studier av bl.a. miljöns och arvsanlagens inverkan på olika fiskarters och fiskstammars tillväxt<sup>7,10</sup>.



**Figur 8.** Hur konstbefruktning går till enligt O.G. Norbäck's bok från 1884. Till vänster kramas honan på rom och till höger kramas hanen på mjölke.

Varken forellodlingarnas produktion av vuxen laxfisk eller de ovan skildrade odlingsresultaten i Kälarne och Borenhult åstadkom några märkbara förändringar av landets odlingsverksamhet i stort. Inte ens den lyckade framställningen av odlad utsättningsbar laxsmolt 1924 tycks ha påverkat utvecklingen. De fiskevårdande myndigheterna nöjde sig med att understödja kläkningsverksamheten. Under 1900-talets första hälft skedde en ständig ökning av antalet kläkningsanstalter. Produktionen inriktades inte bara på yngel av lax och öring utan av röding, harr, sik, siklöja och gädda. År 1950 fanns över 100-talet kläkningsanläggningar spridda över hela landet med en sammanlagd årsproduktion av ett par hundra miljoner yngel, och utsättningar förekom i de flesta sjöar med välutvecklat husbehovsfiske. Utsättningarna har, om man bortser från vissa nyinplanteringar, som givit upphov till självföryngrande bestånd av gös och sik, inte givit några större påvisbara resultat<sup>7,10</sup>.

#### 6.1.2.1. Fiskfodret

Utfodring av laxfisk i Sverige började förmodligen som en stödutfodring, dvs. tillskott till den naturproducerade näringen i de natur- eller jorddammar som man brukade sig av i början och mitten av 1900-talet och födan utgjordes av levande djurplankton (Figur 9). Med de låga

besättningstätheterna, som man hade på 1920-talet, räckte den naturliga planktonförekomsten till för att upprätthålla en godtagbar tillväxt under hela sommaren.

Forellodlarna var först att tillämpa så höga besättningstätheter i sina jorddammar, att det tillväxande ynglet redan på ett tidigt stadium måste ges extra näring för att kunna växa vidare. Vid forellodlingarna gällde det att föda upp stor fisk och detta krävde stora fodermängder. Till en början inköptes billiga slakteriprodukter, bl.a. hjärta och lever. Men när behovet började räknas i ton och dessa produkter började uppskattas som människoföda, blev forellodlarna tvungna att gå över till färsk saltsjöfisk som det då fanns överskott av<sup>7,10</sup>.



**Figur 9.** Jorddammar för fiskodling. Bilden är tagen vid Fiskeriverkets försöksstation i Kälarne. Varje damm är försedd med en foderautomat. Hög vattengenomströmning förhindrar isbildning större delen av vintern.

Inom fiskeriadministrationen ansåg man ännu på 1950-talet att laxuppfödningen skulle ske i naturdammar fäste stor vikt vid naturfödans kvalitativa egenskaper. Vid en större foderkonferens som Vandringsfiskutredningen anordnade i Stockholm 1952, sade den kände svenska fiskforskaren Börje Carlin att det var mest realistiskt att räkna med lever som basfoder, eftersom den både var bra för laxungar och möjlig att anskaffa i större partier. Levern var speciellt lämpad som startfoder. För större laxungar kunde även andra slakteriprodukter och färsk fisk komma ifråga. Vid eller i anslutning till konferensen 1952 diskuterades emellertid alla tänkbara foderslag: rom av torsk och sill, räkor, tångloppor,



krabbor, skorv, blåmusslor, mm.

För att göra fodret mera begärligt och även nyttigare för laxungarna inblandades bl.a. blod och jäst. För att förbättra dess konsistens, och dess åtkomlighet för fisken, tillsattes mjöl (bl.a. grahamsmjöl) och ett slags tapetklistor (Modocol), som var fysiologiskt indifferent samt små mängder salt. I startfodret ingick ofta torskrom.

Anskaffningen och hanteringen av denna mångfald av varor innebar transporter, infrysning, förvaring i stora frysrum, upptining i särskilda utrymmen, styckning, malning, vägning och blandning. Stora köttkvarnar och motordrivna blandare ingick följaktligen i odlingarnas utrustning. Slutligen skulle den färdigblandade fodergröten fyllas i foderautomater, en hantering som ställde höga krav på renhållningen.

Själva utfodringen skedde till en början för hand. Det stora antalet skilda besättningar gjorde handmatningen ytterst tidskrävande, vilket föranledde både personalen vid odlingarna och kraftföretagens ingenjörer att försöka konstruera arbetsbesparande utfodringsapparater. Men även med foderautomatik innebar hanteringen av våtfodret ett tungt arbete och en noggrann och tidsödande renhållning. Laxodlarna hoppades därför att man snart skulle kunna framställa ett lätthanterligt torrfoder. De första försöken med torrfoder gjordes i början på 1950-talet. Fodret hade utformats av Indalsälvens regleringsförening och bestod bl.a. av fiskmjöl och tormjöl. Det var dock först i början av 1960-talet som foderfirmorna började gå in för fabriksmässig produktion av fiskfoder i pelletsform. Astra-Ewos tog omkring 1960 kontakt med kraftindustrin och Vandringsfiskutredningen. År 1961 gjordes en del utfodringsförsök med pellets och under 1962 och 1963 kunde Bergforsen och Vattenfall övergå till pellets för alla besättningar med undantag för det späda ynglet. Tillverkare och odlare hjälptes under de följande åren åt att utveckla nya och bättre foderslag inklusive startfoder<sup>7,10</sup>.

Övergången till pellets blev i flera hänseenden revolutionerande. En laxodling med en årsproduktion av ca 125 000 smolt förbrukade år 1960 mellan 50 och 100 ton våtfoder. Efter övergången till torrfoder åtgick i stället 15 - 20 ton pellets. Torrfoderanvändningen gjorde dessutom fryslagring och den komplicerade foderhanteringen onödig. Det nya fodret var lätthanterligt och hygieniskt och risken för förgiftningar och infektioner genom ruttnande foderrester reducerades. Detta gynnade i hög grad överlevnaden. Dock motverkades denna effekt under de första åren även viss dödlighet, som förorsakades av att det späda nyss simfärdiga ynglet hade svårt att lära sig äta torra foderpartiklar. Särskilt havsöringynglet drabbades därför i starten av påtagliga förluster<sup>7,10</sup>.

Under 1970-talet utvecklades helautomatiska styrcentraler från vilka matningen i princip kan tillfredsställa varje trågbesättnings behov. Fodermängden kan styras, likaså utfodringsintensiteten, dvs. tidsintervallet mellan givorna anpassas till dagslängden osv. Utan tvekan har dessa möjligheter väsentligt bidragit till de goda tillväxtresultat som under senare år uppnåtts inom smoltodlingen<sup>7,10</sup>.

#### 6.1.2.2. Odlingstrågen

Under åren 1947-1951 skedde en mycket snabb utveckling av kraftindustrins intensivt drivna laxodlingar. En del representanter för fiskeintresset ställde sig dock skeptiska till den intensiva uppfödningen, och rekommenderade i stället olika typer av naturdammar. Dessa visade sig dock inte ge det utbyte som krävdes för att få fram det antal utsättningsfisk som krävdes. De som jobbade med tråg i olika former hade kommit fram till att fyrkantiga eller runda tråg med centralt bottenavlopp och bottensil samt cirkulerande vattenström gav den

jämnaste och bästa spridningen av både fiskynglen och foderpartiklarna. Till en början byggdes alla tråg för uppfödning av ensamrig laxfisk av spontade bräder. Av praktiska skäl var man därför tvungen göra dem fyrkantiga. Tråragen hade vissa påtagliga nackdelar, de gistnade och var därför svåra att få täta, och blev ofta angripna av röta. I mitten på 1950-talet började man diskutera möjligheten att i stället för trä eller betong använda det nya materialet plast.

Cirkelträgen av betong, var sedan lutningen mot centrumavloppet gjorts mindre brant, synnerligen väl lämpade för uppfödning av tvåsomrig laxfisk. Dessa stora tråg kunde också göras 4- kantiga med avrundade hörn, om man ville utnyttja utbyggnadsområdet på bästa möjliga sätt. Idag är betong och plats de mest använda materialen för tråg<sup>7,10</sup>.



**Figur 10.** Bakpartiet på en ung lax. Pilen pekar på fettfenan

### 6.1.2.3. Fiskodling och djuretiska aspekter

All fiskodling innebär att man har fisken i sin vård och därmed omfattas den fisk man odlar av djurskyddslagstiftningen. Det innebär att närhelst det står "djur" i lagtexterna så omfattar det även fisk. I djurskyddslagen (SFS 1988:534) sägs i 2 § att djur skall behandlas väl och skyddas mot onödigt lidande och sjukdom. I 3 § står det att djur skall ges tillräckligt med foder och vatten och tillräcklig tillsyn. Fodret och vattnet skall vara av god kvalitet och anpassat efter det djurslag som hålls. Vidare slås det fast att förvaringsutrymmen för djur skall ge djuren tillräckligt utrymme och skydd samt hållas rena. Allt detta gäller också för kompensationsodlad fisk. Det har länge saknats speciella regler för fiskodling. Ett problem är att fisk inte är ett djurslag, utan många arter, alla med sina speciella behov. Detta har gjort det svårt att skriva en lagtext som omfattar all fiskodling. I november 2006 kom Djurskyddsmyndigheten ut med (DFS 2006:8 ;*Djurskyddsmyndighetens föreskrifter om odling av fisk*). Denna föreskrift är tämligen allmänt hållen och preciseringar är förmodligen att vänta i framtiden.

Bland andra lagar som berör fisk kan nämnas DFS 2004:10 (*Föreskrifter om ändring i Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om transport av levande djur*) där det finns detaljerade regler för transport av laxartad fisk. En annan lagtext som har stor betydelse för fiskodlare är DFS 2004:14 (*Föreskrifter om ändring i Djurskyddsmyndighetens föreskrifter om operativa ingrepp på eller injektioner till djur*). Här har vi ett exempel på hur olika lagar kan sätta en verksamhet (i detta fall fiskodlingen) i kläm. Enlig DFS 2004:14 får

inte operativa ingrepp göras på djur (gäller även fisk) av andra än veterinärer. Samtidigt finns en förordning från Fiskeriverket (SFS 1994:1716; *Förordning om fisket, vattenbruket och fiskerinäringen*) där fiskodlarna åläggs att märka all laxfisk som sätts ut genom att klippa bort fiskens fettfena. Eftersom det rör sig om hundratusentals fiskar blir detta en besvärlig situation, man kan ju knappast begära att en veterinär ska stå och utföra detta arbete. Dessbättre fick man till ett undantag i DFS 2004:14. Utbildad personal på fiskodlingarna får nu utföra detta arbete utan att kontakta veterinär. Denna utbildning har hittills ombesöjts av Fiskeriverket och Fiskhälsan FH AB. Men här var odlarna klämda mellan två lagar. En fråga som nästan ställer sig själv är hur det påverkar fisken om fettfenan klipps bort. Det finns studier som pekar på att fettfenan har betydelse för simförmågan i turbulent strömmande vatten<sup>168</sup> och att fettfenan har betydelse i partnervalet hos öring<sup>87</sup>. Men det finns inget som pekar på att fettfenaklippt fisk skulle klara sig sämre i havet (där den kompensationsodlade fisk ska ut) enkom p.g.a. just denna behandling.

Vidare är det så att en ökad eller hög sjukdoms- eller fenskadefrekvens strider mot djurskyddsbestämmelserna. Vid en valsituation är djurskyddet den starkare lagstiftningen enligt våra erfarenheter; i Laholm dömdes en hel utsättning ut eftersom fenskadefrekvensen ansågs för hög. En uppfödning som tillgodoser djurskyddet bör därför i princip också uppfylla de krav som ställs i utsättningsskyldigheten. Det får inte vara så att odlaren kläms mellan två lagstiftningar.

## 6.2. Biologi

Det ska redan här påpekas att mycket av det som står i detta avsnitt lätt kan tolkas som att odlingen är mycket negativ för fisken. Men när det gäller detta avsnitt har vi helt fokuserat oss på den biologiska biten och gör inte alla de avvägningar som man måste göra med den nytta som samhället erhåller av att man bygger vattenkraftverk, sätter ut fisk, etc. Det är viktigt att komma ihåg att utan kompensationsodlingsprogrammet så hade de flesta laxstammar i de utbyggda vattendragen varit utdöda idag med allt vad det skulle innebära i form av förlorad genetisk variation och biologisk mångfald. Mycket av det vi vet om lax och laxodling idag hade inte heller varit känt utan tillgång till kompodlingarnas och kraftbolagens resurser. Ett exempel är M74 där diagnos och åtgärder i stor utsträckning möjliggjordes m h a dessa. Till skillnad från t ex Finland sker dessutom odling endast under halva fiskens livscykel. Samtidigt bör man inte ta i bruk nya tekniska innovationer utan att ta hänsyn till fiskens biologiska begränsningar<sup>11</sup> – om man vill bevara fiskens naturliga egenskaper i så stor utsträckning som möjligt. Fiskens biologi sätter gränserna för vad man göra med den. Matspjälkningsystemet, tolerans mot lågt pH, syrehalter eller förekomsten av olika miljögifter, etc. gör att man inte kan behandla fisken hur som helst. Varje art har sina övre och nedre gränser för vad de tål och var de trivs eller växer som bäst. Inom dessa gränser finns det dock, så att säga, ett visst manöverutrymme. I detta avsnitt ska vi ytligt beröra en del av dessa frågeställningar.

Ett begrepp som återkommer i texten nedan några gånger är ”effektiv populationsstorlek”, och det behöver kanske förklaras lite närmare. Man börjar med att utgå från en tänkt ”perfekt” naturlig population<sup>12,13</sup>, dvs. en population med slumpmässig parning, jämn könskvot, icke-överlappande generationer och slumpmässig variation i reproduktiv framgång (t.ex. ingen ärftlighet i hur stor andel av ens avkomma som överlever till vuxen ålder). I en sådan population sker slumpartade genetiska förändringar med en hastighet som är omvänt proportionell mot populationens storlek, det går fortare i små populationer än i stora. Eftersom naturliga populationer inte är perfekta, de lever inte upp till de kriterier som listades

ovan, införde man begreppet "effektiv populationsstorlek" som säger hur stor en "perfekt" population skulle vara om den hade samma genetiska slumpmässiga förändringshastighet som den naturliga population man studerar. Det är mycket vanligt att den effektiva populationsstorleken är betydligt mindre än det faktiska antalet individer i en population<sup>13,14</sup>, och detta gäller även för odlade populationer. Skälen till detta är flera, som redan antytts. (1) Alla köns mogna individer lyckas inte para sig, eller lyckas inte sätta avkomma till världen, de är därmed ute ur leken, så att säga. På odling kan man försöka motverka detta genom att ge alla föräldraindivider möjlighet att ge avkomma. (2) Vissa individer sätter fler avkommor till världen än andra, ju större skillnaden är mellan de som lyckas bäst och de som lyckas sämst desto större blir sannolikheten att det i nästa generation finns en uppsättning föräldraindivider som inte är ett slumpmässigt urval av tidigare generationer. På odling kan man motverka detta genom att sätta alla honor lika, d.v.s. låta den hona med lägst antal romkorn styra hur många avkommor alla andra honor ska få. Om alla honor "går in i systemet" med lika många avkommor maximerar man den effektiva populationsstorleken. (3) Sett över flera generationer kan en generation eller ett år med få föräldrafiskar ge effekter långt fram i tiden. Sådana plötsliga minskningar i effektiv populationsstorlek kallas ofta för "flaskhalsar" och leder dessutom till ökad risk för inavel i populationen. Medelvärdet för den effektiva populationsstorleken räknar man inte ut på vanligt sätt utan man använder ett så kallat harmonisk medelvärde (man adderar inversen av de olika åren). Det gör att om man under tre år har effektiv populationsstorlek på 100, 10 och 100 individer är inte medelvärdet 70 utan  $1/[(0.01+0.1+0.01)/3]=1/0.04=25$ . Man kan se det som så att de 10 individerna i generation 2 härstammar i bästa fall från varsitt föräldrapar från generation 1. Det innebär att 80 individer från generation 1 inte går vidare men sina gener till generation 3. Så även om man i generation 3 använder 100 individer till generation 4 så representerar inte dessa 100 individer den genetiska variation som fanns i generation 1, utan endast den reducerade genetiska variation som fanns i generation 2. För att komma upp i medelvärdet 70 måste man använda 100 individer i ytterligare 18 generationer. För laxfisk med en generationstid på 4 år skulle detta innebära att det skulle ta mer än 70 år. Detta belyser hur viktigt det är att man ständigt försöker använda så många föräldrapar som möjligt.

