

# VATTENKRAFT - MILJÖEFFEKTER, ÅTGÄRDER OCH KOSTNADER I NU REGLERADE VATTEN

## ETAPP 2

Programskrift 2004



[www.vattenkraftmiljo.nu](http://www.vattenkraftmiljo.nu)

**ELFORSK**

  
Energimyndigheten

 FISKERIVERKET

**NATUR  
VÅRDS  
VERKET**

## Förord

Programmet "Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten" syftar till att ta fram underlag för implementering av de mest kostnadseffektiva miljöförbättrande åtgärderna inom vattenkraften.

Totalt satsas 40 miljoner kronor av Elforsk (elföretagen), Energimyndigheten, Fiskeriverket och Naturvårdsverket under sex år på forskning om vattenkraftens miljöpåverkan och utveckling av miljöförbättrande åtgärder.

Den första etappen av programmet avslutades under 2003. I denna skrift beskrivs programmet och forskningsprojekten som ingår i den andra etappen och som pågår till och med 2005.

I den andra etappen har mål och verksamhet givits ytterligare fokus på åtgärdsinriktad verksamhet som ska ge kunskap som har relevans för åtgärder som kan aktualiseras av EU:s ramdirektiv för vatten och det av riksdagen antagna miljökvalitetsmålet "Levande Vattendrag".

Programmet leds av en styrelse med följande sammansättning:

Lars Tegnér (ordförande)	Statens energimyndighet
Sara Hallert	Statens energimyndighet
Kjell Isaksson	Vattenfall AB Vattenkraft
Torbjörn Tärnhuvud	Sydkraft Vattenkraft AB
Hans Rohlin	Fortum Generation AB
Anna Helena Lindahl	Naturvårdsverket
Catarina Johansson	Naturvårdsverket
Erik Sparrevik	Fiskeriverket
Ingemar Berglund	Fiskeriverket
Lars Hammar (programledare, adjungerad)	Elforsk AB

För den som är intresserad av att fördjupa sig ytterligare finns mer information på [www.vattenkraftmiljo.nu](http://www.vattenkraftmiljo.nu).

Stort tack till alla er som bidrar till programmets verksamhet.

Eskilstuna augusti 2004



Lars Tegnér  
Energimyndigheten  
Ordförande i programstyrelsen

## **Innehåll**

<b>1. Programmet.....</b>	<b>1</b>
1.1 Vattenkraft och miljön .....	1
1.2 Mål.....	3
1.3 Prioriterade områden.....	3
<b>2. Projekten.....</b>	<b>5</b>
2.1 Flödesregimens effekt på laxens vandring i ett “bypass” system: observationer och modellering av förutsättningar för passage av kraftverksbyggnader.....	5
2.2 Fiskvägar som restaureringsåtgärd för fragmenterade fiskpopulationer.....	12
2.3 Restaurering av regleringsmagasin – optimering av fisk- och planktonproduktion genom balanserad näringsanrikning .....	16
2.4 Produktion av naturlig sättfisk.....	20
2.5 Anordning för lockvattenströmmar vid vattenkraftverk.....	24

## **1. Programmet**

Totalt satsas 40 miljoner kronor av Elforsk (elföretagen), Energimyndigheten, Fiskeriverket och Naturvårdsverket under sex år på forskning om vattenkraftens miljöpåverkan och utveckling av miljöförbättrande åtgärder genom programmet "Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten".

Syftet är att ta fram underlag för implementering av de mest kostnadseffektiva miljöförbättrande åtgärderna inom vattenkraften. I denna skrift beskrivs programmet och projekten som ingår i den andra treårsetappen som pågår till och med 2005.

### **1.1 Vattenkraft och miljö**

I mer än 100 år har industrin och samhället dragit nytta av energin i strömmande vatten genom att bygga vattenkraftverk. Idag produceras 65 TWh per år eller ungefär hälften av all el i Sverige med vattenkraft. Det finns nära 2 000 vattenkraftverk i Sverige, varav cirka 1200 småskaliga med en effekt på mindre än 1,5 MW.

Vattenkraft är en ren och förnybar energikälla med låga utsläpp och mycket liten klimatpåverkan. Däremot är konsekvenserna för landskapet och organismerna kring en utbyggd älv stora. Vissa områden torrläggs, medan andra överdäms, forsar försvinner och det blir svårare för fiskar och andra djur att överleva. Sportfiske, turism och friluftsliv påverkas.

#### ***Miljökraven förändras***

De flesta stora svenska kraftverk byggdes under en tid när samhället inte prioriterade miljöhänsyn lika högt som idag. Till en början fokuserades miljöfrågorna på intrången i olika näringar och mänskliga aktiviteter samt på estetiska frågeställningar. Relativt sent har naturvårdsfrågor, som idag tillmätts stort intresse men som inte målmedvetet beaktades i den tidiga vattenkraftutbyggnaden, lagts till. Vattenlagen från 1984 innebär t ex att villkoren för ett vattenföretag skulle kunna omprövas till förmån för främst allmänna intressen. Miljökraven förväntas också fortsätta att öka i framtiden och nya viktiga riktlinjer för det är de nationella miljö kvalitetsmålen och EU:s ramdirektiv för vatten.

#### ***Miljö kvalitetsmål***

I den av riksdagen antagna miljömålspropositionen (2000/01:130) har fragmenteringen av vattendrag lyfts fram som ett angeläget naturvårdsproblem att komma till rätta med. Miljöanpassning av vattenkraften anges vara ett viktigt verktyg för att förbättra miljön både i och omkring befintliga vattenkraftanläggningar samt i vattendrag med skador från tidigare regleringar. Utgångspunkten för denna miljöanpassning bör enligt propositionen vara att nuvarande produktionskapacitet bibehålls totalt sett.

**"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"**

**"Levande sjöar och vattendrag" – ett av Sveriges 15 miljömål**

Sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara, och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas. Inriktningen är att miljökvalitetsmålet ska nås inom en generation.

**Nationella delmål knutna till vattenkraft**

Senast år 2005 ska berörda myndigheter ha identifierat och tagit fram åtgärdsprogram för restaurering av Sveriges skyddsvärda vattendrag eller sådana vattendrag som efter åtgärder har förutsättningar att bli skyddsvärda. Senast till år 2010 ska minst 25 % av de värdefulla och potentiellt skyddsvärda vattendragen ha restaurerats.

Senast år 2005 ska utsättning av djur och växter som lever i vatten ske på sådant sätt att biologisk mångfald inte påverkas negativt

***Ramdirektiv för vatten***

I slutet av år 2000 antog Europaparlamentet ett ramdirektiv för vatten med syfte att skydda, förbättra och återställa alla ytvattenförekomster i syfte att uppnå en god ytvattenstatus 2015.

Arbetet med att implementera ramdirektivet i den svenska lagstiftningen pågår. I det nationella miljökvalitetsmålet "Levande sjöar och vattendrag" anges som ett delmål att "senast år 2009 ska det finnas ett åtgärdsprogram enligt EG:s ramdirektiv för vatten som anger hur god ytvattenstatus ska uppnås."

I ramdirektivet sägs bland annat att medlemsländerna ska skydda och förbättra alla konstgjorda och kraftigt modifierade vattenförekomster i syfte att uppnå en god ekologisk potential där så är rimligt år 2015.

***Underlag för beslut behövs***

Samtidigt pågår av andra miljörelaterade orsaker en omställningen av energisystemet mot större andel icke reglerbara energikällor, t ex vindkraft. En omställning som kan innebära att vattenkraftens roll som energi- och effektproducent kan komma att bli ännu viktigare. I vattenkraftsammanhang innebär ett ökat momentant effektbehov snabbare flödesförändringar med potentiellt negativa konsekvenser för de reglerade vattendragen.

Dessa viktiga riktlinjer visar på aktualitet och betydelse i att ta fram underlag som stöd till den stora utmaning för såväl svensk kraftindustri som för ansvariga myndigheter som bl a implementeringen av såväl de nationella miljökvalitetsmålen som EU:s ramdirektiv för vatten innebär.

Andra etappen av programmet "Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten" är inriktat mot framtagande av underlag som stöd till denna implementering. Ambitionen är därför att så långt det är möjligt fånga frågeställningar som har relevans för de åtgärder som den kan aktualisera.

## 1.2 Mål

Programmets långsiktiga och övergripande förutsättning är att:

- projekten skall vara åtgärdsinriktade och ge underlag för de åtgärder som kan aktualiseras vid implementeringen av de nationella miljökvalitetsmålen och EU:s ramdirektiv för vatten.
- vattenkraft skall kunna bedrivas effektivt efter anpassning till de nationella och regionala miljökvalitetsmålen samt EU:s ramdirektiv för vatten.

Programmets strategiska mål är:

- att pröva och utvärdera hypoteser och teoretiska modeller i försöks- och pilotanläggningar samt i naturliga vatten.
- att vid högskolor och universitet och företag långsiktigt öka kompetensen inom programmets prioriterade områden samt att främja samarbetet mellan högskolor, universitet, forskargrupper och företag nationellt och internationellt.
- att stärka samarbete mellan olika vetenskapliga discipliner samt industrin då flertalet frågeställningar är av tvärvetenskaplig karaktär.
- att projekten skall ha sådan vetenskaplig kvalitet att resultaten publiceras i vetenskapligt granskade tidskrifter.

## 1.3 Prioriterade områden

Resultaten skall i största möjliga utsträckning kunna ge generaliserbar information om hur ett vatten kan restaureras så att naturliga arter skall kunna leva i hållbara bestånd. Särskilt skall de biologiska värdena både i vattnet och strandnära områden beaktas. Det gäller att förbättra de rådande förhållandena i vattenförekomsten så att de närmar sig naturliga förhållanden så långt det är möjligt utan att ändringen/regleringen av vattendraget förlorar sitt syfte. Detta inbegriper analyser eller framtagande av underlag till analyser där åtgärder värderas ekonomiskt och tidsmässigt enligt EU:s ramdirektiv för vatten.

För etapp två av programmet har nedanstående områden identifierats som prioriterade. Prioriteringen har i stor utsträckning baserats på frågeställningar som aktualiserats vid omprövningar och som bedöms vara primära områden vid kommande implementering av EU:s ramdirektiv för vatten.

