

# **Diskussion och litteratursammanställning kring tänkbara fiskvandringslösningar för Stornorrfors kraftstation i Umeälven - rapport från studieresa längs Columbiafloden i maj 2001**

Av

Hans<sup>1</sup> Lundqvist, Stig<sup>2</sup> Westbergh, Kjell-Ali<sup>3</sup> Wallin, Björn<sup>4</sup> Svensson och Henrik<sup>2</sup> Sandström

<sup>1</sup> Vattenbruksinstitutionen, SLU (Sveriges Lantbruksuniversitet), 901 83 Umeå

<sup>2</sup> Vindelälvens Fiskeråd, Gryningsvägen 25, 906 37 Umeå

<sup>3</sup> Vattenfall AB, Björkvägen 19, 960 30 Vuollerim,

<sup>4</sup> SwedPower AB, P.O. Box 527, 162 16 Stockholm

## **BAKGRUND**

Vilda laxstammar i stora delar av världen har minskat drastiskt och många är idag nära utrotning (NRC 1996). I Sverige bedöms att mindre än 10 % av Östersjöloxen har ett vilt ursprung. Skötseln av vilda laxstammar är ytterst komplex då deras långsiktiga överlevnad är beroende av förhållanden både i vattendragen (där leken sker och ynglen tillbringar första tiden) och havsfasen (där den största tillväxten äger rum). I USA, i t ex Columbiaflodens avrinningsområde (CRB = Columbia River Basin), likväl som i många nordiska länder, är förekomsten av vattenkraftsanläggningar ett huvudsakligt problem för vandringsfisk i sötvatten. Den unga fiskens utvandring blir problematisk vid denna typ av byggnationer genom att den fördröjs på vägen till havet. Smolten utsätts då för ökad predation samt ökad dödlighet vid passage genom kraftverkens turbiner (Ruggles m fl 1981). Svårigheterna för vuxna fiskars vandring inkluderar fördröjd tid till lek, spridning till andra älvsystem, falsk anlockning och motstånd att välja konstgjorda trappor och andra konstruktioner för fiskpassage.

Cirka 400 miljoner USD investeras årligen i Columbia-floden, som mynnar vid USA's nordvästra kust (J. Williams, muntligt meddelande), för att hjälpa vandrade laxbestånd och andra arter att hitta sina lekrområden uppströms olika dammar och kraftverk. Den federala amerikanska organisationen NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration) med underorganisationerna NMFS (National Marine Fisheries Service) och NWFSC (Northwest Fisheries Science Center) i delstaterna Washington och Oregon är de huvudsakliga aktörerna, som arbetar med biologiska frågeställningar kring fiskvandringsproblematiken. Tillsammans med dessa statliga organisationer arbetar också "US Fish and Wildlife Service" och "Departments of Fish and Wildlife" i både Oregon och Washington State. Många lokala indianstammar deltar också i arbetet med att hjälpa de olika laxstammarna. Amerikanska ingenjörstrupperna (US Army Corps of Engineers) är en av de största aktörerna i USA med ansvar för design och konstruktion av vattenkraftsanläggningar samt byggnader för fiskvandringar. Kurs- och utbildningsmaterial, som t ex "Fish passage ways and Bypass facilities" av "U.S. Fish & Wildlife Service National Conservation Trai-

ning Center” (1999) summerar den aktuella kunskapen kring fiskpasserings problematiken i utbyggda vattendrag.

Det är uppenbart viktigt att arbeta med en bred ansats och flera alternativ för att hjälpa den vilda fisken att hitta sina lekområden i utbyggda älvar med intakta lek- och uppväxtområden. Tre olika fiskvandningsproblem har identifierats i Umeälvens nedre del: a) svårigheter för fisken att hitta rätt och att vandra i ”gamla älvfåran” till fisktrappan (Rivinoja m fl., 2001); b) lekfisk faller tillbaka över dammen (s k ’fallbacks’) efter att ha lämnat fisktrappan, och slutligen, c) lax- och öringungar dör vid passage av kraftverkets turbiner och turbinvattentunnel (Monten 1985).

Målsättningen med den Svenska arbetsgruppens besök hos amerikanska fiskforskare vid “US governmental agency NOAA samt NMFS och NWFSC”<sup>1</sup> var att diskutera gemensamma problem kring fiskvandningsfrågor och möjliga lösningar för att underlätta den vuxna lekfiskens vandringar och minska dödligheten i turbiner för den utvandrande unga fisken (smolten) i Umeälvens nedre del; allt som en del i en aktionsplan med syfte att minimera skador på vandringfiskbeståndet i Umeälven. Besöket i USA inkluderade också studiebesök till kraftverksanläggningar i Columbiafloden och dess biflöden (sommiga av Umeälvens storlek) för att se hur fiskvandningsproblemen har lösts där.