Som antyddes ovan så baserar sig beräkningarna för det mest på icke-överlappande generationer, d.v.s. att en generation sätter avkomma till världen samtidigt (t.ex. samma år) och inte blandar sig med kommande generationer. Normalt sätts minst två åldersgrupper ut som smolt varje år. Också föräldragenerationen består normalt av minst två årsklasser. Detta system finns t.ex. hos många insekter där föräldrar lägger ägg på hösten, dör och äggen kläcker på våren. Även hos en del fisk finns liknande system. Hos puckellaxen (en stillahavslax) är generationstiden nästa helt fixerad till två år och fisken dör efter att ha lagt rom. I dylika fall är det enkelt att beräkna olika populationsbiologiska parametrar, krångligare blir det om generationer överlappar, vilket de gör hos lax och havsöring. Dessutom är laxens och havsöringens genetiska strukturer är betydligt mer komplicerade än vad man trodde för 30 år sedan<sup>15</sup>. Teoribildningen runt överlappande generationer är dåligt utvecklad<sup>16</sup>, och arbete pågår för att fylla ut detta gap<sup>16,17</sup>. Här ska vi dock inte uppehålla oss vid simuleringar och matematiska modeller, utan mer översiktligt gå igenom olika processer som kan tänkas påverka den kompensationsodlade fiskens genetiska struktur. Så mycket är dock klart att i populationer med överlappande generationer är när generationerna överlappar är variationen i relativa förekomsten av olika genetiska markörer större över tiden, jämfört med en population med samma effektiva populationsstorlek, men med icke-överlappande generationer. Risken finns att man feltolkar genetisk information hos laxfiskar, om man bara har tillgång till prover från ett fåtal år<sup>16</sup>. Om man har möjlighet att åldersbestämma de individer man tar prov ifrån kan man få bättre upplösning i materialet<sup>18</sup>.

## 6.2.1. Genetik

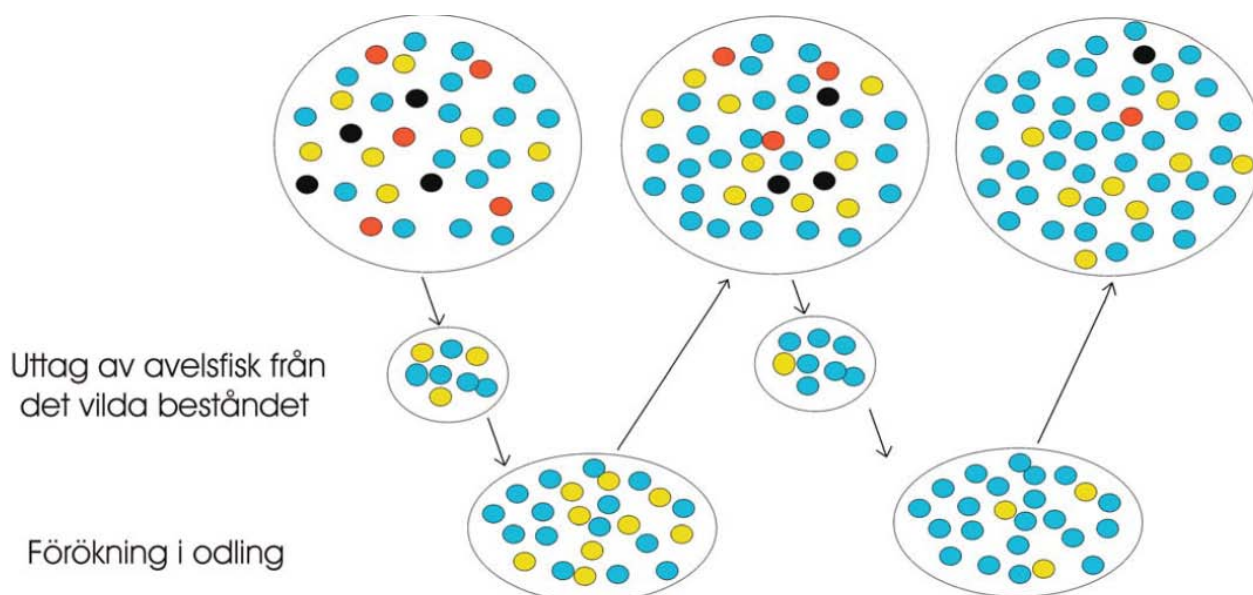
Genetiska effekter innefattar både sådant som finns idag och sådant som förmodligen kommer att bli mer uppenbart i framtiden. Det gör att vi idag inte kan säga säkert var vi kommer att hamna om ytterligare 10-20 generationer av odlad lax och havsöring. Undersökningar på bananfluga visar att odlade populationer förlorar genetisk variation fortare än man tidigare befarat, trots att antalet vildfångade individer som användes för att starta en labpopulation var ca 5000 och att labpopulationerna hölls vid 1500 till 3500 individer varje år<sup>19</sup>. Effektiva populationsstorleken hos de undersökta labpopulationerna var mindre än 2 % av den faktiska populationsstorleken. Det är således hart när omöjligt att bibehålla en vild profil på en odlad population. Minskad genetisk variation och låg effektiv populationsstorlek ökar risken för inavel. Inavel kan öka sannolikheten för att populationen ska dö ut eller att avkastningen/tillväxten minskar. Kopplingen mellan inavel och utdöende är dock kontroversiell, dels för att det saknas bra studier från det vild som visar detta och dels för det finns exempel på arter/populationer som verkar klara sig bra med liten genetisk variation, t.ex. bäver i Sverige. I ett laboratorieförsök på bananfluga visade på en viss koppling mellan inavelsgrad och utdöende<sup>20</sup>. Likaså har en genomgång av flera olika arter visat att överlevnadskalkylerna för en art kan överskattas grovt om man inte tar hänsyn till genetiken<sup>21</sup>. Att inavlade stammar klarar sig bra kan till en del bero på att de är så få i antal och de begränsningar i antal individer som omgivningen sätter inte kommer i kraft, det finns gott om mat och utrymme för de individer som finns. Problem uppstår först när antal individer når sitt maximum, då inomartskonkurrens börjar ge utslag. Likaså kan en andra kraftig minskning i populationsstorlek (en andra "inavels-runda") ge drastiska effekter<sup>22</sup>. Det bör påpekas att utan kompodlingarna så skulle många stammar inte funnits idag. Ur ett nationellt perspektiv hade därmed den totala genetiska variationen varit betydligt mindre

### 6.2.1.1. Skillnad i överlevnad

När man ska börja att odla fisk, för att kompensera för det bortfall som ofrånkomligen blir följden av uppförandet av ett vattenkraftverk, utgår man från en mindre andel av den vilda populationen. Redan i denna fas fjärrar man den genetiska variation hos den odlade population från den som fanns i den naturliga populationen. Hur stor denna skillnad är beror på många faktorer. (1) Eftersom överlevnaden från romkorn till smolt är betydligt högre i odling än i naturen (ca 10 ggr<sup>23</sup>) krävs inte lika många föräldrafiskar för att producera en viss mängd odlad avkomma (Figur 11). (2) Tidpunkten när avelsfisken fångas kan vara av betydelse. Om det är genetisk variation mellan tidiga och sena uppvandrare och man exempelvis endast tar avelsfisk från de senast uppvandrade har man raskt uteslutit en stor del av den naturliga genetiska variationen<sup>24</sup>. (3) Olika stammar av laxfisk uppvisar stora populationsgenetiska skillnader. Man har antagit att dessa skillnader beror på lokala anpassningar till habitatet. Studier har visat att en införd främmande stam har sämre överlevnad än den lokalt anpassade stammen<sup>25</sup>. Vandringfisken i stora vattendrag, exempelvis våra orörda älvar, består på liknande sätt av flera olika delpopulationer, mer eller mindre skilda från varandra. Vissa fiskar leker nära älvmynningen, andra längre upp i systemet, de vandrar upp i olika biflöden, etc. När man etablerar en odlad fiskstam tar man sällan hänsyn till detta, vilket leder till att de genetiska särdragen hos delpopulationerna försvinner. Det kan låta paradoxalt, men både utavel (se nedan) och inavel kan negativt påverka den genetiska strukturen hos kompensationsodlad fisk. En stor dansk studie visade att två populationer som där man upprepat satt ut stora mängder fisk (föräldrafiskarna kom från samma vatten) uppvisade tydliga tecken på minskad effektiv populationsstorlek<sup>26</sup>. Detta innebär att odlingsverksamheten förändrar det som den förmodligen initialt vill bevara<sup>15</sup>.

### 6.2.1.2. Inblandning av främmande stammar

Både lax och öring har länge varit kommersiellt intressanta fiskarter och därför har man lagt ner mycket arbete på att studera deras ekologi och genetik. Dessa studier har varit mer ingående än för flertalet andra fiskarter som förekommer i sötvatten. Både laxen och öringen är mycket tydligt uppdelade i olika delpopulationer som sinsemellan har litet genetiskt utbyte<sup>27</sup>. I tidigare studier har man noterat att laxfisken är mycket hemortstrogen, d.v.s. de återkommer för lek till det vattendrag de fötts i. Märkningsförsök har visat att ca 98 % vandrar tillbaka till sin födelseälv för att leka. Detta måste innebära att fiskarna har navigationsförmåga och minne av hur hemälven ”ser ut”. Båda dessa egenskaper kostar för individen och det är svårt att förklara varför de har dessa förmågor om det inte är av stort värde att återvända till hemälven. Samtidigt är det ca 2 % som vandrar fel. Beräkningar visar att denna andel felvandrande egentligen är tillräcklig för att på relativt kort tid radera ut alla genetiska skillnader mellan lax och havsöringälvar. Ändå ser vi stora skillnader mellan olika vattendrag/stammar med avseende på neutrala genetiska markörer. Sannolikt har felvandrande och/eller deras avkomma svårare att klara sig i ett främmande vattendrag och därför slår inte deras gener igenom i populationen i en utsträckning som står i proportion till deras antal. Att dessa skillnader mellan olika vattendrag har utmejslats och vidmakthållits under årtusendena tas ofta som ett indirekt bevis för att de olika vattendragens lax- och öringpopulationer har anpassats till miljöbetingelserna etc. i sitt hemvattendrag. Denna anpassning kallar man ”lokal anpassning”. Det finns få handfasta bevis för lokal anpassning och skälen till detta är tre. För det första har den lokala anpassningen selekterats fram under lång tid och det resultat vi ser idag är svaret på en övergripande särart i hemmiljön. Om man under ett eller ett par år gör undersökningar kan betingelserna mycket väl vara likartade i två vattendrag och man noterar inga eller marginella skillnader i miljön mellan populationerna. Men sett över en längre period kan t.ex. det ena vattendraget ha fler perioder av mycket låg vattenföring, vilket givetvis sätter en stor press på populationen som lever där. För det andra är individerna, trots skillnader i genetisk predisponering för att klara av vissa miljöbetingelser, anpassningsbara till den miljö de lever i, man säger att de är plastiska. Det innebär t.ex. att laxungar med samma genetiska bakgrund, men som växer upp i olika strömhastigheter, ser olika ut efter några månader. De som vuxit upp i snabbare rinnande vatten har t.ex. längre bröstfenor, vilket är bra att ha för att hålla balansen i rinnande vatten. Detta gör att förflyttning av fisk mellan olika vattendrag ofta visar att den flyttade fisken ”anpassar sig”, och mer liknar den inhemska stammen än ”syskonen” i hemvattendraget. För det tredje undersöker man ofta bara en fas i fiskens livscykel, hos lax och havsöring blir det ofta sötvattensfasen eftersom fisken då är enkel att följa, experimenten enkla att begränsa i fält och fisken är lätt att hantera på laboratorium. Det som händer i havet blir då ett ”svart hål”, och mycket som sker med fisken där är okänt. Indirekt finns det en del som pekar på för lokal anpassning. I en studie av en älv



**Figur 11.** De olika färgerna i figuren representerar fisk av olika genvarianter. Om det finns ett vilt bestånd kan kompensationsodlingen resultera i att genetisk variation förloras även om avelsfisken kommer från det ursprungliga vilda beståndet som sedan kontinuerligt mottager odlad fisk. Genom att få föräldrar i odlingen får väldigt många avkomor jämfört med vilda föräldrar, blir deras arvsanlag överrepresenterade medan andra kan gå förlorade. Trots att det faktiska antalet fiskar i beståndet är konstant eller rent av ökat kan alltså inaveln och förlusten av genetisk variation öka till följd av utsättningar<sup>23</sup>. Observera att redan vid det första uttaget av avelsfisk får man av slumpen en odlad population vars genetiska struktur skiljer sig från det vilda beståndet.

i Estland där lax utrotats visade det sig dels att den närmast liggande älven försåg den ”tomma” älven med fisk när föroreningsituationen förbättrades. Det innebär att felvandring sker och att felvandring kan etablera sig snabbt och de slipper konkurrens från bättre anpassade individer<sup>28</sup>. Studier från Irland pekar dock på att man kan få fel bild av situationen om man bara inriktar sig på ungstadierna. Irländarna jämförde odlad och vild fisk och fann att de klarade livet i de vilda fram till smoltutvandringen i stort sett lika bra. Men andelen som kom tillbaka för lek var betydligt större för de vilda fiskarna än för de odlade<sup>29</sup>. I en studie av vanlig groda befanns två populationer leva i olika sura miljöer (pH). När man jämförde deras tolerans för sur miljö fann man att den största skillnaden fanns i äggöverlevnaden. I senare stadier fann man ingen skillnad i tillväxt, överlevnad, etc.<sup>30</sup>. Detta medför i sin tur att heltäckande och noggranna studier på lokal anpassning är tidskrävande och tämligen kostsamma.

För det mesta använder man idag s.k. älveget material när man odlar fisk, d.v.s. den fisk man odlar härstammar ursprungligen från den utbyggda älven. Det har dock förekommit på flera platser i Sverige (för att inte tala om andra platser i världen) att man har tagit in en främmande stam, d.v.s. fisk som härstammar från ett annat vattendrag. Anledningen till detta har varit flera; man har ansett att den införda stammen är bättre (växer snabbare, den ser bättre ut, etc.), man har velat få in friskt blod i den ursprungliga stammen, etc. När det gäller komputsättningar har det väl framförallt berott på att den ursprungliga stammen inte har funnits kvar eller av olika skäl varit omöjlig att odla på. Man kan samtidigt komma ihåg att inblandning av främmande stammar ibland har föreslagits av berörda myndigheter som ett sätt att öka den genetiska variationen. Ur genetisk synvinkel är detta ett vågspel som man inte ska ge sig in på, dels därför att det kan medföra veterinärmedicinska problem (se nedan), dels för att populationen kan utsättas för utavel. Det talas ofta om inavel eller inavelsdepression, vilket innebär att korsning av närbesläktade individer under flera generationer leder till att det



ackumuleras skadliga recessiva gener (sådan som bara uttrycks i dubbel upplaga), vilket i sin tur leder till att den totala överlevnaden och kanske även tillväxten i populationen blir mycket låg. Men det finns också något som kallas utavelsdepression<sup>31</sup>, vilket det finns en del klara empiriska belägg för<sup>32,33</sup>, bl.a. från studier på silverlax (en stillahavslax<sup>34</sup>). Schematiskt tänker man sig att det går till så här. Under lång tid har olika stammar anpassat sig till sitt hemvattendrag. Detta har lett till att genkomplex har koadapterats, d.v.s. olika enzym som är med i samma kedja av omhändertagandet av ett ämne har samtrimmats. Initialt finns det olika varianter av samma enzym och de olika varianterna kan exempelvis skilja sig i hur snabbt de gör det de skall göra (plocka bort eller sätta dit något på en molekyl). Det är bra om de olika enzymen jobbar ”i takt”, vilket innebär att det inte blir stopp i processen, det skulle kunna innebära att reaktiva mellansteg anrikas i cellerna, vilket kan påverka cellerna negativt. Hur enzymkomplexen är trimmade beror på miljön, i en del miljöer kan det vara bra med snabbare processning än i andra. Dessvärre innebär denna samtrimning att individerna samtidigt ackumulerar subletala recessiva gener, d.v.s. gener som inte leder till döden, men som kan göra att de växer suboptimalt. Om man korsar två populationer får avkomman en genuppsättning från mamman och en från pappan. Avkomman har nu två olika koadapterade genkomplex, vilket medför att det inte blir ”stopp i processen”. Samtidigt försvinner oftast effekten av de recessiva subletala generna, olika populationer har ofta (av slumpen) anrikat olika sådana gener. Resultatet blir att avkomman klarar sig väl så bra, ofta mycket bättre än föräldrafiskarna. Man får högre överlevnad och större tillväxt. Detta tolkas lätt som något positivt, att man fört in ”friskt blod” i beståndet.