### ***Förbättrade förutsättningar för vandring hos vattenorganismer***

Utveckla funktionella och kostnadseffektiva vandringsvägar för fisk och andra vattenorganismer. Befintlig och ny kunskap används för att utforma, konstruera och utvärdera vandringsvägar förbi vattenkraftverk, regleringsdammar och andra vandringshinder orsakade av vattenkraftproduktion. Ett viktigt syfte är att motverka fragmentering av vattendrag.

Projekten som beskrivs i avsnitten 2.1 Flödesregimens effekt på laxens vandring i ett "bypass" system: observationer och modellering av förutsättningar för passage av kraftverksbyggnader, 2.2 Fiskvägar som restaureringsåtgärd för fragmenterade fiskpopulationer och 2.5 Anordning för lockvattenströmmar vid vattenkraftverk arbetar med prioriterade frågor inom detta område.

### ***Habitatförstärkning***

Utveckla funktionella och kostnadseffektiva åtgärder för att fiskars och vattenlevande organismers krav på reproduktions- och tillväxtpotentialer i reglerade vatten ska kunna förbättras. Befintlig och ny kunskap används för att utforma och utvärdera habitatförstärkande åtgärder. Ett viktigt syfte är att säkerställa och om möjligt även förbättra befintlig ekologisk potential i reglerade vatten.

Projektet som beskrivs i avsnitt 2.3 Restaurering av regleringsmagasin – optimering av fisk- och planktonproduktion genom balanserad näringsanrikning arbetar med prioriterade frågor inom detta område.

### ***Flödesregimer (mintappning, korttidsreglering etc.)***

Utveckla funktionella och kostnadseffektiva förslag för hur korttidsregleringar och mintappningar kan utformas på bästa sätt. Befintlig och ny kunskap används för att utforma och utvärdera nya strategier för korttidsreglering och mintappning. Ett viktigt syfte är att maximera vattenlevande djurs och växters möjligheter att fortleva i reglerade vatten.

Projektet som beskrivs i avsnittet 2.1 Flödesregimens effekt på laxens vandring i ett "bypass" system: observationer och modellering av förutsättningar för passage av kraftverksbyggnader arbetar med prioriterade frågor inom detta område.

### ***Kompensationsutsättningar av fisk***

Utveckla funktionella och kostnadseffektiva metoder för odling av mer naturanpassad fisk. Befintlig och ny kunskap används för att utforma och utvärdera kompensationsutsättning av fisk i reglerade vatten. Ett viktigt syfte är att säkerställa bevarandet av befintlig genetisk variation i vildlevande populationer.

Projektet som beskrivs i avsnitt 2.4 Produktion av naturlig sättfisk arbetar med prioriterade frågor inom detta område.

## 2. Projektet

### 2.1 Flödesregimens effekt på laxens vandring i ett "bypass"-system: observationer och modellering av förutsättningar för passage av kraftverksbyggnader

#### **Projektdeltagare**

*Projektleddare:*

Hans Lundqvist, Professor  
Vattenbruksinstitutionen  
Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU  
901 83 Umeå  
090-786 7675  
hans.lundqvist@vabr.slu.se

*Projektdeltagare:*

Lars Bergdahl, Professor  
Vatten Miljö Transport  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
031-772 21 55  
lars.bergdahl@wet.chalmers.se

*Projektdeltagare:*

Kjell Leonardsson, Docent  
Vattenbruksinstitutionen  
Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU  
901 83 Umeå  
090-786 7679  
kjell.leonardsson@vabr.slu.se

*Doktorand:*

Peter Rivinoja, M.Sc  
Vattenbruksinstitutionen  
Sveriges Lantbruksuniversitet, SLU  
901 83 Umeå  
090-786 9072  
peter.rivinoja@vabr.slu.se

*Doktorand:*

Jaan Kiviloog, Civilingenjör  
Vatten Miljö Transport  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
031 – 772 21 59  
jaan.kiviloog@wet.chalmers.se

#### **Bakgrund och problemställning**

Många naturliga stammar av laxfisk riskerar utrotning och den svenska vilda Östersjöaxen (*Salmo salar*) och havsöringen (*Salmo trutta*) är inget undantag. Idag utgör vild lax mindre än 15 % av det totala beståndet av lax i Östersjön. Vandringsfiskpopulationer har förlorat sina lek- och uppväxtområden på grund av människans exploatering av strömmande vatten och i reglerade älvar försvåras eller elimineras fiskarnas vandringar genom bl.a. kraftverksbyggnader och flödesregleringar. I en del av dessa reglerade älvar har fiskvägar konstruerats men samtidigt konstateras problem med fiskvägarnas funktion. I Sverige har vi bristfällig kunskap om våra fiskvägars effektivitet. Internationella erfarenheter har dock visat att ovannämnda problem kan minskas avsevärt vid effektivt konstruerade fiskvandringar.

#### **Resultat från etapp 1**

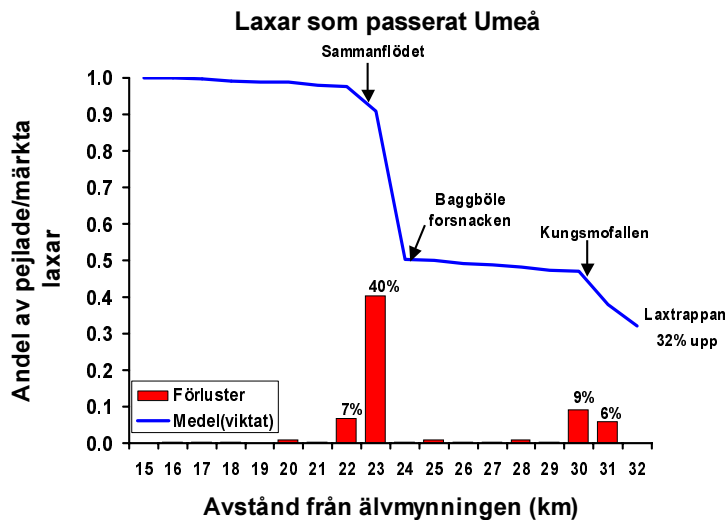
Under etapp 1 har problem kring laxens och havsöringens vandringar i den reglerade Umeälvens nedre del studerats.

Sammanfattningsvis noteras att lekvandrande lax har svårighet att hitta rätt väg uppströms förbi det flödesreglerade områden i Umeälven. Det innebär svårigheter för den vilda Vindelälvsaxen att hitta "bypass-kanalen" (gamla älvfåran), som leder fisken uppströms till fisktrappan och vidare till Vindelälvens lekområden.

Man har också observerat att radiomärkt vild lax reagerar starkt på ändringar i vattenflöden och vandrar upp- eller nedströms beroende på om flödet minskar eller ökar. Anlockningen av fisk till "bypass-kanalen" ökar generellt vandringsintensiteten med ökande flöde medan alltför höga flöden (>180 m<sup>3</sup>/s) försvårar lekvandringen. Förhållandet mellan flödesregimer och stigande

"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"

lekfisk är mycket komplext. Andelen radiomärkt samt PIT-märkt lax som genomförde vandrigen de 32 km från märkplatsen i Umeälvens mynning till fisktrappan i Norrfors under 2001 och 2002, var 18 % resp 49 %.



Den i genomsnitt 70 procentiga förlusten av lekfisk i det kraftverks-påverkade området nedan fisktrappan förklaras av att laxens vilseleds av kraftverksvattnet i tunnelutloppet och således inte hittar fisktrappan. Invandringen till vandringsleden (gamla älvfåran) störs av kraftverks-utloppets höga vattenflöde.

Figur 2.1.1. Sannolikheten (medel procentuell förlust) för laxens uppvandring i nedre Umeälven (en distans på ca 32 km) samt områden där förluster sker.

Studier av utvandrande lax- och öringungar (smolt) från området ovan Norrfors mot dammen och kraftverket i Stornorrfors visade att frisläppta radiomärkta lax- och öringssmolt under sin utvandring mot havet följde den dominerande strömmen, vilket resulterade i turbinpassage. Rutiner för modellering av strömningen i vattenvägar för bedömning av tekniska åtgärder för fiskpassage runt kraftverk/dammar har påbörjats och delvis validerats genom fältnätningar.

Det föreligger alltså uppenbara svårigheter för både leklax och deras avkomma att finna en funktionell passage vid upp- eller nedströmsvandring i älven. I synnerhet verkar det svårt för leklaxen att hitta från den stora vattenmassan i kanalutloppet från Stornorrfors kraftverk till det mindre vattenflödet i bypasskanalen som leder vidare uppströms. Förbättringar av fiskvägar i sötvattenssystem är i dagsläget ett effektivt sätt att bevara långvandrande fiskarter och det är därför viktigt att utvärdera den kvantitativa betydelsen av fiskvägar vid kraftverk i älvars nedre del som hinder för passage till kvarvarande reproduktionsområden uppströms.

En populationsmodell har redovisats för vildlax som visar de långsiktiga positiva effekterna på beståndsnivå om vandringsvägen i tex Umeälvens nedre del kan förbättras.

**Mål**

Projektets överordnade mål är att förbättra vandringsfiskars passage av vattenkraftverk, regleringsdammar och andra vandringshinder. Projektet är åtgärdsinriktat och ska bl.a. ge underlag för åtgärder som möjliggör förbättring av laxens och havsöringens upp- och nedvandring via fisktrappor alternativt smoltavledning förbi kraftverk.

Projektet innefattar biologiska studier av lax- och öringvandring och numerisk modellering av vattenflöden i Umeälvens och Piteälvens nedre delar. Fokus är på följande fyra frågeställningar:

- I. Vilka flödesparametrar får leklax som befinner sig i en stor vattenmassa att hitta och lockas upp i en mindre flödeskälla som är den faktiska vandringsleden (sk. bypass) förbi

"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"

kraftverksbyggnationer? Frågeställning inkluderar även hur vandringsfisk generellt hittar och vandrar i t.ex. en fisktrappa.

- II. Hur, när och var i vattenmassan sker utvandringen av lax- och öringsmolt i flödesreglerade vattendrag (specifikt i Stornorrfors i Umeälven, samt Sikfors i Piteälven)?
- III. Är det möjligt att simulera strömningsmönster och validera dessa med fältmätningar för att modellera leklaxens och smoltens förmåga att vandra förbi vattenkraftverk alternativt dammar? Med validerade modeller avses möjligheter styra laxens vandring testas.
- IV. Går det att kvantifiera laxens lekvandring från fisktrappan vid olika flödesregimer för att utreda om laxen faller tillbaka över dammen och vad finns det för erfarenheter av effekten av kraftverksbyggnationer i andra svenska älvar på laxfiskars lekvandring och förmåga till passage?