## RAPPORTENS MÅLSÄTTNING

Denna delrapport bär fokus på lösningar av fiskvandningsproblem, som kan vara av relevans i Umeälvens nedre del, och ger teoretiska aspekter på fiskens passage förbi Stornorrfors (i detalj beskriven i slutrapporten). Vårt mål med denna sammanställning och analys, är ytterst att formulera en realistisk och kostnadseffektiv aktionsplan för att underlätta vandringfiskens passage av nedre delen av Umeälven upp till Vindelälvens mynning. I denna delrapport gör vi emellertid ingen bedömning av huruvida någon lösning är bättre än andra möjliga alternativ. Alla tre identifierade fiskvandningsproblem i Umeälvens behandlas. Rapporten presenterar också översiktligt den vetenskapliga litteratur inom om-

---

<sup>1</sup> Deltagare i möte mellan den svenska arbetsgruppen och representanter för NMFS i Seattle 2001-05-14

Björn Svensson [bjorn.svensson@swedpower.vattenfall.se](mailto:bjorn.svensson@swedpower.vattenfall.se)  
Charles Morrill [cfwdfw@aol.com](mailto:cfwdfw@aol.com)  
Doug Dey [dough.dey@noaa.gov](mailto:dough.dey@noaa.gov)  
Earl Prentice [earl.prentice@noaa.gov](mailto:earl.prentice@noaa.gov)  
Ed Meyer [ed.meyer@noaa.gov](mailto:ed.meyer@noaa.gov)  
Gary Sprague [gary.sprague@dfw.wa.gov](mailto:gary.sprague@dfw.wa.gov)  
Hans Lundqvist [hans.lundqvist@vabr.slu.se](mailto:hans.lundqvist@vabr.slu.se)  
Henrik sandström [henrik.sandstrom@yahoo.se](mailto:henrik.sandstrom@yahoo.se)  
John Ferguson [john.w.ferguson@noaa.gov](mailto:john.w.ferguson@noaa.gov)  
John Williams [john.g.williams@noaa.gov](mailto:john.g.williams@noaa.gov)  
Kjell Isaksson [kjell.isaksson@generation.vattenfall.se](mailto:kjell.isaksson@generation.vattenfall.se)  
Kjell-Ali Wallin [kjell-ali.wallin@generation.vattenfall.se](mailto:kjell-ali.wallin@generation.vattenfall.se)  
Mary Moser [mary.moser@noaa.gov](mailto:mary.moser@noaa.gov)  
Rolland Oconnor [rolland.oconnor@noaa.gov](mailto:rolland.oconnor@noaa.gov)  
Stig Westbergh [stig.westbergh@swipnet.se](mailto:stig.westbergh@swipnet.se)

rådet som vi delgavs. Det kan redan här konstateras att ett gemensamt intryck av all erhållen information, innebär att lösningar, som möjliggör att lekmogen fisk i ökad utsträckning kan passera till sina lekplatser, bör ges högst prioritet.

## **PROBLEM OCH LÖSNINGAR**

### **A) Vuxna fiskens lekvandring**

#### ***1a) Alternativ 1***

##### **Modifiera ingången till gamla älvfåran**

För den uppströmsvandrande lekfisken fokuserades diskussionerna på hur bypass-kanalen (gamla älvfåran i Umeälven) skulle kunna modifieras vid anslutningen till turbinvattenkanalens utlopp. Vi prioriterade ett alternativ med två ingångar för fisken till gamla älvfåran (c.150 meter nedströms tunnelutloppet); en på varje strandsida. En tvärgående låg betongtröskel byggs tvärs över bypasskanalens mynning med två öppningar - en på varje strand - där fisk kan passera. Bortsprängning av klipphällar i området kan ytterligare öka uppvandringen.

Den låga betongtröskeln skulle koncentrera den befintliga flödesmängden i gamla älvfåran så att flödet, i dagsläget omkring ca 20 m<sup>3</sup>/s exklusive spill, skulle styras mot de två öppningarna i tröskeln och skapa en hydraulisk miljö, som liknar den i en fisktrappa (ca 2 m/sek i vattenhastighet). Vid högre vattenflöde och efter dammspill skulle betongtröskeln kunna överspolas för att minimera dämningseffekter uppströms. Kostnaden bedöms relativt låg för denna insats.

Funktionen av denna konstruktion med två öppningar skulle kunna utvärderas genom att följa radiomärkt lekfisk när de anländer till området.