I nästa steg leker avkomman till korsningen mellan de två populationerna. Eftersom generna för de olika enzymerna ofta sitter på olika kromosomer blir resultatet av denna återkorsning en blandning av få lyckade kombinationer, många halvlyckade och en hel del misslyckade. De koadapterade genkomplexen bryts upp och resultatet blir att beståndet får lägre överlevnad och sämre tillväxt än ursprungspopulationen. Tyvärr kan det tolkas som att man borde föra in mer ”friskt blod” i beståndet, en åtgärd som bara gör skadan värre. Det man istället skall göra är att vänta och låta den naturliga selektionen ”städa undan” de gener som inte passar i vattendraget i fråga. Flera studier har belagt att införd odlad fisk har blandat sig med den ursprungliga stammen<sup>35,36,37,38,39,40</sup>. Även om de odlade fiskarna har lägre överlevnadspotential<sup>41</sup> så har ändå utsättningarna ofta betydande följder, beroende på att antalet odlade fiskar i många fall vida överskrider antalet viltproducerade. Dessutom finns det studier som antyder att införda stammar och hybrider mellan införda och den ursprungliga stammen har en tendens att felvandra i högre utsträckning än de ursprungliga fiskarna. Det innebär att om man för in främmande stammar i en kompensationsodling påverkar man inte bara det vattendrag som odlingen försörjer utan även omkringliggande vattendrag<sup>42,43</sup>. Stora utsättningar i stora vattendrag kan därigenom få stora konsekvenser för mindre närliggande vattendrag<sup>44</sup>. Aspekterna på lokal anpassning leder till slutsatsen att man skall vara mycket försiktig med att blanda populationer och att man skall i stor utsträckning som möjligt använda sig av älveget material i avelsarbete vid kompensationsodlingarna. Om man gör så lever man också upp till intentionerna i Fiskeriverkets utsättningsstrategi (FIFS 2001:3). I en studie av den genetiska variationen hos lax i älvarna runt Finska Viken visade det sig att de stora odlade populationerna hade större genetisk variation än de små vilda vattendragen. Men samtidigt hade de små vilda vattendragen vissa genvarianter som inte kunde återfinnas hos de odlade fiskarna<sup>27</sup>. Att inte blanda olika populationer innebär dels att fisken är bättre anpassad till vattendraget och dels att större del av artens totala genetiska variation bibehålls. Sett ur det perspektivet så utgör dagens kompensationsodlingar en stor och viktig levande genbank för lax och havsöring.



### 6.2.1.3. Selektion

Även om man använder sig av älveget material kommer man inte ifrån problemet med att selektionsregimen i odlingen skiljer sig från det i naturen. För att man inte ska utarma den odlade populationen krävs det att man har tillräckligt stor effektiv populationsstorlek. I det sammanhanget brukar man prata om "50-500 regeln"<sup>45</sup>, vilket innebär att den effektiva populationsstorleken ska vara över 50 för att undvika inavel på kort sikt och över 500 för att bibehålla populationens evolutionära potential på lång sikt. Det senare är viktigt för att det ska finnas tillräcklig variation i populationen för att kunna möta t.ex. klimatförändringar eller nya sjukdomar. Det har förts en del diskussion på senare tid om att 500 inte är tillräckligt, siffran baseras på studier på bananfluga, men antalet ogynnsamma mutationer i en population kan vara så pass stora att det krävs betydligt fler individer, en del har föreslagit 5000 individer<sup>46</sup> medan andra anser att 500-1000 räcker<sup>47,48</sup>. Denna rekommendation är framräknad som ett lägsta värde och gäller huvudsakligen odlingssituationen. I det vilda krävs betydligt fler (5000-12500 köns mogna individer)<sup>20,47</sup>. I de svenska kompodlingarna används i de flesta fall betydligt fler än 50 föräldrapar.

De flesta kompensationsodlingar använder sig av (eller strävar efter att använda) 50 föräldrafiskar per år, vilket ger ca 250 per generation, för att undvika att man förlorar genetisk variation. Men trots att man använder 250 avelsfiskar eller mer per generation är det omöjligt att undvika att genfrekvenserna i den odlade populationen långsamt driver bort från det ursprungliga. Det beror på att de individer som skulle ha överlevt i naturen inte nödvändigtvis gör det i odling, och tvärtom<sup>49</sup>. För att motverka denna långsamma förändring kan man sträva efter att föra in "vilda" gener i den odlade populationen med jämna mellanrum. Hur ofta detta bör ske är svårt att svara på, det måste man simulera i diverse matematiska modeller, och underlagen för sådana beräkningar är ännu inte alltid helt solida. Det är viktigt att notera att artificiella lek- och uppväxtområden inte fullt ut kan ersätta trågodlingen för att kompensera ett utbyggt vattendrag. I och med att man bygger ut ett vattendrag påverkas ofta mycket stora områden för lek och yngeluppväxt. Artificiella områden kan således endast bli ett komplement till den traditionella odlingen.

Den selektion som sker på odlingen, trots att man inte avser det, leder givetvis till att den odlade populationen förändras över tiden<sup>50</sup>. Som redan nämnts är kompensationsodlad fisk speciell eftersom den odlas - sätts ut - lever vilt i rullande schema, vilket gör att man har en blandning av odlings- och naturlig selektion. Detta är fundamentalt och innebär att den odlade fiskens utsätts för en naturlig selektion under halva sin livscykel. Vi återkommer till detta, men för enkelhetens skull tänker vi oss att den odlade populationen lever i flera generationer i fångenskap och sedan sätts ut. Populationer i odling/fångenskap lider som sagt av inavel, förlorad genetisk variation, ackumulering av ohälsosamma mutationer, och anpassning till odlingsmiljön (domesticering)<sup>51</sup>. Man vet emellertid lite om hur omfattande dessa problem är<sup>52</sup>. Ett problem är generationstiden hos lax och havsöring är relativt lång (4-6 år), vilket gör att vi bara kan gissa vilka effekter som kan komma krypande om 40-50 generationer. I det läget får man förlita sig på resultat från andra arter, och inte helt förvånande finns det mycket att hämta från studier på bananflugor (mestadels *Drosophila melanogaster*). Det finns experiment med artificiell selektion som visat på klara effekter på aggressivitet<sup>53</sup>, parningsbeteende<sup>54</sup>, och territorialitet<sup>55</sup>. En del studier på fisk har visat på liknande svar på artificiell selektion; t.ex. paradisfisken (*Macropodus opercularis*)<sup>56</sup> och spiggen (*Gasterosteus aculeatus*)<sup>57</sup>. I ett försök hölls bananflugan i 50 generationer i fem olika populationsstorlekar (antal föräldradjur); 500, 250, 100, 50 och 25. De odlades under bästa tänkbara förhållanden. När de 50 generationerna gått överfördes populationer till en "halv-vild" miljö och samtliga populationer visade en markant minskning av överlevnadsförmåga (64-86 %) jämfört med en

vildfångad kontroll<sup>52</sup>. Att propagera en population i odling/fångenskap under lång tid är således inte ett bra sätt om man vill behålla populationens vilda genetiska profil.

Kompensationsodlingen innebär dock att det hela bromsas upp, men effekten kvarstår i alla fall. Om man strävar efter att blanda in vildfödda individer i den odlade populationen bromsas det hela förmodligen lite till. Men hur mycket är mycket svårt att säga. En datasimulering visade att en population på 120 individer på 100 generationer förlorade nästan hälften av den initiala heterozygotgraden (ett mått på genetisk variation) om ingen immigration förkom till populationen. Om fem immigranter per generation tilläts blev förlusten av genetisk variation endast 5 % på samma tid<sup>64</sup>. I skrivande stund vet vi ingen som studerat detta empiriskt hos någon art med snabbare generationstid än lax och havsöring.

En sak som är väl värd att notera är att det hela tiden är en fråga om generationstid när det gäller sådana här frågor. Ofta pratar man om år, men både teoretiska och empiriska studier visar klart att det är generation som är den riktiga tidsskalan. Politiker och andra som pratar om år bör upplysas om detta<sup>65</sup>. Och generationstiden är inte exakt, utan hos lax och havsöring (liksom alla andra kallblodiga djur) beror den mycket på omgivningen (temperatur, födotillgång, etc.).

Det som nämnts ovan rör således selektionseffekter som kan dokumenteras på mycket lång sikt. En del förändringar kommer dock mycket snabbt; beteendet är en sådan variabel. Ett fåtal generationer kan vara fullt tillräckligt för att fixera eller fasa ut ett beteende<sup>66,67</sup>. Inte nog med det - en signifikant förändring av en odlad populations genetiska sammansättning kan erhållas bara på en generation<sup>36</sup>. Att stora effekter kan ske på bara en generation kan vara svårt att ta till sig, men många studier har visat att så är fallet för beteenden och även andra karaktärer. Spigghonor som inavlats en generation visade sig högre preferens för symmetriskt färgade hanar än vad kontrollhonor hade<sup>68</sup>. Hos två arter av Darwinfinkar på Galapagosöarna förändrades näbbens storlek och form från en generation till en annan beroende på klimatiska faktorer<sup>69</sup>. Hos harr noterade man att en generation i odling var tillräcklig för att mildra aggressionsnivåerna<sup>70</sup>.

På Fiskeriförsöksstationen i Älvkarleby utfördes flera försök som alla visade att vild och odlad öring skiljer sig i många avseenden. Odlade hanar har sämre parningsframgång<sup>71</sup>, de två grupperna av honor skiljer sig åt vad avser lekbeteende<sup>71</sup>, svarar olika på tillförsel av tillväxthormon<sup>72</sup>, skiljer sig åt i socialt beteende<sup>73,74</sup>, odlad fisk har snabbare tillväxt<sup>74,75,76</sup>, odlad fisk tenderar att ta större risker mot rovdjur<sup>70,77</sup>, odlad fisk har en försvagad stress respons<sup>78</sup>, och vild fisk är mer aggressiv<sup>74,75</sup>. Vad vi inte visste då var hur stort genflödet är från det odlade segmentet till det vilda. Det visade sig att det genflödet är stort och att de två grupperna av fisk är i princip lika<sup>79</sup>. Om man antar att det finns en genetisk varians i de studerade beteendena och att selektionsregimerna skiljer sig stort mellan odlingen och det vilda kan genetiska skillnader kontinuerligt uppstå mellan den fisk som avlas och föds i naturen och den fisk som avlas och odlas.

## Aggressivitet

Termen "aggressivitet" innebär för de flesta som studerar djur ett attackbeteende som skall ses skilt från försvarsbeteende. Många etologer använder även termen "agonistiskt beteende" (eng. *agonistic behaviour*), vilket är en vidare term som innefattar attack, försvar, hot och många andra aktiviteter som är relaterade till slagsmål. Emellertid finns det olika åsikter om vad som skall innefattas under begreppet "aggressivitet". De mest extrema "samlarna" bland forskarna plockar in allting, från världskrig till flugors gnabb, under detta tak, medan "splittrarna" hävdar att det är meningslöst att ha en definition som inkluderar så många orelaterade aktiviteter. Många "splittrare" undviker därför termen "aggressivitet". Inom studiet av djurs beteende är det dock vanligt att använda termen "aggressivitet" och man menar då vanligtvis beteende som orsakar, eller som är menat att orsaka, skada på en annan individ<sup>58</sup>. Men även med denna till synes snäva definition inkluderar man tämligen vitt skilda beteenden. En individ kan till exempel angripa artfränder om individtätheten blir för stor, köra bort andra individer från en sovplats eller angripa sina nyfödda ungar. Motiven till dessa handlingar kan vara olika, ändå benämner vi allt som aggressiva handlingar<sup>58</sup>. Det har visat sig att det är hart när omöjligt att klassificera olika typer av aggressivitet på ett tillfredsställande sätt<sup>59</sup>. Därför kan det vara vilseledande att jämföra två olika studier som båda säger sig ha mätt aggressivitet, men samtidigt är det fel att inte göra det eftersom överlappet mellan olika typer av aggressivitet kan vara stort<sup>59</sup>. Slutsatsen blir att man måste försöka vara kritisk. När det gäller kompensationsodling hölls det länge för troligt att odlingen resulterade i en mer aggressiv fisk. Men Ruzzante framhöll i en översiktsartikel att troligen inte var fallet<sup>60</sup>, det hela beror på hur födan ges till fisken. Om födan ges på ett ställe kan det löna sig för vissa individer att försvara denna plats och på så sätt få tillgång till merparten av födan. Man får då ett samband mellan tillväxt och aggressivitet, och kanske ett samband mellan odling och ökad aggressivitet. Men om födan ges spridd över hela trägrytan kan inte enskilda individer försvara tillgången till all föda. I det läget lönar det sig inte att slåss, utan aggressiva individer kan snarare förlora på att slåss. I ett sådant fall får man ett negativt samband mellan aggressivitet och tillväxt, och förmodligen inget samband mellan odling och ökad aggressivitet. Detta hade förutsagts i en teoretisk modell<sup>61</sup>. Det hela bekräftades sedermera experimentellt<sup>62,63</sup>.

### 6.2.1.4. Frånvaro av selektion

Odlingsverksamheten innebär att odlaren väljer vilka hanar och honor som ska "gå vidare" och bli föräldrar till nästa generation, men också vilka hanar och honor som ska "para" sig med varandra. I naturen pågår det under lekperioden hela tiden en kamp mellan honor om de bästa lekplatserna och mellan hanarna om tillgång till bästa och flesta honorna.

Honorna hos lax och öring släpper ut sina romkorn i bukhålan när de är färdiga att börja leka, dvs. romkornen är mogna. Man säger att honorna ovulerat. Genom att känna på buken på honorna kan man (om man har lite erfarenhet) bedöma hur nära en hona har till leken. I strömakvariet i Älvkarleby har vi observerat att honor som ovulerat inte kommit ut på lekområdena före honor som varit "halv-ovulerade". Förmodligen har en del av de ovulerade honorna trycks bort från lekområdena av mer dominanta honor. Under tiden har de halvovulerade honornas romkorn mognat och de har börjat ta upp kampen om en plats på lekområdena och återigen får de lägre rankade honorna stå tillbaka. Studier i naturliga vattendrag visar på liknande mönster; det finns inget samband mellan hur pass mogna honorna är och när de vandrar upp till lekplatserna<sup>80</sup>. Vissa studier tyder på att övermogna romkorn förmodligen innebär en risk för dessa honor, befruktningsbarheten och embryonas överlevnadsmöjligheter minskar<sup>81</sup>, medan andra är mer tveksamma till detta<sup>82,83</sup>. Honorna storlek kan också betyda en hel del för deras framgång, den största honan i en population kan ha över 20 gånger större framgång än den minsta<sup>84</sup>. Detta beror på att större honor

lägger fler romkorn, kan skaffa bättre ställen att lägga rommen på och är bättre på att köra bort andra honor<sup>85</sup>. Hos hanarna är kampen om honorna väldigt tydlig i naturen, en hona som gräver en lekgröp kan vara omgiven upp till 10 hanar<sup>86</sup>. Hanarna slagsmålsförmåga är också väl knuten till deras parningsframgång<sup>71,87</sup>.