### **Tidplan**

Projektet startar i februari 2003 och avslutas i december 2005. Lägesrapporter ges helårsvis i december för respektive år. Lägesrapport angående förslag till placering av laxtrappa, avledning av smolt och tillbakafall ges 31 jan 2005. Slutrapport lämnas 2005-12-31 och ekonomisk slutredovisning 2006-03-15. Två disputationer planeras. En doktorandkurs planeras inom ämnesområdet till vårterminen 2004.

### **Projektbeskrivning**

Via moderna radiomärkningstekniker (figur 2.1.2) följs märkta laxars lekvandring. Genom nyttjande av ny ekolodsbaserad hydroakustisk teknik och tredimensionell (3D) numerisk modellering (CFD = Computational Fluid Dynamics) söks laxens ståndplatser och respons på flödesändringar.

Figur 2.1.2. Märkning med inre passivt radiomärke samt aktiva radiomärken.



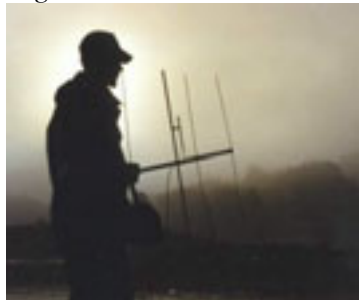
Fisken positioneras i vattenmassan dels genom manuell och automatisk radiopejling (figur 2.1.3), samt via hydroakustisk teknik i form av avancerad ekolodsmätning. Strömningsmönstret datorsimuleras och valideras mot mätdata som erhålls genom mätning med en akustisk doppler profilerare (figur 2.1.4). Den rumsliga positionen för den vandrande fisken kombineras med resultaten av tredimensionella simuleringar i syfte att utvärdera vad i strömmiljön som "triggas" fiskens vägval till fiskvägar (bypass-kanaler) med relativt små vattenflöden.

Kombinerade studier av fiskvandring med flödesmätningar och modellering bedömas vara i fronten för denna typ av forskning. Genom att i detalj kartlägga hur enskilda fiskar vandrar

"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"

genom älvsystemet, får man möjlighet att analysera deras vandringsväg i förhållande till vattenhastighet vid varje unikt tillfälle. Resultaten kan t.ex. användas för att bestämma var fisktrappor för lekvandrande fisk bör placeras, samt hur laxsmolt ska avledas för att undvika turbinpassage.

Figur 2.1.3. Manuell och automatisk radiopejling



Figur 2.1.4. Akustisk dopplerprofilerare



### **Status juni 2004**

Projektet löper planenligt och inleder nu andra fältsäsongen med märkning, positionering och analys av migrationsbeteendet hos vuxen lax som återvandrar till Umeälven. Arbetet med utvandrande smolt i Ume- och Piteälven har avslutat sin första fas.

#### **Uppvandring i Umeälven**

Märkt (radio och PIT-märkt) Vindelälvslox frisläppta i Obbola under 2004 följs på sin lekvandring från Umeälvens mynning till fisktrappan i Norrfors i liknande omfattning som under 2003. Laxens vandringsväg i sammanflödesområdet undersöks i relation till rådande reglering. Den märkta laxens "elektriska" spår i området identifierats och analyseras.

Försöket fortsätter trots svårigheter under 2003. I år trimmas antenn- och loggersystemet för att få bra geografisk täckning och positionering av fisk i tunnelområdet och i Baggböleforsen. Loggerdata valideras mot manuella pejlingsdata. Nya resultat kring vilka flödessignaler som får laxen att hitta och simma in i gamla älvfåran förväntas erhållas.

Veckoregleringen i gamla älvfåran ändras från och med 1 juli 2004 från 19.6 m<sup>3</sup>/s vardagar och 50 m<sup>3</sup>/s helger till vardagstappning på 19,6 m<sup>3</sup>/s, kl 07-22, 50 m<sup>3</sup>/s, kl 22- 04 samt 40 m<sup>3</sup>/s, kl 04-07, för att undersöka den uppvandrande laxens respons på flödesförändringar.

#### **Tredimensionell positionering av fisk i sammanflödesområdet**

Utrustning för tredimensionell positionering av fisk i sammanflödesområdet via hydroakustisk teknologi som baseras på ekolod/sonar (SIMRAD EK 60) har upphandlats, kalibrerats och testats på ung utvandrande fisk (smolt) och äldre uppvandrande fisk (leklax).

Utrustningen har tagits i bruk för att påbörja tidsserier av var fisken finns i vattenmassan nedan tunnelutloppet. Djuppositionering av laxen i sammanflödesområdet bör ge upplysningar av var laxen uppehåller sig djupmässigt och om den vandrar in i tunneln (Stornorrfors) och hur länge den uppehåller sig där i relation till turbinvattenflödet. Under 2004 och 2005 kommer ekolodstekniken att användas för att definiera potentiella områden för placering av ingång till en eventuell fisktrappa i sammanflödesområdet.

### ***Flödesmodellering av nedströmsområdet***

Arbetet med att skapa en "beteendemodell" för fiskvandring med avseende på hydrauliska faktorer för den uppströmsvandrande fisken nedströms Stornorrfors fortsätter. Bearbetningen av indata till bottengeometrin har visat sig ta mer tid än beräknat när indata från egna mätningar, naturgeografernas lodningar (Lars Brydsten & Kerstin Abbing, UMU) samt ritningsmaterial från Vattenfall ska sammanställas.

Strömningsbilden har mätts i delar av sammanflödesområdet för att kunna validera modelleringen och analysera under vilka strömningsförhållanden laxen vandrar upp i "bypass kanalen".

Resterande del av projektet (med två fältsäsonger) fokuseras på att reda ut problematiken med uppströmsvandringen av lax i Umeälvens nedre del med hjälp av hydraulisk modellering av fiskens uppströmsvandring (CTH) och tredimensionell positioneringar (LTU) vid olika tappningsregimer och flödes hastigheter.

### ***Nedströmsvandring i Ume- och Piteälven***

Nedströmsvandring av radiomärkt lax- och öring smolt som studerats 2002-2004 i Umeälven och Piteälven visar entydigt att smolten följer den huvudsakliga vattenströmningen och uteslutande passerar nedströms via kraftverkens turbiner, dvs. inga smolt passerade nedströms via dammluckorna under rådande spill. Frågeställningarna har inte riktats mot att studera hur stor andel smolt som dör/skadas i samband med kraftverkspassage, studien visar dock att en majoritet av fiskarna överlevt, vilket i sig är positivt.

Arbetet med att följa radiomärkt smolt under sin nedvandring i Piteälven är nu avslutat. Det håller på att sammanställas och publiceras. Det kvarstår dock flera frågor om lax- och öringungarnas simbeteende (samt överlevande lekfisk) mot kraftverksdammarna för att kunna ge direktiv för hur en optimal smoltavledning ska genomföras, samt vilka effekter detta får på populationens utveckling.

### ***Flödesmodellering av uppströmsområdena***

Projektet arbetar med flödesmodeller för områdena ovanför dammarna i både Norrfors och Sikfors. Flödesmönster ovan dammarna har uppmätts med akustisk doppler profilerare. Data har sammanställts i en GIS-applikation med botten typer, djupförhållanden och strömmiljöer i vertikalled.

Arbete under 2004 är inriktat på att genomföra och förbättra modellberäkningarna av områdena ovanför dammarna. Efter endel svårigheter finns nu ett nytt tredimensionellt beräkningsnät för området ovanför Sikfors som används för att genomföra beräkningar för olika flödesfall. En jämförelse av de beräknade hastighetsfälten mot uppmätta hastigheter visar på att modellen ger acceptabla resultat som är av bättre överensstämmelse med uppmätta hastigheter än det som tidigare erhållits i Norrfors.

I den närmaste fortsättningen planeras modifiering av Sikforsmodellen för att simulera flödet som rådde vid 2004 års fältförsök med ytutskov. En enkel smoltmodell baserad på partikelsimulering ska också skapas och provas.

### **Nationellt och internationellt samarbete**

Arbetet sker huvudsakligen i samarbete mellan SLU (Vattenbruk, Umeå) och Chalmers (Vatten Miljö Transport, Göteborg) och genomförs i samverkan med kraftindustrin. En grupp bestående av Luleå tekniska universitet, Umeå universitet, Fiskeriverket, Länsstyrelsen i Västerbotten, Vattenfall, Vindelälvens Fiskeråd och NMFS (National Marine Fisheries service, USA) samt NWFSC (Northwest Fisheries Science Center) är också knuten till projektet.

Kontakter har etablerats med John M. Nestler (US Army Corps of Engineers) för framtida kunskapsutbyte inom området för numerisk modellering av fiskens vandringsbeteende. Möjligheten till gästvistelse håller på att etableras (Jaan Kiviloog).

Samarbete med nordamerikansk expertis via NMFS & NWFSC, Seattle, USA ([www.nwfsc.noaa.gov](http://www.nwfsc.noaa.gov)) har utvecklats och ett formellt samverkansavtal etableras nu mellan SLU och NWFSC. Inom det planeras post-doc vistelse för Peter Rivinoja i USA. M.Sc. John Ferguson (NWFSC) ingår också från 16 juni som doktorsstudent i projektet och kommer att inrikta sin huvudsakliga verksamhet mot nedströmsvandring för fisk.

Kontakter angående fiskvandring i kraftverkspåverkade vattendrag har tagits med forskare i Finland, Norge och Sverige vilket lett till en av SLU arrangerad Nordisk Workshop i Umeå 15-16 juni 2004 med ca. 25 deltagare.

### **Vetenskapliga resultat**

1. Rivinoja, P., McKinnell, S. & H. Lundqvist. 2001. *Hindrances to upstream migration of Salmon in a northern Swedish river caused by a hydro electric power-station*. Regul. River: Res. and Management 17, 101-115
2. Sandström, H., K-A Wallin, B. Svensson, S. Westbergh & H. Lundqvist. 2002. *Förbättring av Lax- och Havsöringsbestånden i Vindelälven – Ett åtgärdsförslag*, Rapport från Vindelälvens Fiskeråd, 2002-03-23.
3. Kiviloog, J., Bergdahl, L., Rivinoja, P., Lundqvist, H., Leonardsson, K., 2003. "Influence of flow on migratory behaviour of salmon smolts", Proceedings, Hydro 2003 "The Way Forward for Hydropower", Dubrovnik, Croatia, 03-06 November 2003 (rapport finns tillgänglig).
4. Kiviloog, J., Bergdahl, L., Rivinoja, P., Lundqvist, H., Leonardsson, K., 2004. *A Smolt Migration Study Using Hydraulic Modelling and Radio Telemetry*", Hydroenergia 04, 17-19 juni Falkenberg. International Conference and Exhibition on Small Hydropower, 17-19 June 2004. Falkenberg, Sweden. ([www.esha.be](http://www.esha.be)).
5. Brydsten, L. 2004. *Mapping water depth and bottom sediments in Stornorrfors hydro electrical power station dam in River Umeälven and in Sikfors hydro electrical power station dam in River Piteälven, northern Sweden*. Technical rep, University of Umeå.
6. Rivinoja, P., Kiviloog, J., Brydsten, L., Östergren, J., Berghdal, L., Leonardsson, K., and H. Lundqvist. 2004. *Downstream migration of Atlantic salmon (Salmo salar) and Brown trout (S. Trutta) smolts in two regulated northern swedish rivers.* "5th International Symposium on Ecohydraulics: Aquatic habitats: Analysis & Restoration, Madrid (SPAIN), 12th -17th September 2004. (<http://www.tilesa.es/ecohydraulics/>). (accepted, proceeding and oral presentation)
7. Lundqvist, H., Rivinoja, P., Leonardsson, P., Kiviloog, J., McKinnell, S., and L. Berghdal. 2004. *Upstream migration of Atlantic salmon (Salmo salar) entering a flow controlled*

"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"

- bypass system in northern Sweden.* "5th International Symposium on Ecohydraulics: Aquatic habitats: Analysis & Restoration, Madrid (SPAIN), 12th -17th September 2004. (Accepted abstract & oral presentation)
8. Leonardsson, K., Rivinoja, P., Bergdahl, L., Kiviloog, J., and H. Lundqvist. 2004. *Migration behaviour of adult Atlantic salmon (Salmo salar) vs. altered flow regimes downstream a hydro power construction.* "5th International Symposium on Ecohydraulics: Aquatic habitats: Analysis & Restoration, Madrid (SPAIN), 12th -17th September 2004. (Accepted Poster presentation)
  9. Kiviloog, J., Berghdal, L., Rivinoja, P., Leonardsson, K., and H. Lundqvist. 2004. *Can hydraulic modeling help to bypass salmon in a turbine outlet area ?* "5th International Symposium on Ecohydraulics: Aquatic habitats: Analysis & Restoration, Madrid (SPAIN), 12th -17th September 2004. ) (Accepted Oral proceeding)
  10. Håkansson, C., Johansson, P-O., Kriström, B., Leonardsson, K., and H. Lundqvist. 2004. *Salmon and Hydropower: Dynamic cost-benefit analysis.* "5th International Symposium on Ecohydraulics: Aquatic habitats: Analysis & Restoration, Madrid (SPAIN), 12th -17th September 2004. (Accepted Proceedings and Oral presentation)
  11. Rivinoja, P., 2004. *Passage problems of Atlantic salmon in regulated rivers.* Vattenbruksinstitutionen, SLU, Rapport 39, 2004) (37 pages-In english)

**Andra aktiviteter**

12. Lundqvist, H. 2004. *Säkerställande av fungerande vandringsvägar för lax och havsöring i Ume- och Vindelälven.* Sveriges Energiting 2004, Eskilstuna 9-10 mars, Framtida utmaningar för svensk vattenkraft:, Session 40, (Muntligt presentation)
13. Lundqvist, H. 2004. *Migratory problem for Salmon and sea trout in the flow regulated Umeälven.* FoU-programmet Miljöbasert vannföring. Erfaringsseminar 17-18, mars 2004, Trondheim, Norway (Föredrag)
14. Lundqvist, H. 2003. *Vildlaxen måste få vandra hem igen.* FORMAS fokuserar, ISBN 91-540-5905-4, , Serie 2, sid 67-79, FORMAS, Stockholm 2003 (Bokkapitel).

## 2.2 Fiskvägar som restaureringsåtgärd för fragmenterade fiskpopulationer

### **Projektdeltagare**

*Projektledare:*

Larry Greenberg, Professor  
Karlstads universitet  
Institutionen för Natur och Miljö  
651 88 Karlstad  
054-7001543  
Larry.Greenberg@kau.se

*Doktorand:*

Olle Calles  
Institutionen för Natur och Miljö  
Karlstads universitet  
651 88 Karlstad  
054-7001454  
Olle.Calles@kau.se

*Projektdeltagare:*

Marianne Löwgren, Docent  
Tema Vatten  
Linköpings universitet  
581 83 Linköping  
013-282291  
marlo@tema.liu.se

*Projektdeltagare:*

Jan Forsberg, Adjunkt  
Ingenjörsvetenskap, fysik och matematik  
Karlstads universitet  
651 88 Karlstad  
054-7001705  
Jan.Forsberg@kau.se

### **Bakgrund och problemställning**

Många arter och processer i rinnande vatten är beroende av en fri passage längs vattendraget, mellan källa och mynning. När man producerar el med hjälp av vattenkraft förstör man ofta den fria passagen eftersom vattenregleringsdammar utgör vandringshinder för bl a fiskar. Därmed kan dammarna ha konsekvenser för fiskars genflöde, genetiska diversitet och tillgång till lek- och uppväxtområden. Rent tekniskt finns det många olika åtgärder man kan vidta för att återförena fiskpopulationer längs ett vattendrag, men för att de lösningar som används skall fungera på ett tillfredsställande sätt, krävs alltså att man anpassar de tekniska lösningarna till de biologiska målen.

En relativt ny och sparsamt använd typ av fiskväg, som kallas för "bypass channel" eller omlöp, efterliknar en naturlig å med låg gradient och hög habitat heterogenitet (Jungwirth 1996). Den största fördelen med denna typ av fiskväg är att den skall kunna fungera för många olika arter, inte bara för de stora kommersiellt viktiga arterna med god simförmåga.

I ett småländskt vattendrag, Emån, invigdes två stycken sådana omlöp vid nedre (370 m långt) och övre (150 m långt) Finsjö under hösten 2000. Efter dessa fiskvägars uppförande har fisken tillgång till ytterligare c:a 20 km av ån, upp till Högsbys kraftstation. Detta tillskott på minst 3,8 ha lekbotten motsvarar en total ökning av lekbotten med c:a 20% för havsvandrande laxfiskar i hela Emån nedströms Högsby.

### **Resultat från etapp 1**

Med ekonomiskt stöd från programmets första etapp under 2000-2002 och i samråd med Sydkraft och medlemmar av Emåområdet intresseförening har omlöpens funktion i Emån utvärderats. Dessutom har en ansats till samhällsekonomisk analys av åtgärden gjorts. Studien omfattar alla vandrande lekmogna fiskarter men datainsamlingen har hittills fungerat bäst för laxartade fiskar. Antalet individer och arter som utnyttjat omlöpen och förändringen av tätheten av juvenila fiskar uppströms omlöpen har studerats.

**"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"**

Under 2001 och 2002 individmärktes fiskar med "passive integrated transponders" (PIT tags) efter att ha fångats i en fiskfälla i Karlshammars fisktrappa, cirka 20 km nedströms omlöpen vid Finsjöarna. För att följa rörelse hos de märkta fiskarna har två PIT-antennor placerats ut i vardera omlöpen vid övre och nedre Finsjö. Vid Karlshammar fångades och märktes 33 karp-artade fiskar, främst färna och vimma, men endast 3 av dessa fiskar vandrade upp till Finsjö. Betydligt fler laxartade fiskar fångades och c:a 94% av dessa var öring; de övriga var lax. När det gäller öring och lax har c:a 16% av fiskarna som märktes vid Karlshammar simmat till omlöpets ingång vid nedre Finsjö och hälften av dessa fiskar har sedan simmat förbi både nedre och övre omlöpet (uppskattningsvis 45 fiskar 2001 och 17 2002). Dessutom verkar lek ha fungerat uppströms Finsjö eftersom yngeltätheten under hösten 2002 (första gången man kan mäta reproduktionsframgång) var betydligt högre på 5 av 6 uppströms lokaler än det var under 2000 och 2001 medan ingen märkbar förändring har noterats i de fem kontrollokalerna nedströms omlöpen.

### **Mål**

Syftet med projektet är att undersöka om utbyggande av omlöp leder till att den vandrande delen av fiskpopulationerna i Emån ökar, och om intäkterna från sportfiske och turism, som förväntas öka, överstiger kostnaderna för åtgärderna. Studien innefattar ekologiska, ekonomiska och hydrauliska aspekter. Förhoppningen är att våra erfarenheter från Emån skall kunna användas för att visa hur man framgångsrikt kan åtgärda andra reglerade vattendrag med liknande problem.

### **Tidplan**

- |           |  |
|-----------|--|
| Vår 2003  | Studera vandring av cyprinider, påbörja smoltutvandringsstudie, samt intervjua sportfiskare och mäta fysiska förhållanden vid kraftverken.               |
| Höst 2003 | Studera vandring av lekfisk (PIT och radiosändare), intervjua sportfiskare.  |
| Vår 2004  | Studera vandring av cyprinider, smoltutvandringsstudie, intervjua sportfiskare, mäta fysiska förhållanden vid kraftverken.                               |
| Höst 2004 | Studera vandring av lekfisk (PIT och radiosändare), intervjua sportfiskare. Sammanställa alla resultat, studera smoltutvandring eventuellt efter åtgärd. |

### **Projektbeskrivning**

För att kunna skatta den direkta nyttan av de nya fiskvägarna krävs information om hur bra fiskvägarna fungerar, både för uppströms och nedströms vandrande fiskar. Under etapp 1 studerades endast uppvandrande lekfiskar medan etapp 2 också kommer att studera nedvandrande fiskar (smolt). Studien kommer att utnyttja olika märkningstekniker, både radiosändning och PIT-märkning, för att kunna studera fiskarnas beteende under vandringen. I samband med studier av fiskarnas beteende kommer också studier av strömförhållanden kring vattenregleringsdammarna göras för att kunna ge förslag på eventuella åtgärder, om mortaliteten av smolt i turbinerna är hög. Dessutom kommer en samhällsekonomisk analys, där intäkterna från sportfisket och turismen i området, som förväntas öka då fisken kan vandra högre upp i systemet, jämförs med kostnaderna för omlöpen.