I odlingsammanhang kan man motverka eller helt eliminera flera av dessa urvalsprocesser. Denna process innebär också att vissa karaktärsdrag hos båda könen som skulle ha sorterats bort i naturen likställs med dem som skulle behålls i naturen. För honorna kan det vara förmågan att bereda en bra lekgröp. Men på en del odlingar försöker man också upprätthålla en större genetisk variation genom att låta varje hona bidra med lika många romkorn till den odlade populationen<sup>88</sup>. Det innebär att man likställer honorna och de stora honorna får inget ”utbyte” av att de lyckats skaffa sig mycket mat och vuxit sig stora. Senare studier visar dock att en sådan metod inte fungerar som tänkt på lång sikt<sup>89</sup>. Denna odlingsmetodik är dock inte allmänt använd i Sverige. Hanarna plockas slumpmässigt för artificiell befruktning, vilket gör att deras slagsmålsförmåga inte ges proportionellt uttryck i nästa generation. Rent allmänt verkar det som om frånvaron av sexuell selektion slår hårdare mot hanarna än honorna<sup>84,89</sup>.

## 6.2.2. Effekter av uppväxtmiljön

Vid ett första påseende kan vild och odlad fisk ibland te sig väldigt olika. Även om genetiska effekter i denna sammanställning upptar en stor plats innebär det dock inte att alla skillnader man ser är genetiska. Som nämntes i avsnitt 5.2.1.2 kan det enkla faktum att en individ vuxit upp på odling innebära att den utvecklas åt ett håll; om den hade vuxit upp i naturen hade den utvecklats åt ett annat håll. Detta kan gälla morfologi, beteende, hur honorna investerar i romkornen, etc. Att skilja på dessa omgivningsfaktorer och de rent genetiska är en grannliga uppgift som kräver tid, utrymme och pengar. Det vanligaste är att man odlar fisk under lika förhållanden och studerar dem. Eftersom miljö varit lika för de olika stammar man är intresserad av (t.ex. vild och odlad), torde skillnaderna var genetiskt betingade. Detta är dock inte helt sant, dels kan de olika stammarna svara olika i olika miljöer (s.k. reaktionsnormer), dels kan honans ursprung vara av betydelse. I det första fallet bör alltså den fisk man vill studera få växa upp i flera olika miljöer, i det andra fallet måste man hålla reda på honans (ja, även hanens) ursprung. Det kan t.ex. resultera i mer eller mindre komplicerade korsningsscheman. Nedan går vi igenom tre områden där odlingsmiljön i sig påverkar fisken, utan att det hela behöver vara genetiskt betingat. Dock kan förändringarna peka på en annorlunda selektionsregim.

Fiskar anses allmänt vara plastiska, d.v.s. de ser olika ut beroende på hur och var de vuxit upp. Laxfiskar är inget undantag. Det finns naturliga skillnader mellan olika vattendrag<sup>91,92</sup>, fiskens utseende kan således ha både genetiska och miljöbetingade orsaker. Många studier har visat att vild och odlad fisk skiljer sig åt i utseendet<sup>90,93,94</sup>. Noggranna experimentella studier har visat att ungfisk med samma genetiska ursprung, men som fått växa upp i olika strömhastigheter ser lite olika ut efter några månader. Skillnaderna behöver inte vara iögonfallande, men uppenbara vid mätning. Rent allmän så blir fisk som växer upp i snabbare rinnande vatten kraftigare byggd<sup>95,96</sup>. En intressant studie på regnbågsöring visade att morfologi hos hjärnan skiljde mellan vild och odlad fisk<sup>97</sup>. Hos odlad fisk var vissa delar av hjärnan mindre än hos den vilda fisken och dessa delar (*optic tectum* och *telencephalon*) styr bland annat aggression, födosöksbeteende och reproduktiv beteende. Här finns således en mekanism vilken delvis kan förklara varför odlad fisk klarar sig sämre än vild. Studien skiljer dock inte ordentligt på miljöeffekter och genetiska effekter. Det gagnar föga att gå in närmare

på de fysiologiska aspekterna, men helt uppenbart påverkar odling utsöndringen av olika hormoner och andra signalsubstanser. Men exempelvis tillväxthormon och hur dess halter regleras i fisken har betydelse för både köttets kvalitet och fisken överlevnad efter utsättning<sup>98</sup>, och man har hittat skillnader mellan vild och odlad fisk i detta avseende<sup>72,99</sup>. Till vilken grad dessa skillnader beror på odlingen i sig eller på genetiska skillnader är inte helt klart. Det är inte heller helt klart hur kompensationsodlingen påverkar fisken i detta avseende.

I en trevlig studie av odlad (matfisk, alltså inte kompensationsodlad) lax och vild fisk befanns de två grupperna skilja sig åt i hur de reagerade på en simulerad predatorattack. Vild fisk hade högre basnivå för hjärtslagen och uppvisade kraftiga svar på attacken i flyktrespons och ökad hjärtslagsfrekvens<sup>100</sup>. I denna studie finns det förmodligen en genetisk skillnad mellan den odlade fisken och den vilda. Intressant blir då den studie som gjordes på öring i Älvkarleby. Fisken hade samma genetiska ursprung, men en del hade vuxit upp på odling, medan de andra i naturlig miljö<sup>101</sup>. Öringen som vuxit upp på odlingen uppvisade en snabbare ökning av hjärtslagfrekvensen efter den simulerade rovdjursattacken, fast bara under den första försöksdagen men inte den andra. Under ostörda förhållande hade fisk med odlad uppväxt högre hjärtslagfrekvens. Det beteendemässiga svaret på attacken var låg, men odlad fisk hade generellt sett en högre aktivitet. Om skillnaderna mellan lax och öring beror på basala skillnader mellan arterna eller på skillnaderna i odlingshistoria är oklart. I den estländska älven Selja (rinner ut i Finska viken) satte man ut odlad fisk för att återbesätta vattendraget med lax efter att laxen tidigare blivit utrotad där. Samtidigt skedde en spontan återvandring till Selja med lax från närbelägna älvar. Trots att antalet utsatta odlade fiskar var betydligt fler än de naturligt anlända hade de naturligt invandrade lika stor inverkan på det nya beståndet som de odlade<sup>43</sup>. Dessa tre studier visar att odlingsmiljön påverkar fisken på ett annat sätt än naturen.

En åtgärd som man ofta använder på odlingar är sortering, man sorterar fisken i två eller flera storleksklasser och håller sedan storleksklasserna åtskilda. Det har sedan länge varit känt att fisken i en besättning växer olika fort. Om man behåller fisken i trågen utan att sortera den kommer denna storleksskillnad mellan de som växer fortast och de som växer långsammast att förstärkas med tiden<sup>8,160</sup>. Genom att stortera fisken kan man få de små att växa bättre och man får i slutändan en mer homogen (storleksmässigt) utsättningspopulation. Andra positiva effekter av storlekssortering är att beräkningen av utfodringen underlättas och att aggressiviteten eller rent av kannibalismen kan minska<sup>159</sup>. Det har emellertid rests farhågor att storlekssorteringen skulle kunna minska den genetiska variationen i odlingen, och det kan den göra om den utförs på felaktigt sätt, d.v.s. att vissa storleksklasser (oftast de små) tas bort (kasseras)<sup>158</sup>. Undersökningar har visat att tillväxten verkligen blir bättre om fisken har sortertats<sup>161</sup>, att de olika storleksklasserna inte är genetiskt lika, de har olika föräldrabakgrund<sup>158</sup> och att storlekssortering kan ge högre återfångster i kommersiellt fiske<sup>159</sup>. Man kan således öka den genetiska variationen i odlingen genom att storlekssortera fisken, om osorterade besättningar innebär de långsamt växande fiskarna har högre mortalitet i odlingen och/eller efter utsättning. I Sverige finns det odlingar (hör dock till undantagen) som inte storlekssorterar fisken och man ska vara medveten om att sorteringen kan vara ett stressmoment som i vissa fall kan motverka de positiva effekterna. Vi föreslår inga åtgärder i denna fråga, utan de odlingar som idag storlekssorterar kan fortsätta med det.

### 6.2.3. Beteende - allmänt

Djurs beteende är ett svårt fält att jobba inom. Tolkningen av olika beteende kan vara olika hos olika forskare och man måste läsa vetenskapliga rapporter mycket noga för att veta om det de menar är detsamma som en annan menar (se faktaruta om aggressivitet på sidan 51).

En del studier visar att fisk som vuxit upp under naturliga förhållanden är mer *aggressiv* än de som vuxit upp under odlingsförhållande<sup>102</sup>, medan andra studier visar på motsatsen<sup>103</sup>. Aggressivitetsnivån hos en individ är ett delikat samspel mellan olika behov och stimuli. För hög aggressivitet är kostsam och kan även medföra att uppmärksamheten leds bort från andra viktiga funktioner (t.ex. spana efter rovdjur). För låg aggressivitet innebär att djuret inte ”kan ta för sig”, att den inte kan skaffa sig den position och föda som optimerar dess tillväxt under de rådande förhållandena. Varje avsteg från det naturliga är förmodligen av skada för djuret, när det kommer ut i det vilda. *Dominans* är ett beteende, eller rättare sagt, ett resultat av en radda beteenden, som bl.a. hänger samman med aggressivitet. En del anger dominans som position i en vattenström<sup>104</sup> eftersom en central position anses vara fördelaktig när man ska fånga upp den föda som kommer med vattenströmmen. En fisk som håller en sådan position bör således vara dominant. Andra inriktar sig på hur duktiga fiskarna är på att slåss<sup>71,74</sup>, ofta anges ett index som baseras på proportion vunna slagsmål. Dock kan sambandet mellan central position och slagsmålsförmåga vara låg<sup>74</sup>. Eftersom odling gör att individerna får mer föda, växer de därmed fortare. Odlad fisk är därför större än vilda fiskar av samma art och ålder. Större storlek leder ofta till större styrka och därmed till dominans. Vilda fiskar antas därför få stryka på foten i interaktioner med odlad fisk<sup>103</sup>. Om detta endast beror på den odlade fiskens större storlek eller på andra faktorer är för det mesta osäkert. Klart är dock att den odlade fisken för det mesta har lägre överlevnad när den kommer ut i det vilda<sup>103</sup>.

Det positiva med alla dessa direkta odlingseffekter är dels att de är reversibla (de försvinner efter en generation i det vilda), dels att man kanske kan göra något åt det hela på odlingen. Sådan ”beteendjustering” kallas ibland för *konditionering*. En del trevande försök gjordes redan på 1960-talet<sup>105</sup>, men det är först på de senaste decennierna som man på allvar har börjat ägna sig åt dessa saker. Här finns en i princip fyra delar av odlingsverksamheten att undersöka. (1) I odlingen har fisken generellt större och mera förutsägbar tillgång på föda än i naturen. Denna föda är av en enda typ (pellets) medan naturen erbjuder en större diversitet av födoorganismer. Dessutom innehåller kommersiellt fiskfoder generellt en högre andel fett än naturligt diet<sup>106</sup>. Studier har visat att odlad öring är mindre skicklig i att fånga levande byten jämfört med vild fisk. Den odlade fisken blir dock skickligare på detta om de får öva<sup>107</sup>. Om detta i sin tur leder till ökad överlevnad efter utsättning är dock oklart<sup>108,109</sup>. (2) Tätheten av individer är mycket högre i odlingen än i naturen, vilket kan påverka fiskens beteende. Ung öring och lax är t.ex. territoriella i naturen<sup>110,111</sup> ett beteende som inte kan uttryckas i den höga tätheten i odling<sup>112</sup>. Hög täthet kan också orsaka stress och minskad tillväxt<sup>113</sup>. De studier som vi gjort i Sverige pekar på att detta kan vara en framkomlig väg<sup>114</sup>. (3) Den strukturella komplexiteten är lägre i odlingen. Fisken odlas i regel i tankar utan bottenstruktur eller annat skydd som ofta erbjuds i naturen, vilket påverkar utvecklingen av beteendet. Studier visar att fisk (regnbåge) som odlats i berikad miljö, med bottenstruktur och skydd, får högre konkurrensförmåga och social status än fisk från konventionell odlingsmiljö<sup>115</sup>. De studier vi gjort visar att enkla strukturer kan öka tillväxten och minska fenslitaget, bäst blir det i kombination med minskade tätheter<sup>114</sup>. Kopplingen mellan tätheter och fenslitage är dock inte helt klart. Enligt Fiskhälsan FH AB finns inga vetenskapliga studier som styrker detta. I laxodlingen i Laholm har man arbetat under flera år för att minska andelen och omfattningen av fenskadorna. Inte heller där säger man sig ha sett en tydlig sådan koppling (4). Odlad fisk exponeras inte för predatorer under uppväxten vilket kan påverka deras möjligheter att

överleva efter utsättning. Flera studier har visat att fisk kan konditioneras till att bättre undvika/undkomma predatorer<sup>103,115,116</sup>. Noggranna laboratoriestudier visar klart och tydligt att fisken kan lära sig<sup>117</sup>. Resultaten i ökad överlevnad varierar mellan olika studier, allt från 2-6 %<sup>105, 108,118</sup>, till tveksamma resultat eller resultat som inte visar på någon effekt<sup>114</sup>. Även om träningen har effekt kan ibland resultatet (det fisken lär sig) vara oväntat och inte det som avses<sup>119</sup>, återigen ett exempel på att det kan vara svårt att härma naturen i en laboratoriemiljö,

#### 6.2.4. Beteende - vandring

Alla dammkonstruktioner, stora som små, påverkar fiskens livsmiljö. I rinnande vatten skapas mer sjöliknande miljöer som inte passar arter som är anpassade till ett liv i rinnande vatten. Dammarna innebär också att vandringsvägar blockeras och att lek- och uppväxtområden kan förändras på ofördelaktigt sätt. I de större utbyggda vattendragen finns ytterst få potentiella lek- och uppväxtområden ovanför det nedersta vandringshindret. Även bortsett från sjukdomsaspekterna (se nedan) är det en åtgärd med tvivelaktig ”cost-benefit”-profil. I de fall där det finns en verklig potential finns redan nu möjligheten att begära omprövning av gällande bestämmelser. När lax och andra fiskarter ska vandra uppströms för att leka behöver de således hjälp på ett eller annat sätt för att passera dammarna. Man kan i och för sig tänka sig att avstå från att fisk släpps uppströms dammarna, och det finns ett argument för detta. Den odlade fisken som återvänder kan ha sjukdomar eller höga halter av miljögifter som man inte vill ha till de vilda bestånden längre upp i vattensystemet<sup>120</sup>. Samtidigt skulle detta innebära att 10 års diskussioner och kostnader för tilläggsгарantier är bortkastade. Men om man ska kunna behålla den kompensationsodlade stammens naturliga egenskaper har man god hjälp av att ha en viss produktion i naturliga vatten. Ibland kan detta kräva att man öppnar upp (eller river) andra vandringshinder i biflöden som inte är kopplade till energiproduktionen; en åtgärd som anses ha stor betydelse för de akvatiska ekosystemen<sup>121, 122</sup>.

Ett sätt att få fisken uppströms en damm är att bygga olika sorters förbipassager; fisktrappor, omlöp, fiskhissar och fiskslussar. Ett stort problem med sådana förbipassager är att lax och havsöring som vandrar uppström är inställda på att följa huvudströmmen, och då hamnar de oundvikligen i utskovet från kraftverket, där det inte går att komma vidare. De har således svårt att hitta den svagare vattenströmmen från förbipassagen. Ett sätt att komma runt detta problem är att bygga förbipassagen så att man utnyttjar vattenströmmen från utskovet. Forskning i detta pågår bland annat vid Luleås Tekniska Högskola<sup>123,124,125</sup>. De resultat som redovisats har dock visat att de metoder man använt inte varit särskilt framgångsrika. Det visade sig bland annat att ytterst få fiskar simmade genom en fisksluss, förutom under en dag. Och det var den dagen det var stopp i kraftstationen där man gjorde försöket<sup>162</sup>. Detta visar på hur svårt det är att få fisken att överge huvudströmmen och tas sig till ett lockvatten. Ett annat sätt att få upp fisken kan vara att fånga in den i älvmyningen och lasta i tankar på lastbil och köra dem uppströms och släppa ut dem. Detta gör man redan i Klarälven. Nackdelen med detta är att fiskens förmåga att hitta från utsättningsstället och vidare till lämpliga lekområden kan försämrats<sup>126</sup>, jämfört med om fisken fått vandra hela sträckan själv.