Frågor som projektet söker svar på är:

- (1) Hur många lekvandrande laxar och öringar vandrar förbi Finsjö?
- (2) Varför vandrar inte alla fiskar som fångas vid Karlshammar upp till Finsjö?
- (3) Varför vandrar bara hälften av alla fiskar som når det nedre omlöpet förbi det övre omlöpet?
- (4) Hur effektiva är omlöpen för andra fiskarter?
- (5) Ökar årsyngeltätheten av lax och öring uppströms omlöpen?
- (6) Hur mycket smolt vandrar igenom omlöpen?
- (7) Hur hög är smoltöverlevnaden när de passerar turbinerna?
- (8) Hur mycket utlekt laxfisk vandrar ut genom omlöpen?
- (9) Överstiger intäkterna från fisketurism anläggnings- och driftkostnader av omlöpen?

Figur 2.2.1. Havsöring fångad vid Karlshammar



Figur 2.2.2. Öring märks med en PIT-sändare



Figur 2.2.3. En PIT-antenn i ett av omlöpen



## Status juni 2004

### Vandring av smolt

Smoltstudie utfördes inte under vår 2003 på grund av snabbt ökande vattenflöden i kombination med otillräcklig tid att bygga en stor smoltfälla. Däremot fångades 67 smolt under perioden 20 april – 27 maj 2004, varav 42 individer märktes med externa radiosändare. Dess passage av de två kraftverken vid Finsjö följdes med hjälp av manuell positionsbestämning samt med automatiska enheter. Enligt preliminära resultat klarade totalt 54 % av smolten att passera båda kraftverken. De individer som misslyckades har antingen bedömts att ha stannat av okänd anledning eller ha dött vid passage av kraftverk.

### Kartläggning av vattenrörelser i kraftverksdammen vid Finsjö övre kraftverk

De hydrauliska undersökningarna visar att huvudströmmen ned mot Finsjö övre kraftverk inte är lika entydig som vid det nedre kraftverket. De preliminära resultaten tyder dock på att vattenrörelserna vid respektive kraftverk hjälper till att förklara de märkta smoltens rörelsemönster, med en preferens för den starkaste vattenströmmen.

### Täthet av årsyngel

Elfiskeundersökningar visade en tydlig ökning av årsyngel uppströms fiskvägarna under 2002 men ingen förändring i referensområden. Detta tyder på att en framgångsrik lek har förekommit efter fiskvägarnas tillblivelse. Dock minskade tätheten av årsyngel både i

**"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"**

referensområden och i området uppströms fiskvägarna under 2003, vilket kan bero på en hög mortalitet i samband med extremt höga flöden sommaren 2003.

**Intervjuer med sportfiskare som del av ekonomisk utvärdering**

Sportfiskare har intervjuats under 2003 och 2004 vid sportfisket på Em samt vid Fliseryds Sportfiskeklubb. Utvärdering av resultaten pågår.

**Fångst samt märkning av cyprinider med PIT-tags för utvärdering av fiskväg**

Ett fåtal färnor och mörtar som fångats i smoltfällorna har märkts med PIT-tags. Dessutom har fällor byggts i respektive omlöps ingång. Arbetet pågår just nu, men fångsterna har hittills varit begränsade. Passage har i år dock kunna fastställs för enstaka mört, sutare, abborre och färna.

**Nationellt och internationellt samarbete**

Samarbete sker med Sydkraft och Emåområdets intresseförening i form av olika möten och presentationer. Diskussioner förs med Prof. Hans Lundqvist, Institution för Vattenbruk, SLU, Umeå angående olika gemensamma intressen. Nyligen ordnade Prof. Hans Lundqvist en workshop, "Nordic workshop for PhD students within Anadromous salmonids research" som vi deltog i. Internationellt samarbete sker med Prof. Stefan Schmutz och Andreas Zitek, Department of Hydrobiology, Fisheries and Aquaculture; University of Agricultural Sciences, Vienna. En person från deras lab har tillbringat en vecka i Sverige för att utbyta erfarenheter av bl.a. olika typer av fiskmärkningstekniker. Deltagande sker även i ett EU COST-program, med titeln "Effekten av vattenreglering- ett nätverk bland Europeiska länder" där man diskuterar olika problem i reglerade vatten.

**Vetenskapliga resultat**

1. Calles, O. och Greenberg, L. 2004. *Evaluation of natural-like fishways for re-establishing connectivity for fragmented salmonid populations in the River Emån*. Inskickad till Rivers Research and Application
2. Calles, Olle. 2004. Muntlig presentation. *Fish passage and restoration efforts in natural and flow-regulated rivers*. Nordic Mini Workshop, Umeå.
3. Calles, O. 2003: Muntlig presentation. *Evaluating the effectiveness of bypass channels in a regulated river*. AFS Annual Meeting, Quebec, Canada.
4. Calles, O. 2003. Posterpresentation: *Fishways as Remedial Measures in Regulated Rivers*. OIKOS symposium. Karlstads universitet.
5. Greenberg, L. 2003. Muntlig presentation. *Fiskvägar som restaureringsåtgärd i reglerade vattendrag*. Samverkans projekt Klarälven, Forshaga
6. Calles, O. 2002. Posterpresentation: *Fishways in regulated rivers: Consequences of a remedial measure for a stream's productivity*. "Fourth International Ecohydraulics Symposium", Kapstaden, Sydafrika.
7. Calles, O. 2002. Muntlig presentation: *Fishways and Flow Regimes in regulated rivers*. "Swedish Water Symposium", Vetlanda.
8. Greenberg, L. 2002. *Panel diskussion om vattenreglering*, Edberg symposiet: Kraft ur vatten- hållbar vattenkraft?
9. Greenberg, L. 2002. *Fiskvägar – en åtgärd för att bibehålla ett vattendrags korridorfunktion*, i: Karin Elmered Vogt (redaktör), Kraft ur vatten- hållbar utveckling. Edbergstiftelsen, p. 155-158.

## 2.3 Restaurering av regleringsmagasin – optimering av fisk- och planktonproduktion genom balanserad näringsanrikning

### **Projektdeltagare**

*Projektledare:*  
Göran Milbrink, professor  
Avd. för Zooekologi,  
Evolutionsbiologiskt Centrum  
Uppsala Universitet  
752 36 Uppsala  
018/4712664  
Goran.milbrink@ebc.uu.se

*Projektdeltagare:*  
Staffan Holmgren, fil.dr.  
Mitthögskolan  
831 25 Östersund  
063/165578  
Staffan.Holmgren@telia.com

*Projektdeltagare:*  
Mats Jansson, professor  
Institutionen för ekologi och  
geovetenskap  
Umeå Universitet  
901 87 Umeå  
060/7866098  
Mats.Jansson@eg.umu.se

*Doktorand:*  
Jonas Persson, fil.mag.  
Avd. för Limnologi,  
Evolutionsbiologiskt Centrum  
Uppsala Universitet  
752 36 Uppsala  
018/4712728  
Jonas.Persson@ebc.uu.se

*Projektdeltagare:*  
Tobias Vrede, fil.dr.  
Avd. för Limnologi,  
Evolutionsbiologiskt Centrum  
Uppsala Universitet  
752 36 Uppsala  
018/4712725  
Tobias.Vrede@ebc.uu.se

*Projektdeltagare:*  
Lars Tranvik, professor  
Avd. för Limnologi,  
Evolutionsbiologiskt Centrum  
Uppsala Universitet  
752 36 Uppsala  
018/4712722  
Lars.Tranvik@ebc.uu.se

*Projektdeltagare:*  
Emil Rydin, fil.dr.  
Avd. för Limnologi,  
Evolutionsbiologiskt Centrum  
Uppsala Universitet  
752 36 Uppsala  
018/4712714  
Emil.Rydin@ebc.uu.se

*Projektdeltagare:*  
Peter Blomqvist, professor  
Avd. för Limnologi,  
Evolutionsbiologiskt Centrum  
Uppsala Universitet  
752 36 Uppsala  
018/4712729  
Peter.Blomqvist@ebc.uu.se

### **Bakgrund och problemställning**

Reglerade sjöar i de skandinaviska fjällen har på grund av de kraftiga årliga vattenståndsfluktuationerna förlorat den biologiska produktionen i strandzonen och de har utarmats på näring. Detta har lett till utarmade fiskbestånd med få och småvuxna fiskar (fr.a. röding och öring). Projektets frågeställningar är:

1. Vilka är orsakerna till näringsutarmningen?
2. Kan kompensatorisk näringstillägg (fosfor och kväve) bygga upp biologisk produktion i den fria vattenmassan som ersätter den förlorade produktionen i strandzonen? Leder ökad produktion till att fiskpopulationerna restaureras?
3. Vart tar den näring som tillsätts vägen?

### **Resultat från etapp 1**

Under projektets första del har vi kunnat visa på ett stort sedimentationsmönster av fosfor på djupare bottnar, samt en snabb och kraftfull produktionsförbättring i den planktiska näringskedjan till följd av näringstillägget – en förbättring som medfört en påtaglig tillväxt- och konditionsökning hos i första hand röding men även hos öring. Vi har kunnat belägga att nedströmstransporten av tillsatt fosfor år 2002 stannade på måttliga 24% - f.ö. samma värde

som på den naturliga vidaretransporten av fosfor 2001. Vi har vidare kunnat visa att näringstillseterna omsatts i åtliga växtplanktonarter och att de djurplanktonarter som starkt gynnats också varit mycket begärliga som fiskföda. I experiment i mindre skala har vi också visat att växtplanktonproduktionen i första hand begränsas av mängden tillgänglig fosfor.