I de flesta vattenkraftverk går merparten av vattnet genom turbinerna (ett annat förfarande vore dåligt utnyttjande av resursen). Men i och med att vattnet tar den vägen tvingas också den fisk som vandrar nedströms att ta samma väg. Eftersom turbinerna snurrar fort och vattentrycket kan fisk dö under passagen. Hur stor andel som dödas av turbinerna beror på fiskens storlek (större fisk har högre dödlighet), typen av turbin (francisturbiner orsakar i allmänhet högre dödlighet), fallhöjden (högre fallhöjd ger högre tryck, vilket ger högre dödlighet) och hur området ser ut utanför sugröret, d.v.s. där vattnet kommer ut efter att ha

passerat turbinerna (ett område med trång passage och mycket sprängsten ger ökad dödlighet). Från vetenskaplig synpunkt finns förmodligen de största kunskapsbristerna när det gäller hur vattenkraften påverkar fisk i hur de olika faktorerna samverkar. När en fisk passerar genom ett kraftverk utsätts den för flera olika svåra situationer som var för sig inte behöver vara letala, men när de adderas kan det leda till att fisken dör. Saker som luftövermättad i vattnet, höga temperatur, fysisk skada och tryckförändringar kan tillsammans utgöra en dödlig fara för fisken. Detta studeras bl a i "Etapp 3 Miljöeffekter i åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten (Elforsk)" I bl.a. USA pågår forskningsprogram där man dels försöker komma fram till biologiska kriterier för hur framtida vattenkraftverk ska utformas och dels försöker man utveckla ny turbiner<sup>127</sup>. Ett exempel på en sådan turbin är den s.k. spiralformiga (helical) turbinen. De beräknas ha en effektivitet på 90 % och ge 98 % överlevnad för fisk upp till 100 mm<sup>128</sup>. Men fullskaliga försök är ännu sällsynta och det är ännu inte helt klart hur pass bättre de nya turbinerna är jämfört med etablerade modellerna. Emellertid är både leverantörer och forskare tveksamma till att de "fiskvänliga" turbinerna åstadkommer någon väsentligt förbättrad överlevnad för fisk. Dessutom är det en enorm kostnad att byta turbiner i befintliga kraftverk. Men om man ska kunna sätta ut fisk uppströms kraftverksdammarna och på så sätt få fisk med mer naturlig uppväxt krävs det att den vuxna fisken kan passera kraftverken utan alltför stora förluster.

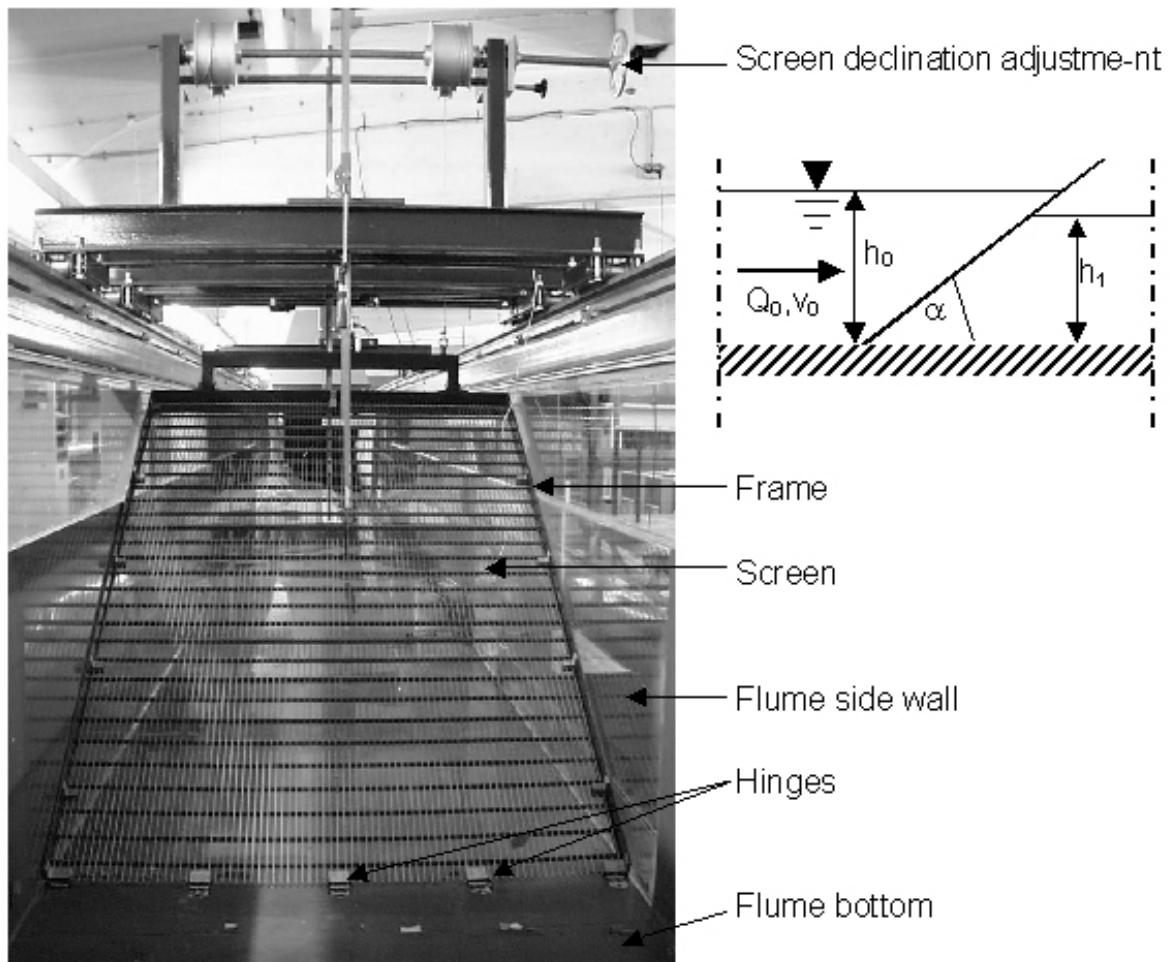
Ett annat sätt att öka fiskens möjligheter att levande nå andra sidan ett kraftverk är att försöka leda eller "lura" fisken till en säkrare förbipassage än genom turbinerna. Det finns mängd sådana anordningar som testas på olika ställen i världen. En bra sammanställning finns i en rapport från en studieresa i USA<sup>129</sup>, vilken nedanstående uppdelning stöder sig: Här finns enormt mycket mer material och resultat att stödja sig på inte minst ur ett europeiskt och skandinaviskt perspektiv. Generellt är det, oavsett metod och teknik mycket svårt att få en tillräcklig avledning med en rimlig ansträngning. Undantag finns dock och kräver vanligen att förutsättningarna (fysiska, hydrologiska mm) är gynnsamma. Dessa anordningar är först och främst avsedda för nedströmsvandrande fisk, det man mest har inriktat sig på är utvandrande smolt, men även utvandrande ål kan gynnas av dylika anordningar<sup>130</sup>. Utan underlättad uppvandring för lekfisk eller att man på annat sätt anordnar så att fisk får en vild uppväxt uppströms kraftverksdammarna är det dock onödigt att investera i avledningssystem för den nedströmsvandrande fisken. De undersökningar som gjorts av diverse avledningssystem har visat att effektiviteten varierar mycket. Försök med fisk försedda med radiosändare har visat att laxfisk valde den tänka fiskvägen framföra andra möjliga vägar i 6 till 100 % av fallen, och strömstationär fisk var motsvarande siffror 3 till 87 %<sup>131</sup>. Man har också observerat stor variation mellan år för samma anläggning. Vid Cavendish, Black River, Vermont, USA varierade effektiviteten mellan 17 och 63 % över en fyraårsperiod och vid Penobscot River, Maine, USA mellan 17 och 59 %. Den stora variationen kan i de flesta fall knytas till variationer i vattenflödet under de kritiska perioderna då fisken vandrar ut.

De olika typer av galler som finns utvecklade idag brukar delas dels sådana som är helt "fisktäta", d.v.s. de består av ett galler som rent mekaniskt håller fisk ute, de kan inte simma igenom det (nr 1 nedan (Vertikal väggskärm) är ett sådant). De andra gallren är tänkta att skapa en situation i vattnet som gör att fisken beteende påverkas och de stöts bort från gallret eller attraheras att simma åt ett annat håll. Den senare typen ("beteendespärrar") har ofta ifrågasatts<sup>132</sup>, men kan förmodligen utvecklas vidare.

**1. Vertikal väggskärm (vertical wall screen) vid turbinvattenintaget (Figur 12).** Ett sådant system består av något som kan liknas vid ett grovt nät. Det skulle leda 100 % av fiskungarna undan turbinerna, men till en mycket hög kostnad (förmodligen 600-750 miljoner kronor).



Fiskungarna leds då i ett separat  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  flöde (också detta lockvatten kan få en dubbel användning genom att  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  flöde används till lockvatten för den vuxna fisken via ett mindre bypass-system till en mer storskalig bypass-kanal eller en andra väggskärm). Men detta beror på de fysiska förutsättningarna. Det är inte alls säkert att fiskväg och avledningsanordning kan placeras på samma plats. Systemet måste plockas bort under vintern och har en hög underhållskostnad. Dessutom uppstår fallförluster över gallret vilket leder till minskad elproduktion.



**Figur 12.** Ett exempel på en vertikal väggskärm (vertical wall screen).

**2. “Louver system” vid kraftverkets intagskanal:** Ett sådant system består av lodräta metallskivor som ser ut som lodräta vinklade persienner (se Figur 13) Ett “louver-system” kan styra 60-80 % av den naturligt producerade smolten från turbinintaget. Ett sådant avledningssystem för utvandrande fiskungar måste demonteras innan vinterperioden då det lätt utsätts för isbildning under vintern. Kostnaderna bedöms ligga i området mellan till högt. För att ordna smoltens vidare befordran till bypasskanalen eller något annat transport-system behövs ett separat bypassflöde av  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ . Då kan  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  användas som lockvatten för den vuxna lekfisken. Hur detta lyckas beror återigen på de fysiska förutsättningarna. Det är inte alls säkert att fiskväg och avledningsanordning kan placeras på samma plats. Ett system som syftar till att avleda smolten för vidare transport eller frisläppning i gamla älvfåran kräver ett stort

underhåll. Det behövs också information om topografi och strömhastigheter i kraftverkskanalens inloppsområde samt från det dämnda området ovan kanalinnloppet. Det behövs också radiomärkningsstudier på lax- och öringsmolten för att reda ut tiden för utvandring och hur stor andel av molten, som vandrar via dammspillet och genom turbinerna. Det är önskvärt att få bättre kunskap om smoltens allmänna uppträdande i inloppskanalen till kraftstationerna (hur lång tid för passage i olika delområden) och deras olika storleksfördelning (både för lax- och öringsmolt). För utlekt fisk skulle ett louver-system eller spjälgallersystem som utformats för smolten också kunna leda all utlekt fisk från turbinvattenintaget. Problemet med "fallbacks" löser man rent allmänt genom att frisläppa fisken långt från dammluckan. Eventuellt kan fisk hållas i separat bassäng innan detta sker. Radiotelemetri kan användas också för att studera hur fisk rör sig ovan dammen.

### 3. Roterande skärmar placerade under vatten vid turbinvattenintag

Sådana system förväntas avleda 60-80 % av alla fiskungar. 10 m<sup>3</sup>/s flöde avsätts till bypasskanalen eller sekundär "fiskskärm". Kostnad bedöms bli mycket höga och intaget till turbinvattenkanalerna måste då sannolikt modifieras i de flesta fall. Därtill kommer höga underhållskostnader och att fiskskärmerna måste tas bort under vinterperioden. En fördel är dock att vissa av modellerna kan förses med självrensande system (Figur 14). Denna metod bedöms dock av många som ett orealistiskt alternativ.

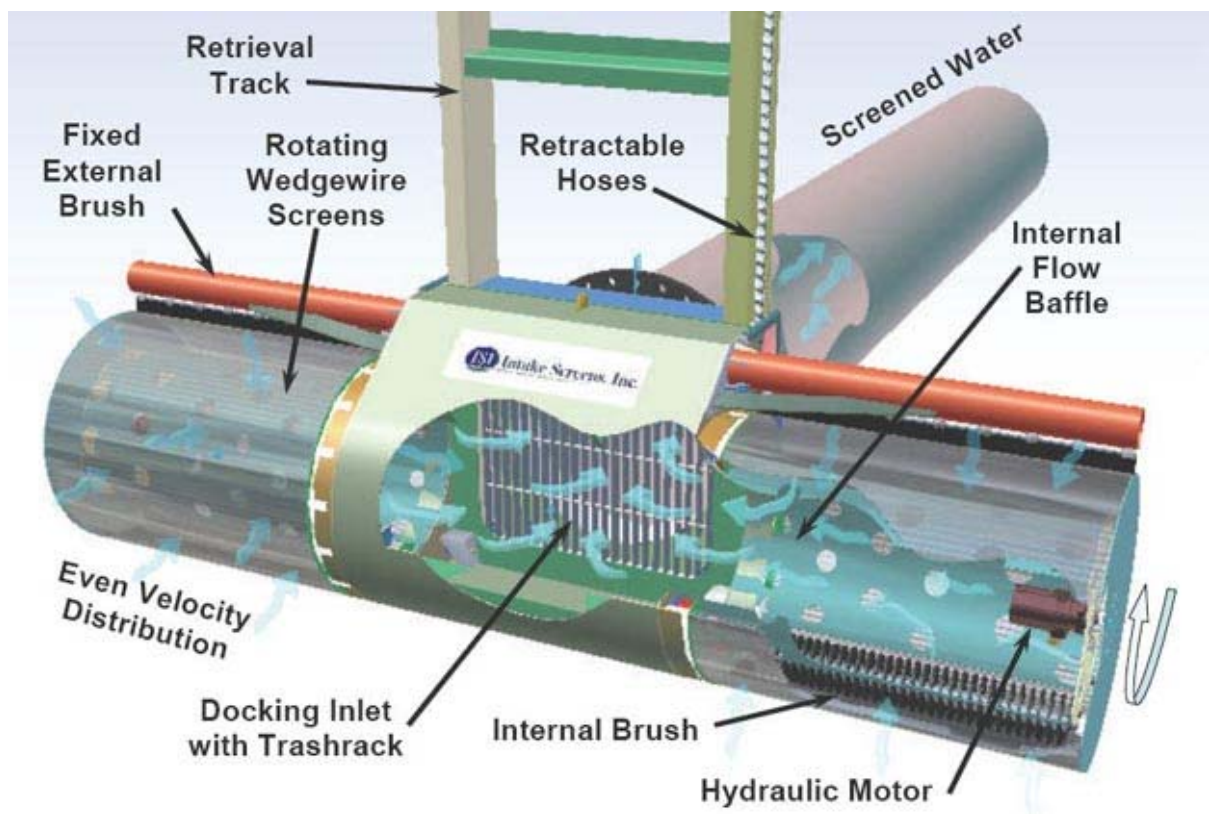
**4. Vinklat smalspaltigt galler (angled bar rack-course louver) (Figur 15).** Denna teknik beräknas avleda 60-80 % av fiskungarna till en kostnad som bedöms jämförbar med "Louver"-alternativet. Dessutom uppstår fallförluster över gallret vilket leder till minskad elproduktion. Ett bypassflöde (>10 m<sup>3</sup>/s) leder till ny bypasskanal eller annan sorteringsenhet. Ca >9 m<sup>3</sup>/s kan då användas som lockvatten till lekfisken.



**Figur 13.** Louver-system från Holyoke, Massachusetts, USA. Bilden är tagen ungefär vid öppningen till förbypassagen för fisk. Man ser också all bråte som samlats vid gallret.

**5. Andra tekniker för att leda fisk i önskad riktning.** Infraljud kan användas men rekommenderas inte pga. de stora vattenvolymer det handlar om i de flesta av våra utbyggda

älvar<sup>133</sup>. Ljussignaler kan i viss mån användas för att leda eller attrahera fisk till och genom öppningar i en tröskel eller för att styra förflyttningar i ett bypass-system. De här teknikerna har visat sig bra om man vill attrahera fisk till öppningar i trappor men kan inte användas för att leda fisk längre sträckor i stora vattenvolymer där fisken beteende styrs av medfödda signalsystem som reagerar på vattenflöde, mm. Samma sak gäller bubblor i vattnet, i en del studier har man provat med en "bubbelridå" som ska leda fisken. Ljussignaler kan ha en viss verkan, men det visar sig ofta att fisken vänjer sig vid det och då upphör verkan. Dessutom finns det många andra ljud i vattnet, vilket gör att man måste göra noggranna undersökningar innan man installerar ett kostsamt högtalarsystem. Men ljudsignaler kan användas som ett komplement till gällersystemen som listats ovan. Om man ser det hela från ett produktionsperspektiv är teknik som inte bygger på att montera fysiska hinder i vattendraget generellt att föredra eftersom de inte påverkar vattenkraftproduktionen negativt i större utsträckning. Det finns exempel på studier på kombinerade spärrar (t ex Bioacoustic fish fence, BAFF) med hög effektivitet<sup>164, 165</sup>. Även här måste dock förutsättningarna på plats vara gynnsamma.



**Figur 14.** Skiss över en självrensande roterande skärm från Intake Screens Inc., USA (<http://www.intakescreensinc.com/Cylinder-Screens.aspx>)





**Figur 15.** Vinklat smalspaltigt galler (angled bar rack-course louver). Öppningen i betongväggen är ingången till fiskens förbipassage.

### 6.2.5. Ekologiska effekter

Med ekologiska effekter menas påverkan på de vilda bestånden, både vad gäller samma art, andra fiskarter, eller andra organismgrupper. Detta är tyvärr ett relativt dåligt utforskat område. Anledningen till detta är flera, (1) man vet för lite om förhållandena före utbyggnaden, (2) det är dyrt, svårt och tidskrävande att studera dessa frågor, (3) den förändring som utbyggnaden medfört är/antas vara större än de som utsättningarna av odlad fisk medför, och (4) även om utsättningarna medför stor påverkan på vilda bestånd är/antas effekterna av att inte sätta ut fisk vara större. Kompensation- och stödutsättningar bidrog på 1980-talet till att 90 % av Östersjöns laxbestånd bestod av odlad fisk<sup>134</sup>. En bidragande orsak var förmodligen att det i odling gick att hantera M74 på ett sätt som inte är möjligt i naturen. I en undersökning från 1981 rapporterades att det fanns 83 öringproducerande odlingar och att dessa i genomsnitt kläckte fram 250 000 st. yngel. Av dessa sattes 75 % ut i naturen. Om dessa fiskar inte satts ut skulle Östersjön nästan vara utan en massa topp-predatorer, vilket också kan anses som en negativ ekologisk effekt<sup>135</sup>.

#### 6.2.5.1. Spridning, konkurrens, mm.

En studie på hundlax (*Oncorhynchus keta*) visar att stora utsättningar leder till att arten utökar sitt utbredningsområde till havs<sup>136</sup>. Huruvida detta innebär ökat överlapp i utbredningen och därmed potentiellt ökad konkurrens med andra arter/stammar är inte känt. Vissa indicier tyder även på att stora stödutsättningar av laxfisk dramatiskt kan reducera den totala populationsstorleken och att det finns en gräns för hur mycket fisk som kan sättas ut<sup>137</sup>. Vidare kan stora utsättningar bidra till att sjukdomar sprids mellan olika vattendrag<sup>138</sup>. Ett

annat problem, hybridisering mellan lax och öring, kan mycket väl ha med utsättningar, oregelbunden (onaturlig) vattenföring och/eller dammbyggnader att göra<sup>139</sup>. Stora andelar hybrider har på senare år noterats bland annat i Dalälven. Detsamma har noterats i Mörrumsån men kan där knappast kopplas till faktorer med anknytning till vattenkraften. Där är förmodligen en bidragande orsak lax som satts ut runt Bornholm och som sedan vandrat upp i Mörrumsån. Här behövs dock mer ingående studier för att förstå de beteendekologiska aspekterna, dessutom behövs en översikt över både utbyggda och orörda vattendrag.

Två studier antyder att stora utsättningar påverkar vilda bestånd. Hos en stillahavslax (*Oncorhynchus tshawytscha*) fann man att de vilda bestånden påverkades både av förhållandena ute i havet och av antalet odlade laxar som sattes ut<sup>140</sup>. Antalet odlade utsatta laxar kunde inte ensamt förklara variationen i den reproduktiva framgången hos vilda bestånd. Om produktiviteten i havet var god (mycket mat) hade de vilda bestånden också hög produktivitet. Sådana år hade antalet utsatta odlade laxar ingen inverkan på vildfisken. Däremot fanns det ett sådant samband under de dåliga åren (dåligt med mat i havet). Detta visar att man ska vara försiktig med att dra slutsatser, en kort studie under ett gott år hade gett ett svar, och en studie under ett dåligt år en annan. Det som är oroande i sammanhanget är att den negativa påverkan av odlad fisk var som störst när den vilda fisken var som mest sårbar. Ett liknande mönster har noterats för en annan stillahavslax (*O. kisutch*). I 15 vattendrag i Oregon (USA) som studerades i sex år fann man ett negativt samband mellan proportionen lekfisk med odlad ursprung och reproduktiviteten hos de vilda fiskarna<sup>141</sup>.

Exemplen ovan handlar om lekfisk, d.v.s. något som händer ett eller flera år efter den kompensationsodlade fisken satts ut. Detta är nog så intressant, men minst lika viktig är att veta vad som händer med ungstadierna. I ett fältförsök med öring i två vattendrag<sup>142</sup> sattes odlad fisk ut och vild fisk flyttades. I varje vattendrag användes fyra olika sektioner: (1) Kontroll, ingen fisk sattes ut, den ursprungliga tätheten bibehölls. (2) Täthet av öring fördubblades med förflyttad vild fisk (från av annan del av vattendraget). (3) Öringtätheten fördubblades genom att sätta ut odlad fisk. (4) Odlad fisk sattes ut, men ursprungliga tätheten bibehölls, ”överskottet” av vild öring flyttades till (2). Överlevnaden påverkades inte nämnvärt av de ökade tätheterna, däremot var tillväxten sämre i områden med fördubblad täthet. Om den extra fisken hade vilt eller odlad ursprung hade ingen betydelse. Bäst tillväxt hade den ursprungliga fisken; vild fisk och odlad fisk hade båda sämre tillväxt. De två senare grupperna visade också tendenser att rör på sig, de återfångades i högre utsträckning längre bort från utsättningsplatsen. I en liknande studie fann man att utsättning av odlad fisk negativt påverkade tillväxten hos den vilda fisken, så deras resultat antyder att odlad fisk kan ha större negativa effekter än förflyttad vild fisk<sup>143</sup>.

En farhåga är att stora utsättningar ska dra till sig rovdjur och därmed också öka predationstrycket på de vilda bestånden, både laxfiskar och andra fiskgrupper. En dansk undersökning visar att odlad utsatt fisk tas i större utsträckning av skarv och häger än vild fisk<sup>144</sup>. Enligt den danska undersökningen fångades 68 % av fisken av fåglarna, men de hade ingen antydning till att vild fisk därigenom drabbas av ett ovanligt högt rovdjurstryck. I en undersökning på smolt som vandrar ut från Dalälven befanns skarven endast äta ca 1 % av fisken<sup>145</sup>.

Hur utsättningarna påverkar andra grupper av organismer är dåligt undersökt. Det man kan tänka sig är att en stor utsättning åtminstone initialt kan öka trycket på bytesdjur. Några av de fåtal studier som gjorts antyder att så kan vara fallet<sup>146,147</sup>.

#### 6.2.5.2. Sjukdomsspridning

Fiskodling och sjukdomar är värd en egen sammanställning. Här kommer vi endast kort att berör vissa aspekter. Det bör påpekas att släppa upp fisk ovanför ett vandringshinder inte är helt okontroversiellt, det finns bland annat farhågor att sjukdomar ska sprida sig till bestånden uppströms<sup>120</sup>. I Fiskeriverkets förordning (SFS 1994:1716 om fisket, vattenbruket och fiskerinäringen) står det i 16 § utsättningstillstånd inte får ges om det finns risk för spridning av smittsamma sjukdomar. Ett förtydligande finns i Fiskeriverkets föreskrifter (FIFS 2001:3 om odling, utplantering och flyttning av fisk) där det 4:3 § sägs att tillstånd inte får ges för flyttning av levande fisk från havet med angränsande sötvattensområden nedanför det första definitiva vandringshindret för lax och havsöring till övriga sötvattensområden. I Miljöbalken kap 7. (Lag 2001:437) finns ytterligare regelverk om att bedriva verksamheter eller vidta åtgärder som på ett betydande sätt kan påverka miljön. Om fisk ska flyttas eller släppas uppström första vandringshindret i havsmynnande vattendrag måste en konsekvensutredning göras och de nu gällande förordningarna och föreskrifterna ses över. Bland annat måste man väga riskerna mot de långsiktiga genetiska fördelarna för de berörda bestånden.

Ett förhållande som är värt mer uppmärksamhet är förhållandet mellan den odlade fiskens hälsostatus och dess överlevnad<sup>148</sup>. Dyliska skador är inkörsporten för olika sjukdomar, bl.a. kan bakterier erodera hela fenan om det vill sig illa. När sådan fisk sätts ut visar det sig att odlad fisk har sämre överlevnad än vild, men det är svårt att separera sjukdomen från andra odlingseffekter. Vi vet dock väldigt lite om hur en begränsad fenskada påverkar fiskens överlevnad efter utsättning. Från laboratoriestudier vet man dock att infekterad fisk som har god tillgång till mat överlever bättre än de som inte har det<sup>149</sup>. Om infektionen i naturen minskar fiskens möjlighet att söka föda får man en dubbel effekt, dels infektion, dels svält. I Sverige har de flesta odlingar bra hälsokontroll, varför sjuk fisk antingen behandlas eller dödas. Man har således minimerat risken att sjuka fiskar sätts ut.

En annan aspekt är att odlingar kan "förse" omgivande vild miljö med sjukdomar<sup>150,151</sup>. Ett belagt exempel är parasiten (*Lepeophtherius salmonis*), en allvarlig marin patogen som angriper både vild och odlad lax och öring. Detta exempel är dock inte för svenska förhållanden i allmänhet och kompodling i synnerhet. I Sverige har vi genom ett långsiktigt och framgångsrikt arbete, i stor utsträckning drivet av kompodlingarna själva, en god hälsostatus. Vi är också befriade från flera av de allvarliga fisksjukdomar som ställer till stora ekonomiska och ekologiska problem i andra länder. De tilläggsgarantier som vi i Sverige har av denna anledning har varit kostsam för odlingsverksamheten. Den angriper också röding, men i mindre utsträckning<sup>152</sup>. På ett litet smolt kan elva eller fler parasiter räcka för att döda fisken<sup>153</sup>. I Norge har man sett vissa år att parasiten kan döda 30-50 % av all utvandrande öringsmolt<sup>152</sup> och 48-86 % av vild laxsmolt<sup>154</sup>. Man har också noterat att i områden där man inte hade laxodlingar var parasitangreppen betydligt färre<sup>152</sup>. Nu är situationen inte lika alarmerande i Sverige, vi har inte samma intensiva laxodling som i Norge, men exemplet visar ändå hur en odling kan påverka omgivningen. En bra hälsokontroll på odlingarna innebär inte bara att den odlade fisken mår bättre, utan kan även innebära att vild fisk skyddas från kraftig exponering av olika sjukdomsframkallande organismer.

Ett specialfall när det gäller sjukdomar är M74. Det är en sjukdom som drabbar laxens gulesäcksyngel (de nykläckta ynglen) när de är några veckor gamla. Sjukdomen är bunden till vissa laxhonor, och i de kullar som drabbas dör vanligtvis samtliga yngel<sup>163</sup>. En del av symtomen hos M74-yngel kan tolkas som brist på något viktigt näringsämne. Man vet att de sjuka ynglen har mycket lägre halter av tiamin (ett B-vitamin). I odling förekommer det att de nykläckta gulesäcksynglen badas i tiamin, vilket har visat sig vara ett effektivt sätt att

förebygga sjukdomen. Men fråga är om vi redan nu vågar slå fast att M74 inte utgör ett hot mot de vilda bestånden? Eller är det så att detta syndrom tarvar att kompensationsodlingar framgent utgör en slags garant för att M74 inte medför kritiska minskningar av laxpopulationerna i Östersjön? I vart fall har ju kompensationsodlingar potentialen att eliminera de uppenbara effekterna av M74.

#### 6.2.5.3. Utsättning

En annan effekt av kompensationsodlingen, eller snarare utsättningen efter det att fisken är färdigvuxen på odling, är smoltutvandringen och lekåtervandringen. Hur och när man sätter ut fisken har stor betydelse för hur fisken beter sig. Om fisken sätts ut för tidigt, d.v.s. innan den är helt smoltifierad, finns risk för att den stannar kvar i vattendraget. Nackdelen med det är att vattendraget oftast inte kan hysa några större mängder fisk (p.g.a. utbyggnaden). Resultatet kan bli negativa täthetsberoende effekter såsom ökad dödlighet och sämre tillväxt. Likaså om man sätter ut fisken för högt upp i vattendraget kan den få för sig att stanna kvar där. Detta kan vara lite förvånande, man kan ju tycka att fisken då borde bättre lära sig hur hemvattnet ter sig, vilket borde gynna en mer precis återvandring. Detta är också delvis sant. I Östersjön har man under flera år praktiserat fördröjd utsättning, man sätter ut fisken i kassar i havet och låter fisken växa lite extra på våren innan den sätts ut. Detta ger en kraftigt ökad överlevnad<sup>155</sup>, men kanske på bekostnad av en mindre precis återvandring. Ofta har dessa utsättningar gjorts mer eller mindre långt från hemälven (danska utsättningar har bl.a. gjorts runt Bornholm). Resultatet blir att fisken inte hittar ett hemvatten och kan vandra upp i vilket vatten som helst, vilket negativt kan påverka de bestånd som finns där. Naturvårdsverket anser att fördröjd utsättning av odlad lax i södra och sydöstra Östersjön bör upphöra. Effekterna av felvandrande lax på de genuina bestånden i Mörrumsån och i flera av västkustens vattendrag är inte kända och bör utredas. Tumregeln är om man sätter ut fisken på fel plats vid fel tidpunkt så ökar felvandringen<sup>156</sup>.



**Figur 16.** Ett laxsmolt. När laxungarna ska vandra ut i havet förändras deras utseende och beteende; de börjar simma i stim och blir slankare och silverblanka.