### **Mål**

Projektets mål är att undersöka om det genom balanserade näringstillseter är möjligt samt ekologiskt och ekonomiskt försvarbart att förbättra fiskproduktionen i regleringsskadade sjöar i fjällregionen. Slutmålet är en metod som kan tillämpas i starkt regleringsskadade sjöar i norra Skandinavien.

### **Tidplan**

Projektperioden omfattar åren 2003 tom 2005. Under innevarande år har liksom under närmast föregående år näringstillseter med åtföljande provtagningar och analyser av närsalhalter, växt- och djurplankton samt provfisken skett. Under projektets två avslutande år kommer vi att sammanställa, avrapportera och publicera de resultat vi uppnått. Vi avser också att söka ytterligare medel för att fullfölja näringstillseter och provtagningar under 2004 och 2005 för att möjliggöra en analys av näringstillsetsens långsiktiga effekter.

### **Projektbeskrivning**

Projektet bedrivs i sjöarna Stor-Mjölkvattnet samt Stor-Burvattnet – reglerade sjöar omfattande c:a 1.350 ha vardera i Övre Indalsälven i Jämtland, se figur 2.3.1. Under åren 2000 och 2001 studerades båda sjöarna under omanipulerade förhållanden, och från och med 2002 har näring (fosfor och kväve) tillsatts årligen i Stor-Mjölkvattnet. Näringsgivan motsvarar en fördubbling av fosforhalten, men sjön kan fortfarande betraktas som näringsfattig. Stor-Burvattnet fungerar som obehandlad referenssjö. Provtagningsprogrammet inkluderar såväl kemisk-fysikaliska som biologiska parametrar. Mätningar av närsalhalter i vattenmassan, i sedimentande material och i in- och utflöden ur sjöarna möjliggör näringsbudgetberäkningar, dvs ett svar på frågan vart tillsatt näring tar vägen. Responsen i biologisk produktion studeras bland annat genom mätningar av biomassor och produktion av planktiska organismer (bakterier, växtplankton och djurplankton). Därtill ger analys av stabila isotoper i planktiska organismer och fisk en bild av näringsvävens struktur och hur effektivt näring transporteras i näringsväven. Fiskpopulationernas utveckling följs genom årliga höstprovfisken och kompletteras med pelagiska fisken och ekointegreringar för att dokumentera beståndstäthet.

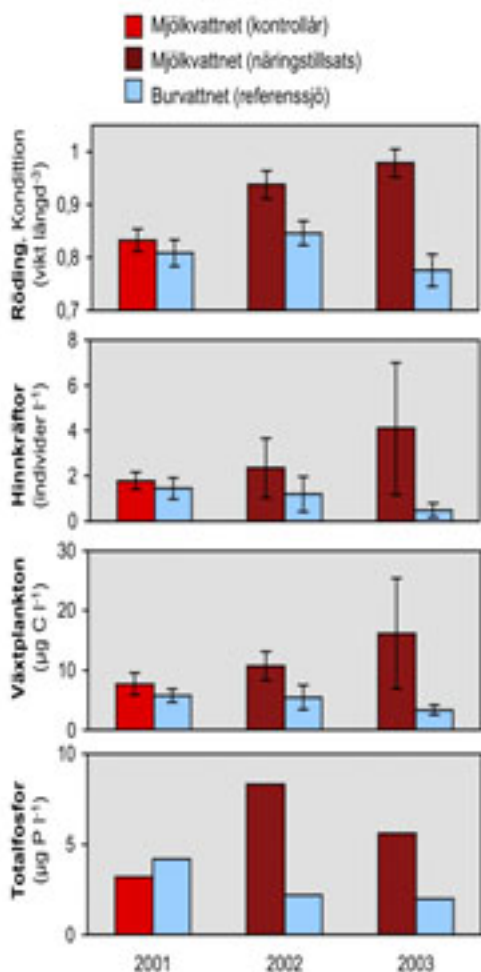


Figur 2.3.1. Stor-Mjölkvattnet och Stor-Burvattnet i bakgrunden

### Status juni 2004

Under 2003 tillsattes näring enligt planerna till Stor-Mjölkvattnet. Näringstillsatsen resulterade i att produktionen av växt- och djurplankton ökade, samt att rödingens kondition ökade kraftigt, se figur 2.3.2. Inga dramatiska förändringar skedde i växtplanktonfloras sammansättning, utan denna bestod till huvudsakligen av ätliga växtplankton av hög kvalitet.

I augusti 2003 skedde i en betydande populationsuppgång av en liten grönalg. Även djurplanktonpopulationernas storlek ökade, framför allt hjuldjuren, men inga förändringar i djurplanktonsamhällets sammansättning observerades.



Utöver att rödingens kondition ökat kraftigt som en effekt av närsalttillsatserna så ökade också dess åldersspecifika tillväxt (såväl längd som vikt), framför allt i åldersklasserna 4-6 år. Även öringarna ökade i kondition och tillväxt.

Experiment i nio näringsfattiga Jämtländska sjöar (inkluderande Mjölkvattnet och Burvattnet) visar att det är en nära balans mellan fosfor- och järnbegränsning av växtplanktonproduktionen i flertalet av sjöarna. En näringstillsats bestående av enbart fosfor kan alltså vara ineffektiv om den är för stor eftersom det då uppstår järnbrist.

Näringsbudgeten för det hydrologiska året (from april 2003- tom mars 2004) färdigställs under sensommaren då alla vattenprover analyseras i ett sammanhang under sommaren 2004. Vi förväntar oss en fortsatt god kvarhållning av tillsatt fosfor i Mjölkvattnet (cirka 75%).

Figur 2.3.2. Fosforhalt, produktionen av plankton och hinnkräftor samt att rödingens kondition i Stora mjölkvattnet

Arbetet med att undersöka orsakerna till näringsutarmningen fortlöper. Sedimentkärnor från Mjölkvattnet (30, 40, 65 och 80 m) har daterats, och preliminära resultat visar att partiklar inte sjunker ner och bildar sediment i samma omfattning nu som innan regleringen 1942. Vår hypotes är att den kontinuerliga vattenståndsförändringen håller de minsta näringsrika partiklarna i kvar i vattenmassan, vilket gör att de förloras nedströms. Därigenom förloras möjligheten för en långsam nedbrytning och fosforfrigörelse från dessa partiklar, vilket skulle kunna förklara näringsutarmningen av Mjölkvattnet.

Projektets olika delar har således utvecklats i linje med planeringen, i vissa delar har utvecklingen t.o.m. varit över förväntan (rödingens kraftiga tillväxt, begränsad vidaretransport nedströms av fosfor, gynnsam utveckling av plankton). Vi har vidare kunnat säkerställa att

sommarens näringstillsättning kommer till stånd i den utsträckning vi tänkt oss. Ekonomin är också säkrad för att genomföra årets provtagningsprogram med bl.a. insamling och konservering av prover för senare analyser och utförande av direkta fysikaliska mätningar. Allt material som insamlats t.o.m. hösten 2003 har analyserats enligt planerna så när som på vissa fiskmageanalyser. Planerade isotopanalyser har ännu inte genomförts.

Figur 2.3.3. Röding och strandzon (Stora Mjölkvattnet)



### **Nationellt och internationellt samarbete**

Inom föregångare till nuvarande projekt har vi ända sedan 70-talet haft nära internationella kontakter med Fisheries, Canada och University of British Columbia (prof. John Stockner, prof. Thomas Northcote, dr. Ken Ashley) och sedan 80-talet med Ecosystem Center, Woods Hole, Mass. U.S.A. (prof John Hobbie, dr Linda Deegan, dr. Bruce Peterson). Samarbetet har delvis intensifierats. I samband med konferensen i Eugene 2001 [1] fick sålunda Göran Milbrink och Staffan Holmgren inbjudan av Fisheries Canada att besöka och informeras om flera motsvarande projekt i B.C. i Kanada, bl.a. världens största - Kootenay-, resp. Arrow Lake-projekten.

Samarbete sker också med Aqvaplan-NIVA, Tromsø, Norge (dr. Geir Dahl-Hansen) som driver liknande projekt i Nordnorge. Mycket positivt samarbete i praktiska (bl.a. samordnings-) och andra frågor sker fortlöpande med Vattenregleringsföretagen, Jämtkraft AB, m.fl.

### **Vetenskapliga resultat**

1. Milbrink, G. & S. Holmgren. *Restoration of impounded lakes: optimization of fish and plankton production through balanced enrichment*. Keynote address at American Fisheries Society International Conference: "Restoring Nutrients to Salmonid Ecosystems", April 2001, Eugene, Oregon, USA.
2. Vrede, T., J. Persson, S. Sobek, P. Blomqvist, M. Jansson, & L. Tranvik. *Response of plankton to nutrient enrichment*. Oral presentation at ASLO conference, June 2002, Victoria, Canada.
3. Vrede, T., & L. Tranvik. *Ubiquitous iron limitation in lakes*. Submitted manuscript.
4. Persson, J., & T. Vrede. *Fatty acids in crustacean zooplankton*. Oral presentation at ASLO conference, June 2004, Savannah, Georgia, USA.
5. Persson, J., T. Vrede & P. Blomqvist. *Fatty acid composition of seston in enriched mesocosms*. Poster presented at ASLO conference, June 2002, Victoria, Canada.

## 2.4 Produktion av naturlig sättfisk

### **Projektdeltagare**

*Projektledare:*  
Erik Petersson, Docent  
Fiskeriverket, Sötvattenslaboratoriet  
Stångholmsvägen 2  
178 93 Drottningholm  
08-699 06 02  
erik.petersson@fiskeriverket.se

*Doktorand:*  
Sofia Brockmark  
Göteborgs universitet  
Zoologisk Inst, avd., Zoökologi  
Box 463  
405 30 Göteborg  
031-773 36 60  
sofia.brockmark@zool.gu.se

*Projektdeltagare:*  
Jörgen Johnsson, Docent  
Göteborgs universitet  
Zoologisk Inst, avd., Zoökologi  
Box 463  
405 30 Göteborg  
031-773 36 65  
jorgen.johnsson@zool.gu.se

*Projektdeltagare:*  
Torgny Bohlin, Docent  
Göteborgs universitet  
Zoologisk Inst, avd., Zoökologi  
Box 463  
405 30 Göteborg  
031-773 36 35  
torgny.bohlin@zool.gu.se

*Projektdeltagare:*  
Torbjörn Järvi, Professor  
Fiskeriverket, Sötvattenslaboratoriet  
Stångholmsvägen 2  
178 93 Drottningholm  
08-699 06 02  
torbjorn.jarvi@fiskeriverket.se

*Projektdeltagare:*  
Jonas Dahl, Dr  
Fiskeriverket, Sötvattnekologiska  
laboratoriet  
Brobacken 2  
814 94 Drottningholm  
026-852 07  
jonas.dahl@fiskeriverket.se

### **Bakgrund och problemställning**

Många faktorer i odlingsmiljön påverkar fiskens beteende och fysiologi och därmed dess förmåga att klara sig i naturen. Det kan gälla beteende mot rovdjur, födosöksbeteende, ovana vid en komplex miljö, etc. Odlad fisk har generellt lägre fitness i naturen än vild och ger därför ofta låg avkastning. Odlad fisk kan dock lära sig, om den ges möjlighet. I nuläget saknas kunskap om vilka förändringar i odlingsmiljön som ger den effektivaste förbättringen av fiskens anpassning till ett liv i naturen. En mer naturlig odlingsmetod är även önskvärd ur djuretisk synvinkel, man erhåller en fisk som mår bättre, både i odling och efter utsättning.

### **Resultat från etapp 1**

Resultaten från etapp 1 visar att vild och odlad öring (*Salmo trutta*) från Dalälven klarar sig lika bra när de sätts ut som romkorn, eller om föräldrafiskarna får leka i det vilda. Däremot klarar sig fisk som gått i odling ett år sämre i det vilda än fisk som är född i det vilda.

Överlevnaden hos vildfödd fisk är högre och även skillnader i morfologin kunde noteras. Laxfiskar är plastiska och anpassar sin morfologi efter de förhållanden som råder. Skillnaderna mellan odlad utsatt fisk och vildfödd fisk kan kvarstå ett helt år. Detta tyder förmodligen på att plasticiteten är mer uttalad tidigt i livet och/eller att ett urval sker för en viss typ av individer i odling och för en annorlunda typ i naturen. Således, romutsättning innebär att fisken får växa upp naturligt och att det bestånd utsättningen resulterar i blir bättre anpassat till det vattendrag som den sätts ut i.

Den genetiska skillnaden mellan vild och odlad öring i Dalälven är obefintlig, genflödet från den odlade till den vilda är ca 80% per generation. Tidigare resultat från laboratorieförsök som påvisar skillnader mellan vild och odlad fisk härrör med största sannolikhet från skillnader som uppstår på en generation.

**"Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten"**

Detta projekt har blivit en viktig pusselbit som lagts till tidigare gjorda arbeten när det gäller beteende och ekologi, även om mer finns att göra för att man ska få en mer fullständig bild av vilka effekter som odling medför. I dagens läge kan vi dock säga att odlingen i sig kraftigt påverkar den individuella fisken. Klart är det dock att det inte har så stor betydelse vilken stam (vild eller odlad) av fisk man tar in i odling. Om man tar in vild fisk på odling (rom från vilda föräldrar) och ingen genetisk variation går förlorad under denna process, kommer den fisk man sätter ut ändå att vara sämre anpassad till det vilda än den vildfödda fisken. Detta kan bli svårt att ta hänsyn till vid kompensationsodling, men är desto viktigare vid förvaltning av outbyggda vattendrag.

Eftersom odlingen i sig har så pass stor påverkan på fisken, är det naturligt att titta närmare på själva odlingsprocessen. Det görs i projektet i programmets andra etapp.

### ***Mål***

Målet är att göra utsättningar och återfångststudier av behandlad utsatt fisk i naturliga och/eller seminaturella vattendrag och att göra analyser av och utvärdera om förbättringarna i avkastning är tillräckliga för att motivera eventuella merkostnader.

### ***Tidplan***

Projektet beräknas löpa under perioden 2003-2005. Doktoranden beräknas ta licentiatexamen i december 2005 och disputerar i december 2007.

Under projekttiden kommer försök löpande att utföras och analyseras. Under hösten 2003 ska två genomförda experiment preliminärt vara analyserade och färdiga för en rapport. Under våren 2004 ska resultaten sammanställas till vetenskapliga artiklar.

### ***Projektbeskrivning***

En fisk som är bra anpassad till odlingen blir ofta sämre anpassad till ett liv i det vilda. Det paradoxala inträffar då att en fisk som mår bra i odlingen mår dåligt när den kommer ut. Detta innebär lidande för fisken och därmed större dödlighet. En odlingsmetod där gapet mellan odlingen och naturen är mindre skulle således inte bara vara bra ur djuretisk synvinkel, utan skulle även kunna medföra att ett mindre antal fiskar skulle behövas odlas och sättas ut för att få önskad återfångst. Priset per utsatt fisk skulle förmodligen öka, men möjligtvis skulle den ökade kostnaden kompenseras med reduktionen av antal fiskar i odling. En huvudsaklig effekt är dock fisk som mår bättre, både i odling och efter utsättning.

Lax och öring kommer att födas upp på olika sätt. Täthet i utfodringen kommer att moduleras genom att födan ges på olika sätt (t.ex. lika mycket hela säsongen eller mer stötvis). Miljön i trågen ska också modifieras, t.ex. genom att införa en mer komplex miljö, som kan ge fisken större möjligheter att gömma sig för varandra. Dessutom kommer en del fisk att utsättas för en del anti-predator-träning. Mycket av detta finns antytt i litteraturen och utvärdering av effekterna av modifieringarna på odlingsfiskens uppväxt kommer att utvärderas genom beteendeförsök på labb och med utsättningar i strömakvariet, experimentälven, experimentbäcken och även i naturliga vattendrag.

### **Status juni 2004**

Projektet löper enligt tidplanen vilket bl a innebär att en licentiatexamen beräknas avläggas senast 2005-12-15.

### **Predatorconditionering**

Tidigare studier har visat att odlad fisk kan konditioneras för att undvika predatorer. Pågående försök i seminaturell miljö syftar till att utröna hur fisken konditioneras effektivast.

#### *A. Kontroll i seminaturell miljö*

Ettårig öring, som vuxit upp i odlingsmiljö i Älvkarleby, har konditionerats i tre olika behandlingar: (1) Kontroll, (2) Levande gädda i bur, (3) Levande gädda i bur samt byteslukt. Effekten av behandlingen har studerats i strömakvariet i Älvkarleby. Gäddan var avskärmd från övrig fisk genom ett nät, vilket öringen kunde simma igenom. Vi tittade på födointag, ståndplats, aggressivitet samt aktivitet för både öring och gädda. Försöket avslutades i maj och analysen pågår.

#### *B. Utsättning och återfångst*

I maj, 2004 konditionerades ca 1000 Carlin-märkt laxsmolt i Älvkarleby med byteslukt och levande gäddor i bur. Som kontroll till behandlingen används Fiskeriverkets driftmärkta fisk. Smolten sattes ut i Dalälven två dagar efter behandlingen och återfångsten kommer att inrapporteras direkt till Fiskeriverket dels från fiskare, men även från laxfällan i Älvkarleby.

### **Beräkning av odlingsmiljön**

#### *A. Effekter på hjärnutveckling, stressnivå, tillväxt och överlevnad hos lax.*

Fisk odlas i regel i tankar utan bottenstruktur eller annat skydd som erbjuds i naturen, vilket har visat sig påverka utveckling av beteendet. Studier på andra arter indikerar att monotona miljöer har negativ inverkan på hjärnutvecklingen. Även stress, vilken kan öka med tätheten, har visat sig förändra det sociala beteendet och förmågan till inlärning, vilket i sin tur minskar överlevnadsmöjligheterna efter utsättning.

Försöket startades första gången under maj 2003 på Sydkrafts fiskodling i Laholm, men fick avbrytas efter en månad pga parasitangrepp. Sedan dess har substratet bytts ut från akvarieväxter i plast till gröna uppskurna plastpåsar, vilka kontinuerligt kommer att bytas ut och därigenom minska risken för att parasiterna ska få fäste. Ett nytt försök inleddes i maj 2004. Laxen går i: (1) Hög täthet (normal odlingsstäthet), (2) Hög täthet och substrat, (3) Låg täthet, (4) Låg täthet och substrat. Överlevnad, tillväxt, skillnader i morfologi, stressnivå samt hjärnutveckling kommer att analyseras. Som ett slutttest kommer 1200 laxar att pit-tag märkas och sättas ut på två sträckor i Smedjeån, ett biflöde till Lagan, under slutet av sommaren. Återfångst kommer att ske vid två tillfällen genom elfiske, dels i oktober, men även i slutet av mars. Odlad fisk från respektive behandling kommer även att jämföras med vildfångad fisk.

### *B. Genetik och tillväxt*

Naturliga miljöer är komplexa, vilket kan gynna och bibehålla en genetisk variation inom en population. En enhetlig miljö (t.ex. en fiskodling) kan ge en lägre genetisk variation. Om odlingen görs mer komplex redan från början kan dödligheten under ynglens första känsliga period "riktas" så att den genetiska profilen blir mer som den skulle blivit i naturen. Det i sin tur kan öka den utsatta fiskens överlevnadsmöjlighet. Försöket görs på Fiskeriverkets odling i Kälarne sedan i mars och kommer att avslutas i mitten av juni. Två olika tätheter av öringsrom kläcks och föds upp i tre olika miljöer: (1) Enkel botten, (2) Finkornigt grus, (3) Stenar i olika storlekar. Genetisk diversitet, tillväxt, överlevnad samt morfologiska skillnader mellan grupperna kommer att följas.



*Figur 2.4.1. I ett försök att manipulera miljön i odlingstrågen sattes en ram med hängande plastväxter över trägen. Ramen är konstruerad så att den lätt kan hissas upp och rengöras. När den är upphissad kan odlingspersonalen också utföra de sedvanliga sysslorna i träget (plocka död fisk, rengöra, rensa etc.) Detta försök utförs vid Sydkrafts fiskodling, Laholm.*

### ***Nationellt och internationellt samarbete***

Nationellt samarbete sker med Sydkrafts fiskodling, Laholm, och Fiskeriförsöksstationen Älvkarleby. Dessutom planeras akademiskt utbyte med de zoofysiologiska avdelningarna på Göteborgs och Uppsalas universitet.