## 7. Litteraturlista

1. <http://www.svenskenergi.se/sv/Om-el/Vattenkraft/>
2. Spade, B. 1999. *De svenska vattenkraftverken – teknik under hundra år*. Riksantikvarieämbetet, Stockholm.
3. Montén, E. 1985. *Fisk och turbiner. Om fiskars möjligheter att oskadda passera genom kraftverksturbiner*. Nordstedts Tryckeri, Stockholm.
4. [http://www.vattenfall.se/om\\_vattenfall/var\\_verksamhet/var\\_produktion/vara\\_anlaggningar/rydal.asp](http://www.vattenfall.se/om_vattenfall/var_verksamhet/var_produktion/vara_anlaggningar/rydal.asp)
5. Samnordisk runtextdatabas: <http://www.nordiska.uu.se/samnord.htm>.
6. Ling, S. W. 1977. *Aquaculture in Southeast Asia - a historic review*. University of Washington Press, Seattle.
7. Montén, E. 1988. *Fiskodling och vattenkraft – en bok om kraftverksutbyggnadernas inverkan på fisket och hur man sökt kompensera skadorna genom främst fiskodling*. Tryckoffset AB.
8. Norbäck, O.G. 1884. *Fiskevård och fiskeafvel*. C.E. Fritze's K. Hofbokhandel, Stockholm.
9. Almer, B. 2006. *I upprörda vatten- Reflektioner över en kvartssekellång vistelse i Halland*.
10. Johansson, N. 1996. *Femtio laxlekar eller femtio år lek med laxen*. Jubileumskrift till Laxforskningsinstitutets 50-års-jubileum 1996. Löjdquist Tryckeri Eft. AB, Tierp.
11. Meffe, G.K. 1992. Techno-arrogance and halfway technologies: salmon hatcheries on the Pacific west coast of North America. *Conservation Biology* 6(3):350-354.
12. Fisher, R.A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press, Oxford, United Kingdom.
13. Wright, S. 1931. Evolution in Mendelian populations. *Genetics* 16:97-159.
14. Wright, S. 1938. Size of populations and breeding structure in relation to evolution. *Science* 87:430-431.
15. Ryman, N. 1981. Conservation of genetic resources: experiences from the brown trout (*Salmo trutta*), p. 61-74. – In: Ryman, N. (ed.) *Fish gene pools*. *Ecol. Bull.* (Stockholm) 34.
16. Ryman, N. 1997. Minimizing adverse effects of fish culture: understanding the genetics of populations with overlapping generations. *ICES J. Marine Sci.* 54:1149-1159.
17. Wang, J. & Ryman, N. 2001. Genetic effects of multiple generations of supportive breeding. *Conservation Biology* 15:1619-1631
18. Waples, R.S. 2002. Definition and estimation of effective population size in conservation of endangered species. In: Beissinger, S.R. & McCullough, D.R. (eds) *Population viability analysis*, pp 147-168.
19. Briscoe, D.A., Malpica, J.M., Robertson, A., Smith, G.J., Frankham, R., Banks, R.G. & Baker, J.S.f. 1992. Rapid loss of genetic variation in large captive populations of *Drosophila* flies: Implications for the genetic management of captive populations. *Conservation Biology* 6:416-425.
20. Reed, D.H., Lowe, E.H., Briscoe, D.A. & Frankham, R. 2003. Inbreeding and extinction: Effects of rate of inbreeding. *Conservation genetics* 4:405-410.
21. Brook, B.W., Tonkyn, D.W., O'Grady, J.J. & Frankham, R. 2002. Contribution of inbreeding to extinction risk in threatened species. *Conservation Ecology* 6(1):16.
22. Thévenon, S. & Couvet, D. 2002. The impact of inbreeding depression on population survival depending on demographic parameters. *Animal Conservation* 5:53-60.
23. Laikre, L., Landerberg, P., Palm, S. Järvi, T. Westin, L. & Ryman, N. 2000. *Genetiskt uthållig fiskevård – en fallstudie av havsöring på Gotland*. Adebe Miljötryck.
24. Consuegra, S., de Leaniz, C. G., Serdio, A., & Verspoor, E. 2005. Selective exploitation of early running fish may induce genetic and phenotypic changes in Atlantic salmon. *Journal of fish biology*, 67(s1), 129-145
25. Fox, M. G. 1993. A comparison of zygote survival of native and non-native walleye stocks in two Georgian bay rivers. - *Environ. Biol. Fish.* 38:379-383.



26. Hansen, M.M., Nielsen, E.E., Ruzzante, D.E. Bouza, C. & Mensberg K-L.D. 2000. Genetic monitoring of supportive breeding in brown trout (*Salmo trutta* L.), using microsatellite DNA markers. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57:2130-2139.
27. Laikre, L., Palm, S., & Ryman, N. 2005. Genetic population structure of fishes: Implications for coastal zone management. *Ambio*, 34(2), 111-119.
28. Vasemägi, A., Gross, R., Paaver, T., Kangur, M., Nilsson, J. & Eriksson, L-O. 2001. Identification of the origin of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) population in a recently recolonized river in the Baltic Sea. *Molecular Ecology*, 10, 2877-2882.
29. McGinnity, P., Prodöhl, P., Ferguson, A., Hynes, R., Ó Maoiléidigh, N., Baker, N., Cotter, D., O'Hea, B., Cooke, D., Rogan, G., Taggart, J. & Cross, T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of The Royal Society: Biological Sciences* 270:2443-2450.
30. Merilä, J., Laurila, A. & Lindgren, B. 2004. Variation in the degree and costs of adaptive phenotypic plasticity among *Rana temporaria* populations. *Journal of Evolutionary Biology* 17: 1132-1140.
31. Neff, B.D. 2004. Stabilizing selection on genomic divergence in a wild fish population. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*. 101:2381-2385.
32. Brown, A.F. 1991. Outbreeding depression as a cost of dispersal in the harpacticoid copepod, *Tigriopus californicus*. *Biological Bulletin, Marine Biological Laboratory, Woods Hole*, 181:123-126.
33. Edmands, S. 1999. Heterosis and outbreeding depression in interpopulation crosses spanning a wide range of divergence. *Evolution* 53:1757-1768.
34. Gharrett, A.J., Smoker, W.W., Reisenbichler, R.R. & Taylor, S.G. 1999. Outbreeding depression in hybrids between odd- and even-broodyear pink salmon. *Aquaculture* 173: 117-130.
35. Crozier, W.W. 1993. Evidence of genetic interaction between escaped farmed salmon and wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in a Northern Irish river. *Aquaculture* 113:19-29.
36. Crozier, W. W. 1998. Genetic implications of hatchery rearing in Atlantic salmon: effects of rearing environment on genetic composition. *Journal of Fish Biology* 52: 1014-1025.
37. Largiadèr, C.R. and A. Scholl. 1996. Genetic introgression between native and introduced brown trout (*Salmo trutta* L.) populations in The Rhône River Basin. – *Mol. Ecol.* 5: 417-426.
38. Clifford, S. L., McGinnity, P. & Ferguson, A. 1998. Genetic changes in an Atlantic salmon population resulting from escaped juvenile farm salmon. *J. Fish. Biol.* 52:118-127.
39. Hansen, M.M., Nielsen, E.E., Rbekkevold, D. & Mensberg K-L.D. 2001. Admixture analysis and stocking impact assessment in brown trout (*Salmo trutta*), estimated with incomplete baseline data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:1853-1860.
40. Ruzzante, D.E., Hansen, M.M. & Meldrup, D. 2001. Distribution of individual inbreeding coefficients, relatedness and influence of stocking on native anadromous brown trout (*Salmo trutta*) population structure. *Mol. Ecol.* 10:2107-2128,
41. Borgström, R., Skaala, Ø., & Aastveit, A.H. 2002. High mortality in introduced brown trout depressed potential gene flow to a wild population. *J. Fish. Biol.* 61:1085-1097.
42. Candy, J.R. & Beacham, T.D. 2000. Patterns of homing and straying in southern British Columbia coded-wire tagged chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) populations. *Fisheries Research* 47, 41-56.
43. Vasemägi, A. 2004. *Evolutionary Genetics of Atlantic Salmon (Salmo salar L.)- Molecular Markers and Applications*. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences Umeå, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Silvestria 324.
44. Consuegra, S., Verspoor, E., Knox, D. & García de Leániz, C. 2005. Asymmetric gene flow and the evolutionary maintenance of genetic diversity in small, peripheral Atlantic salmon populations. *Conservation Genetics* 6:823–842.
45. Franklin, I.R. 1980. Evolutionary change in small populations. In: Soulé, M.E. & Wilcox, B.A. (eds.) *Conservation biology: an evolutionary-ecological perspective*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
46. Lynch, M. & Lande, R. 1998. The critical effective size for a genetically secure population. *Animal Conservation* 1:70-72.

47. Franklin, I.R. & Frankham, R. 1998. How large must populations be to retain evolutionary potential. *Animal Conservation* 1:69-70.
48. Frankham;R. & Franklin, I.R. 1998. Response to Lynch and Lande. *Animal Conservation* 1:73.
49. Waples, R.S. 1999. Dispelling some myths about hatcheries. *Fisheries* 24(2):12-21.
50. Snyder, N.F.R., Derrickson, S.R., Beissinger, S.R., Wiley, J.W., Smith, T.B., Toone, W.D., & Miller, B. 1996. Limitations of captive breeding in endangered species recovery. *Conservation Biology* 10: 338-348.
51. Crnokrak P, Roff D (1999) Inbreeding depression in the wild. *Heredity*, 83, 260–270.
52. Woodworth, L.M., Montgomery, M.E., Briscoe, D.A. & Frankham, R. 2002. Rapid genetic deterioration in captive populations: Causes and conservation implications. *Conservation Genetics* 3: 277-288.
53. Hemmat, M., & Eggleston, P. 1988. Competitive interactions in *Drosophila melanogaster*: Recurrent selection for aggression and response. *Heredity* 60:129-137.
54. Welbergen, P., Spruijt, B.M., & van Dijken, F.R. Mating speed and the interplay between female and male courtship responses in *Drosophila melanogaster* (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Insect Behavior* 5:229-244.
55. Hoffman, A.A 1988. Heritable variation for territorial success in two *Drosophila melanogaster* populations *Animal Behaviour* 36:1180-1189.
56. Francis, R.C. 1984. The effects of bidirectional selection for social dominance on agonistic behavior and sex ratios in the paradise fish (*Macropodus opercularis*). *Behaviour* 90:25-45.
57. Bakker, T.C.M.1985. Two-way selection for aggression in juvenile, female and male sticklebacks (*Gasterosteus aculeatus* L.), with some notes on hormonal factors. *Behaviour* 91:123-135.
58. Fraser, D. & Rushen, J. 1987. Aggressive behavior. - *Vetr. Clinics N. Amer. Food. Anim. Pract.* 3:285-305.
59. Huntingford, F. A. 1980. Analysis of the motivational processes underlying aggression in animals. In: Toates, F. M. & Halliday, T. R. (red.): *Analysis of motivational processes*. London: Academic Press.
60. Ruzzante, D.E. 1994. Domestication effects on aggressive and schooling behavior in fish. *Aquaculture* 120: 1-24.
61. Doyle, R.W. & Talbot, A.J. 1986. Artificial selection on growth and correlated selection on competitive behaviour in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 43: 1059-1064.
62. Ruzzante, D. E. & Doyle, R. W. 1991. Rapid behavioral changes in medaka, *Oryzias latipes*, during selection for competitive and noncompetitive growth. *Evolution* 45: 456-470.
63. Ruzzante, D.E. & Doyle, R.W. 1993. Evolution of social behaviour in a resource-rich, structured environment: selection experiments with medaka (*Oryzias latipes*). *Evolution* 47: 456-470.
64. Lacy, R.C. 1987. Loss of Genetic Diversity from Managed Populations: Interacting Effects of Drift, Mutation, Immigration, Selection, and Population Subdivision. *Conservation Biology*, 1(2):143-158.
65. Frankham, R & Brook, B.W. 2004. The importance of time scale in conservation biology and ecology. *Annales Zoologici Fennici* 41: 459-463.
66. Hansen, S.W. 1996. Selection for behavioural trait in farmed mink. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 49:137-148.
67. Malmkvist, J. & Hansen, S.W. 2001. The welfare of farmed mink (*Mustela vison*) in relation to behavioural selection: A review. *Animal Welfare* 10:41-52.
68. Mazzi, D., Kunzler, R., Larglader, C.R., & Bakker, T.C.M. 2004. Inbreeding affects female preference for symmetry in computer-animated sticklebacks. *Behavior Genetics* 34: 417-424.
69. Grant, B.R. 2003. Evolution in Darwin's finches: A review of a study on Isla *Daphne major* in the Galapagos archipelago. *Zoology (Jena)* 106: 255-259.
70. Salonen, A. & Peuhkuri, N. 2004. A short hatchery history: does it make a difference to aggressiveness in European grayling? *Journal of Fish Biology* 65 (Suppl. A): 231-239.

71. Petersson, E. & Järvi, T. 1997. Reproductive behaviour of sea trout (*Salmo trutta*) - consequences of sea-ranching. - *Behaviour* 134:1-22.
72. Johnsson, J.I., Petersson, E., Jönsson, E., Björnsson, B. Th. & Järvi, T. 1996. Domestication and growth hormone alter growth patterns and anti-predator behaviour in juvenile brown trout, *Salmo trutta*. *Can. J. Fish. Aquat. Sci* 55:685-693.
73. Höjesjö, J., Johnsson, J.I., Petersson, E. & Järvi, T. 1998. The importance of being familiar: individual recognition and social behaviour in sea trout (*Salmo trutta*). *Behavioral Ecology* 9: 445-451.
74. Petersson, E. & Järvi, T. 2003. Growth and social interactions of wild and sea-ranched brown trout and their hybrids. - *J. Fish Biol.* 63:673-686
75. Hedenskog, M., Petersson, E. & Järvi, T. 2002. Agonistic behavior and growth in newly emerged brown trout (*Salmo trutta* L) of sea-ranched and wild origin. *Aggressive Behavior* 28: 145-153.
76. Petersson, E. & Järvi, T. 2000. Both agonistic and scrambled competition affect the growth performance of brown trout (*Salmo trutta*) parr of wild and of sea-ranched origins. - *Environ. Biol. Fishes* 59:211-218.
77. Petersson, E. & Järvi, T. 2006. Anti-predator response in wild and sea-ranched brown trout and their crosses. *Aquaculture* 253:218-228
78. Lepage, O., Øverli, Ø., Petersson, E., Järvi, T. & Winberg, S. 2000. Differential neuroendocrine stress responses in wild and domesticated sea trout. - *Brain, Behav. Evol.* 56:259-268.
79. Palm, S., Dannewitz, J., Järvi, T., Petersson, E., Prestegard, T., Ryman, N., 2003. Lack of molecular genetic divergence between sea-ranched and wild sea trout (*Salmo trutta*). *Mol. Ecol.* 12, 2057– 2071.
80. Baglinière, J.L., Maisse, G. & Nihouarn, A. 1990. Migratory and reproductive behaviour of female Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in a spawning stream. *Journal of Fish Biology* 36:511-520.
81. De Gaudemar, B & Beall, E. 1998. Effects of overripening on spawning behaviour and reproductive success of Atlantic salmon females spawning in a controlled flow channel. *Journal of Fish Biology* 53:434-446.
82. Barnes, ME, Sayler, WA, Cordes, RJ & Hanten, RP. 2003 Potential indicators of egg viability in landlocked fall chinook salmon spawn with or without the presence of overripe eggs. *North American Journal of Aquaculture* 65:49-55.
83. Barnes, M.E & Durben, D.J. 2004. Lack of correlation between chinook salmon spawn survival and the number of overripe eggs as determined by digital imagery *North American Journal of Aquaculture* 66(2):165-167.
84. van den Berghe, E.P. and M.R. Gross. 1989. Natural selection resulting from female breeding competition in a pacific salmon (coho: *Oncorhynchus kisutch*). *Evolution* 43: 125-140.
85. Fleming, I. A. & Gross, M. R. 1994. Breeding competition in a pacific salmon (coho: *Oncorhynchus kisutch*): measures of natural and sexual selection. *Evolution*, 48:637-657.
86. Evans, D.M. 1994. Observations on the spawning behaviour of male and female adult sea trout, *Salmo trutta* L., using radio-telemetry. *Fish. Manag. Ecol.* 1: 91-105.
87. Petersson, E, Järvi, T, Olsén, K. H., Mayer, I. & Hedenskog, M. 1999. Male-male competition and female choice in brown trout. – *Anim. Behav.* 57:777-783.
88. Ballou, J.D. & Lacy, R.C. 1995. Identifying genetically important individuals for management of genetic variation in pedigreed populations. In: Ballou, Jonathan D.; Gilpin, Michael; Foose, Thomas J. [Eds]. *Population management for survival and recovery: analytical methods and strategies in small population conservation*. Columbia University, pp: 76-111.
89. Frankham, R., Manning, H., Margan, S.H. & Briscoe, D.A. 2000. Does equalization of family sizes reduce genetic adaptation to captivity? *Anim. Conserv.* 4:357-363.
90. Fleming, I. A. 1994. Reproductive success and the genetic threat of cultured fish to wild populations. In. *The protection of aquatic biodiversity* (Ed: Philipp, D. P.). Proceedings of the World Fisheries Congress. Theme 3. Oxford and IBH Publishing, New Delhi, India.
91. Pakkasmaa, S. & Piironen, J. 2001. Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations. *Biol. J. Linn. Soc.* 72:231-239.

92. Riddell, B.E. & W.C. Leggett. 1981. Evidence of an adaptive basis for geographic variation in body morphology and time of downstream migration of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38: 321-333.
93. Swain, D. P., Riddell, B. E. & Murray, C. B. 1991. Morphological differences between hatchery and wild populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): environmental versus genetic origin. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 48:1783-1791.
94. Fleming, I. A., Jonsson, B., & Gross, M. R. 1994. Phenotypic divergence of sea-ranched, farmed, and wild salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51:2808-2824.
95. Pakkasmaa, S. & Piironen, J. 2001. Water velocity shapes juvenile salmonids. *Evol. Ecol.* 14:721-730.
96. Imre, I., MacLaughlin, R.L. & Noakes, D.L.G. 2002. Phenotypic plasticity in brook charr: shanges in caudal fin induced by water flow. *J. Fish. Biol.* 61:1171-1181.
97. Marcetti, M.P. & Nevitt, G.A. 2003. Effects of hatchery rearing on brain structures of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Environ. Biol. Fish.* 66:9-14.
98. Björnsson, B. Th. 1997. The biology of salmon growth hormone: from daylight to dominance. *Fish Physiol. Biochem.* 17:9-24.
99. MacCormick, S.D. & Björnsson, B. Th. 1994. Physiological and hormonal differences among Atlantic salmon parr and smolts reared in the wild , and hatchery smolts. *Aquaculture* 121:235-244.
100. Johnsson, J.I; Höjesjö, J; & Fleming, I.A. 2001 Behavioural and heart rate responses to predation risk in wild and domesticated Atlantic salmon. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58:788-794.
101. Sundström, L.F., Petersson, E., Johnsson, J.I., Dannewitz, J., Höjesjö, J.& Järvi, T.. 2005. Heart rate responses to predation risk in brown trout (*Salmo trutta* L.) are affected by rearing environment. *Journal of Fish Biology* 67:1280-1286.
102. Berejikian, B.A., Mathews, S.B. & Quinn, T.P. 1996. Effects of hatchery and wild ancestry and rearing environments on the development of agonistic behaviour in steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 53:2004-2014.
103. Einum, S. & Fleming, I. A. 2001. Implications of stocking: ecological interactions between wild and released salmonids. *Nordic. J. Freshw. Res.*, 75, 56-70.
104. Metcalfe, N.B., Wright, P.J. & Thorpe, J.E. 1992. Relationship between social status, otolith size at first feeding and subsequent growth in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Animal Ecology* 62, 2630-2636.
105. Thompson, R.B. 1966. *Effects of predator avoidance conditioning on post-release survival rate of artificial propagated salmon*. PhD thesis, University of Seattle, pp156.
106. Pillay, T.V.R. 1993. *Aquaculture, principals and practices*. Fishing News Books. Cambridge.
107. Sundström, L. F. & Johnsson, J. I. 2001. Experience and social environment influence the ability of young brown trout to forage on live novel prey. *Animal Behaviour*, 61, 249-255.
108. Berejikian, B.A., R. J. F. Smith, E.P. Tezak, S.L. Schroder, and C.M. Knudsen. 1999. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56:830-838.
109. Brown, C. Markula, A. & Laland, K. 2003. Social learning of prey location in hatchery-reared Atlantic salmon. *J. Fish Biol.* 63:738-745.
110. Kalleberg, H. 1958. Observations in a stream tank of territoriality and competition in juvenile salmon and trout (*Salmo salar* L. and *S. trutta* L.). *Rept. Inst. Freshwater Res. Drottningholm*, 39, 55-98.
111. Jenkins, T. M. 1969. Social structure position choice and microdistribution of two trout species (*Salmo trutta* and *Salmo gairdneri*) resident in mountain streams. *Animal Behaviour Monographs*, 2, 571-23.
112. Grant J.A. 1997. Territoriality. In: Godin J-GJ (ed) *Behavioural ecology of teleost fishes*. Oxford University Press, Oxford, pp 81-103
113. Baker, R.F. & Ayles, G.B. 1990. The effects of varying density and loading level on the growth of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* ). *World Aquaculture*. 21: 58-62.

114. Brockmark, S. 2005. *Nature-like fish for release – environmental effects on pre- and post-release performance in brown trout (Salmo trutta) and Atlantic salmon (Salmo salar)*. Licentiate Thesis, Göteborgs Universitet.
115. Berejikian, B. A., Tezak, E. P., Riley, S. C. & LaRae, A. L. 2001. Competitive ability and social behaviour of juvenile steelhead reared in enriched and conventional hatchery tanks and a stream environment. *J. Fish Biol.*, 59, 1600-1613.
116. Brown, C. & Laland, K. 2001. Social learning and life skills training for hatchery reared fish. *J. Fish Biol.*, 59, 471-493.
117. Vilhunen, S. 2005. *Evaluating innate and learned determinants for improving antipredator behaviour of stocked fish*. Academic dissertation, Helsinki University.
118. Mirza, R.S. & Chivers, D.P. 2000. Predator recognition training enhances survival of brook trout: evidence from laboratory and field enclosure studies. *Can. J. Zool.* 78:2198-2008.
119. Griffin, A.S., Blumstein, D.T. & Evans, C.S. 2000. Training captive-bred of translocated animal to avoid predators. *Conservation Biology* 14(5):1317-1326.
120. Freeman, R. (and others) 2002. Opening rivers to Trojan fish: The ecological dilemma of dam removal in the Great lakes. *Conservation in Practice* 3(4):35-39.
121. Marmulla, G. (ed.) 2001. *Dams, fish and fisheries: Opportunities, challenges and conflict resolution*. FAO Fisheries Technical Paper 419.
122. Bednarek, A.T. 2001. Undamming rivers: A review of the ecological impacts of dam removal. *Environmental Management* 27:803-814.
123. Wassvik, E. 2004. *Model test of an efficient fish lock as an entrance to fish ladders at hydropower plants*. Examensarbete, Master of Science Programme, Luleå Tekniska Universitet, 2004:158 CIV.
124. Wassvik E. & Engström T.F. 2004. Model test of an efficient fish lock as an entrance to fish ladders at hydropower plants. *Proceedings of the V International Symposium on Ecohydraulics* 2:915-920.
125. Wassvik E. 2006. *Attraction channel as entrance to fishways*. Licentiate thesis 2006:29, Luleå University of Technology, Luleå
126. Chapman, D., Carlson, C., Weitkamp, D. & Matthews, G. 1997. Homing in sockeye and Chinook salmon transported around part of their smolt migration route in the Columbia River. *North American Journal of Fisheries Management* 17:101-113.
127. U.S. Department of Energy; Wind and Hydropower Technologies Program [http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/hydro\\_research\\_test.html#design](http://www1.eere.energy.gov/windandhydro/hydro_research_test.html#design)
128. Hecker, G.E. & Cook, T.C. 2005. Development and evaluation of a new helical fish-friendly hydroturbine. *J. Hydraul. Eng.* 131:835-844.
129. Lundqvist, H., Westbergh, S. Wallin, K.A., Svensson, B. & Sandström, H. 2001. *Diskussion och litteratursammanställning kring tänkbara fisk-vandringslösningar för Stornorrfors kraftstation i Umeälven - rapport från studieresa längs Columbiafloden i maj 2001*.
130. Anom. 2004. *Evaluation of mitigation effectiveness at hydropower projects: fish passages*. Division of Hydropower Administration and Compliance Office of Energy Projects, Federal Energy Regulatory Commission, U.S.A.
131. Verreault, G. & Dumont, P. 2002. An estimation of American eel escapement from the Upper St. Lawrence river and Lake Ontario in 1996 and 1997. *Am. Fish. Soc. Symp.* 33:243-251.
132. Anom. 1994. *Experimental Fish Guidance Devices Position Statement of National Marine Fisheries Service Southwest Region*. NMFS Southwest Region Position Paper on Experimental Technology for Managing Downstream Salmonid Passage.
133. Vanderwalker, J.G. 1967. Response of salmonids to low frequency sound. *Marine Bio-acoustics*, volume 2 *Proceedings of the second symp. On Marine Bio-Acoustics held at the American Museum of Natural History, New York, April 13-15, 1966*. Pergamon Press, New York .
134. Eriksson, T. & Eriksson, L.-O. 1993. The status of wild and hatchery propagated Swedish salmon stocks after 40 years of hatchery releases in the Baltic rivers. - *Fish. Res.* 18:147-159.
135. Petersson, E. 2004. Impact écologiques des repeuplements par des poissons d'élevage sur les espèces sauvages (Ecological impacts of released fish on wild species). *Les Dossiers de L'Environnement de L'INRA* 26:35-45. (In French, translated by Annik Lacombe).

136. Ogura, M. & Ito, S. 1994. Change in the known ocean distribution of Japanese chum salmon, *Oncorhynchus keta*, in relation to the progress of stock enhancement. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51:501-505.
137. Fagen, R. & Smoker, W. W. 1989. How large-capacity hatcheries can alter interannual variability of salmon production. – *Fish. Res.* 8:1-11.
138. Heggberget, T. G., Johnsen, B. O., Hindar, K., Jonsson, B., Hansen, L. P., Hvidsten, N. A. & Jensen, A. J. 1993. Interactions between wild and cultured Atlantic salmon: a review of the Norwegian experience. – *Fish. Res.* 18:123-146.
139. Jansson, H. & Öst, T. 1997. Hybridization between Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*S. trutta*) in a restored section of the River Dalälven, Sweden. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 54:2033-2039.
140. Levin, P.S., Zabel, R.W. & Williams, J.G. 2001. The road to extinction is paved with good intentions: negative association of fish hatcheries with threatened salmon. – *Proceedings of the Royal Society London, B.* 268:1153-1158.
141. Nickelson, T. 2003. The influence of hatchery coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on the productivity of wild coho salmon populations in Oregon coastal basins. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60:1050-1056.
142. Bohlin, T., Sundström, L.F., Johnsson, J.I., Höjesjö, J. & Pettersson, J. 2002. Density-dependent growth in brown trout: effects of introducing wild and hatchery fish. – *Journal of Animal Ecology* 71: 683-692.
143. Weber, E.D. & Fausch, K.D. 2005. Competition between hatchery-reared and wild juvenile chinook salmon in enclosures in the Sacramento Piver, California. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 134:44-58
144. Dieperink, C. Pedersen, S. & Pedersen M.I. 2001. Estuarine predation on radiotagged wild and domesticated sea trout (*Salmo trutta* L.) smolts. *Ecol. Freshw. Fish* 2001:177-183.
145. Anom. 2005. Pressinformation från Fiskeriverket 2005-10-18.
146. Dahl, J. & Greenberg, L. 1996. Impact on stream benthic prey by benthic vs drift feeding predators: a meta-analysis. – *Oikos* 77:177-181.
147. Englund, R.A. & Polhemus, D.A. 2001. Evaluating the effects of introduced rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on native stream insects on Kauai Island, Hawaii. – *Journal of Insect Conservation* 5:265-281.
148. McDonald, D.G., Milligan, C.L. Mcfarlane, W.J., Croke, S., Currie, S., Hooke, B., Angus, R.B., Tufts, B. & Davidson, K. 1998. Condition and performance of juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effects of rearing practices on hatchery fish and comparison with wild fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55:1208-1219.
149. Damsgard, B., Sorum, U., Ugelstad, I., Eliassen, R.A. & Mortensen, A. 2004. Effects of feeding regime on susceptibility of Atlantic salmon (*Salmo salar*) to cold water vibriosis. *Aquaculture* 239:37-46.
150. Krkošek, M, Lewis, M.A., Morton, A. Frazer, L.N. & Volpe, J.P. 2006. Epizootics of wild fish introduced by farm fish. *Proceedings of the National Academy of Science of the U.S.A.*
151. Woodroffe, R. 1999. Managing disease threats to wild mammals. *Animal Conservation* 2:185-193.
152. Bjorn, P. A., Finstad, B. & Kristoffersen, R. 2001. Salmon lice infection of wild sea trout and Arctic char in marine and freshwaters: the effect of salmon farms. – *Aquaculture Research* 32:947-962.
153. Finstad, B., Björn, P. A., Grimnes, A. & Hvidsten, N. A. 2000. Laboratory and field investigations of salmon lice (*Lepeophtherius salmonis* Krøyer) infestation on Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) post-smolts. – *Aquaculture Research* 31:795-803.
154. Holst, J. C. & Jakobsen, P. J. 2001. Dødelighet hos utvandrende postsmolts av laks som følge av lakselusinfeksjon (Mortality of emigrating salmon postsmolts caused by sea louse). – *Fiskets Gang* 8:13-15.
155. Anom. 1990. *Fördröjd utsättning och fredningsområde – räddningen för laxen och laxfisket i Östersjöområdet*. Rapport från referensgruppen för projektet 'Vidareutveckling av fördröjd utsättning av lax i Östersjön. Löjdquist Tryckeri AB, Tierp.

156. Quinn., T.P. 1993. A review of homing and straying of wild and hatchery-produced salmon. – *Fish. Res.* 18(1-2): 29-44.
157. Energimyndigheten 2006 *Miljövärdering av el*, underlagsrapport.
158. Frost, L.A., Evans, B.S. & Jerry, D.R. 2006. Loss of genetic diversity due to hatchery culture practices in barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquaculture*, 261(3):1056-1064.
159. Saoud, I.P., Davis, D.A., Roy, L.A. & Phelps, R.P. 2005. Evaluating the benefits of size sorting tilapia fry before stocking. *Journal of Applied Aquaculture*, 17(4):73-85.
160. Wallace, J.C. & Kolbeinshavn, A.G., 1988. The effect of size grading on subsequent growth in fingerling Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture*, 73(1-4):97-100.
161. Seppä, T., Peuhkuri, N., Hirvonen, H., Laurila, A. Piironen, J. & Ranta, E. 1999. Narrow size regime among individuals favors rapid growth in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) juveniles. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 56: 1891–1897.
162. Slutrapport 2006. Anordning för lockvattenströmmar vid kraftverk. Ur. Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten. Etapp 2. *Elforsk rapport* 06:37.
163. Anom. 1999. *Fisken och fortplantningen i Östersjön*. Naturvårdsverket Temafakta, mars 1999.
164. Fish Guidance Systems. <http://www.fish-guide.com/home.htm>
165. Welton, J.S., Beaumont, W.R.C & Clark, R.T. The efficacy of air, sound and acoustic bubble screens in deflecting Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts in the River Frome, UK. *Fisheries Management and Ecology*, 2009, 11-18.
166. Stockholms stads webbportal;  
<http://www.stockholm.se/Extern/Templates/NewsPage.aspx?id=34955>
167. EWOS;  
<http://www.ewos.com/no/ewos/ewosno2.nsf/0/B3B4CFB5EB278096C12572260039133A>
168. Reimchen, T.E. & Temple, N.F. 2004. Hydrodynamic and phylogenetic aspects of the adipose fin in fishes. *Can. J. Zool.* 82: 910–916.
169. *Förslag på riktlinjer för en rationell och hållbar avelsverksamhet vid odlingar med uppgift att odla lax och öring för kompensationsutsättningar i vattenmål*. PM från Fiskhälsan FH AB 2005-04-10 (reviderad 2005-07-25).
170. Energimyndigheten 2003 ”Barsebäck 2” ER 14:2003.
171. Redovisning av regeringens uppdrag med anledning av skrivelsen Vissa fiskeri-politiska frågor - Översyn av arbete med omprövning samt tillsyn av vattendomar och vattenföretag, dnr 10-1910-06.