Löpande internationella kontakter finns med bland annat Dr. Barry Berejikian, National Marine Fisheries Service, USA, Dr. Nina Peuhkuri, Finnish Game and Fisheries Research Institute, Finland, Dr. Bengt Finstad, Norsk institutt for naturforskning, Norge samt Dr. Theirry Boujard, Institut National de la Recherche Agronomique, Frankrike.

### ***Vetenskapliga resultat***

1. Dannewitz, J. & Petersson, . 2001. *Association between growth, body condition and anti-predator behaviour in maturing and immature brown trout parr.* J. Fish. Biol. 59:1081-1091.

## 2.5 Anordning för lockvattenströmmar vid vattenkraftverk

### Projektdeltagare

*Projektledare:*  
Håkan Gustavsson, Professor  
Avd Strömningslära  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
0920-49 12 83  
gustav@ltu.se

*Doktorand/research trainee:*  
Elianne Wassvik  
Avd Strömningslära  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
elianne.wassvik@ltu.se

*Projektdeltagare:*  
Fredrik Engström, Forskare  
Avd Strömningslära  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
0920-49 21 43  
t.fredrik.engstrom@ltu.se

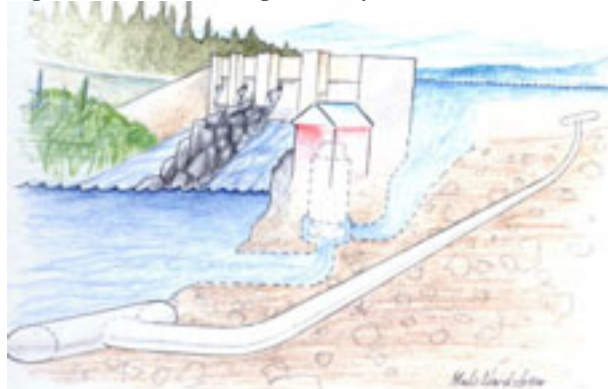
*Projektdeltagare:*  
Jan-Erik Almqvist, innovatör  
J&K Teknik  
Allégatan 23  
961 67 Boden  
0921-15339  
070-3427243

*Projektdeltagare:*  
Allan Holmgren, tekniker  
Avd Strömningslära  
Luleå tekniska universitet  
971 87 Luleå  
0920-49 17 23  
allan.i.holmgren@ltu.se

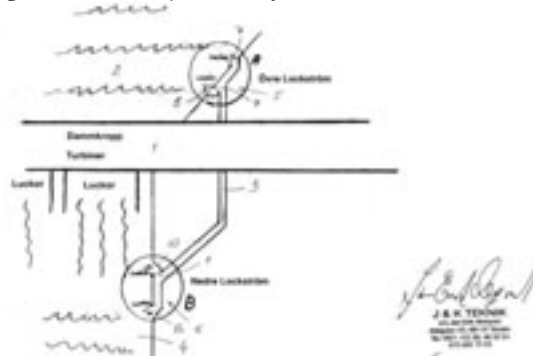
### Bakgrund och problemställning

Idén till projektet kommer från en uppfinnare i Boden (Jan-Erik Almqvist) som utformat (och patentsökt) en fisksluss att användas för fiskvandring förbi vattenkraftverk. Slussen ska fungera för både upp- och nedvandring. Ett övervakningssystem avgör när slussen ska stängas och vatten ska släppas igenom rörsystemet (jfr figur 2.5.1).

Figur 2.5.1. Slussens läge vid kraftverk



Figur 25.2. Lucksystem till fisksluss



Den nedre slussen (jfr figur 2.5.2) sitter i det vatten som passerat turbinerna och det problem som identifierats är hur fisken ska lockas in till slussen. Detta föreslås ske genom att lokalt accelerera strömningen så att fisken uppfattar en kraftigare strömning från slussen än från turbinernas utloppskanal.

### Mål

Projektet syftar till att utveckla en optimal anordning för acceleration av strömningen från en turbin (eller minimitappning) och via fältförsök utröna fiskens benägenhet att välja denna ström.

### **Tidplan**

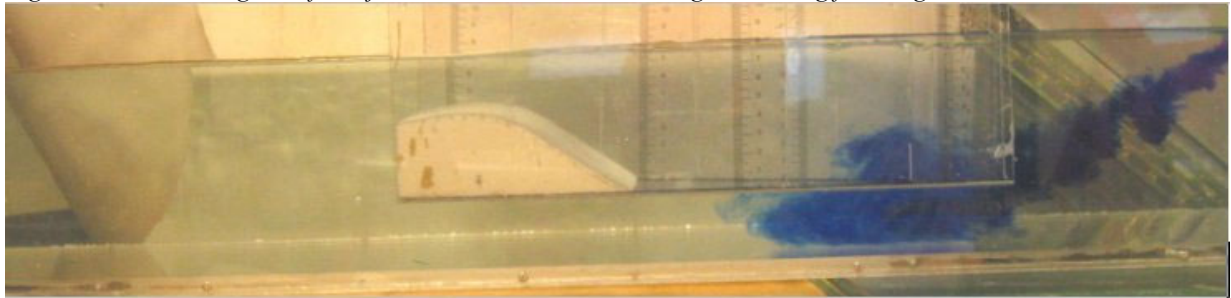
1. Våren 2003 (1/4-31/5): Modellbygge av älv och test av två idéer för acceleration av strömningen, bottenförhöjning eller sidoförträngning. Utförs som studentprojekt inom ramen för HPU-utbildningen (Hydro Power University) vid Ltu.
2. Hösten 2003- : Detaljerade hastighetsmätningar (LDV) av strömningsfältet kring den geometri som befunnits mest lovande under 1. Utförs av research trainee/doktorand under handledning av senior forskare.
3. Sommar/höst 2003: Förberedelser för fältförsök - val av vattendrag, utformning av anordning, val av kringutrustning mm.
4. Vinter 2003 - vår 2004: Konstruktion av fullskaleanordning
5. Sommar 2004 och 2005: Fältförsök

Fältförsöken är begränsade till sommarmånaderna. Exakt planering för återstående tid är avhängig av resultaten från modellförsök och första omgången fältförsök. Man kan dock redan nu förutse behovet av optimeringar av geometrier, vilka görs med numeriska simuleringsmetoder, och mekaniska omkonstruktioner. Licentiatexamen planeras till december 2005.

### **Projektbeskrivning**

I projektet görs först modellförsök i labbskala för att utröna vilken geometri som ger bäst acceleration av strömningen. Preliminära resultat tyder på att en bottenförhöjning ger bättre effekt än en sidoförträngning. Laser-doppler-mätningar kommer att göras av hastighetsfältet för att bland annat bestämma hur långt efter anordningen som den förhöjda hastigheten är noterbar. Figur 2.5.3 visar den geometri som gett bäst strömning hittills.

*Figur 2.5.3. Strömning över förhöjd botten i lockvattenanordning. Strömning från höger till vänster*



Resultatet kommer att ligga till grund för fältförsöken. I fältförsöken undersöks hur fisken attraheras av den lokalt ökade hastigheten genom jämförande studie med sluss utan bottenförändringar.

### **Status juni 2004**

I oktober 2003 hade vi besök av Reidar Grande, tidigare anställd vid direktoratet för naturförvaltning i Norge. Vid besöket höll han ett föredrag om fisktrappor och fisksslussen diskuterades med honom.

Under hösten 2003 och våren 2004 förbereddes och genomfördes modellförsök i laboratorium. Modellförsöken gick ut på att utröna hur vattenaccelerationen över knölen var kopplad till höjden på knölen och för att se hur stora ökningarna som var möjliga att erhålla.

Hastigheter i och kring modellen mättes med LDV (Laser Doppler Velocimetry). Modellförsöken visade en ökning på 38 % av vattenhastigheten över knölen jämfört med omgivande vattenhastighet. Arbetet resulterade i en examensrapport [2] samt ett konferensbidrag [3].

Under sommaren 2004 kommer det att utföras två fältförsök. Det första försöket kommer att ske i Hedens fiskodling i Boden. I detta försök kommer vi att testa en modell av slussen på ettårig fisk som föds upp för utplantering i Luleälven. Hedens fiskodling ägs av Vattenfall och försöken kommer att utföras i början på juli 2004. I detta försök kommer antalet fiskar som väljer slussen relativt de som inte väljer slussen att kunna räknas.

I det andra fältförsöket kommer vuxen vandringsfisk att studeras. Slussen kommer att testas i fullskala för att se hur fisken reagerar på det accelererade vattnet. Vi har valt att utföra fältförsöket vid Sikfors kraftstation i Piteälven, för att det vid utloppet från turbinerna vid denna kraftstation finns en betongvägg som skulle göra det enkelt att placera en försöksuppställning där, plus att fisk har setts vid utloppet från turbinerna. Vi har varit i Sikfors och träffat representanter för Skellefteå kraft, som äger kraftstationen, och diskuterat att utföra fältförsöken där. Skellefteå kraft ställer sig positiva till fältförsöken som kommer att inledas i juli 2004 (det vandrar lax i Piteälven från juli till oktober). I försöket kommer fiskens beteende i och kring slussen att studeras med kameror.

### **Nationellt och internationellt samarbete**

Till projektet har knutits en nationell styrgrupp med representanter från fiskeriverket, Hedens laxodling, Vattenfall och andra projekt i programmet (från SLU och CTH). Norrmannen Reidar Grande har konsulterats. Grande räknas idag som den store internationelle auktoriteten för konstruktion av fisktrappor.

### **Vetenskapliga resultat**

1. Perman M., Sandqvist A., Stenvall J., Forsell J. & Öhrvall F. (2003). *Lokal Strömningsacceleration*. Projektkurs i vattenkraft, Luleå tekniska universitet.
2. Wassvik E. (2004). *Model test of an efficient fish lock as an entrance to fish ladders at hydropower plants*. Master's thesis 2004:158, Luleå University of Technology, Luleå.
3. Wassvik E.M. & Engström T.F. *Model test of an efficient fish lock as an entrance to fish ladders at hydropower plants*. Accepted for publication in the proc. of the V International Symposium on Ecohydraulics, September 12-17, Madrid, Spain.

# **ELFORSK**

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB  
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31  
Telefon: 08-677 25 30 Telefax: 08-677 25 35