#### ***1b) Alternativ 2. Modifiera bypass-kanalens utlopp (ingång mot trappan)***

Också möjligheten att använda sig av endast en ingång till bypasskanalen diskuterades. Ingångens placering skall då läggas där man kan dra fördel av fiskens rörelsemönster i utloppskanalen. Det föreslogs att ingången bör placeras på strandens vänstra sida och att stora stenar och stenväggar används för att förbättra bottenstrukturen och vattenflödet in i öppningen. Lockvattnet i bypasskanalens ingång riktas svagt nedströms istället för att ha en riktning vinkelrätt mot vattenflödet i utloppskanalen. Nyckeln till framgång i detta alternativ ligger i att styra vattenflödet från bypasskanalen så att det bildas en attraktiv ström med en hastighet liknande den som finns i fisktrappor, med väl avpassad flödesmängd. Förbättrad information om djupförhållanden och vattenhastigheter i turbinvattenkanalens utlopp i bypassområdet måste tas fram.

Diskussionerna kring detta alternativ utgick från kring "Obermeyer"-spärren (River Mill/Clackamas River) för att reglera spillet vid låga vattenföringar och hindra att ingången blir tillsluten.

## **2. *Modifiera bypasskanalen ingång***

Extra lockvatten leds till de invandringsöppningar, som är föreslagna under 1a. Detta flöde kan tillföras den ena eller den andra öppningen och forma detta flöde så att den skär över utloppskanalens område i sådan vinkel att öppningarna till bypasskanalen lätt kan hittas av lekvandrande fisk. En sådan lösning liknar Bonneville's andra kraftstation norra ände där flödet är vinklat in mot turbinvattenutloppet. Det ökade flödet, som då behövs, erhålls genom spill (spillvattnet kan driva en liten turbin). I Bonneville 2nd med ett totalt flöde om 2 ggr 20 m<sup>3</sup>/s per turbin, tas extra spillvatten från dammens uppströmssida eller genom pumpning från turbinvattenutloppet.

Kostnaden för detta arrangemang bedöms vara låg till medelhög. Funktionen kan utvärderas med hjälp av radiotelemetri.

## **3. *Fångst och upptransport av fisk fångad i turbinvattenutloppet***

En fisktrappa (3-4 trappsteg) lokaliseras på vänster strand strax utanför tunnelutloppet för att fånga uppströmsvandrande fisk. Anordningen görs oberoende av vattenståndsfuktuationer orsakade av olika varierande körning av kraftstationen.

Det finns fördelar med detta system även om det idag bedöms som mindre intressant. Wayne och Asce (1961) beskriver anordningar, som kan nyttjas för uppsamling och transport av fångade uppströms- och nedströms-simmande fiskar. Beroende av var utsättningen sker kan det finnas ett behov av en enkel "vandringssväg" tillbaka till gamla älvsfåran.

## **4. *Fisktrappa som leder till och förbi Klabböle gamla kraftstation***

En fisktrappa byggs från utloppskanalens utlopp och förbi gamla kraftverksmuseet. Vandringfisken leds därefter tillbaka till gamla älvsfåran.

## **5. *Galler vid utloppskanalen***

Alternativ 1 och 2 enligt ovan kan möjligen förbättras ytterligare genom att man utanför ingången till fisktrappa/bypasskanal gjuter en betongtröskel med "spjälgaller" tvärs över sammanflödesområdet. Denna tröskel fungerar därmed som en ledarm för fisken mot ingången. Ledarmarna nyttjas under vandringstid, men kan utformas så att de kan avlägsnas utanför denna tid. Kostnaderna bedöms som medelhöga med relativt höga årliga underhållskostnader. Under studieresan såg vi "saw picketed leads", dvs. ledarmar som leder fisk till en fiskräkningsenhet. Bredden på denna fiskväg kan vara så liten som 0.5 m för att medge visuella observationer av vandringen, samt fotografering och räkning av antalet passerande fiskar. Denna typ av anordning tillåter också att vild fisk sorteras från odlad lax (kan vara av värde att kunna göra vid vissa typer av beståndsvård).

Under studiebesöket såg vi inte exempel på installationer med ledarmar som sträckte sig över ett helt vattendrag. Användning av barriärer för att styra fiskvandring till biflöden har

ifrågasatts (Hevlin & Rainey, manuskript). Författarna redovisar olika barriärtyper och fallor och beskriver ett antal oönskade bieffekter på fiskbestånden.

Radiotelemetri kan också här komma till användning för utvärdering.

## **6. *Andra vandringspjärrar***

Man kan också tänka sig andra typer av fiskspjärrar vid tunnelutloppet, t ex. av samma typ som vid Mayfield/Mossyrock i Cowlitz River med ett elektriskt staket på toppen av en betongtröskel. Kostnaderna bedöms också här vara höga och förväntas skapa minskning av fallhöjden genom kraftverket. Komplettering med en fisktrappa/fångstanordning för lekfisk (som vid t ex Mayfield/Mossyrock; White River; Clackamas River) kan göras.

Användning av elektriska spärrar, som placeras tvärs över utloppskanalen, blev föremål för en del diskussioner. Det bedömdes att sådana spärrar inte är effektiva även med ny teknologi, och problem kan uppstå för djur och människor som råkar vara i närheten.

### **B) Passage av utvandrande smolt**

#### **1. *“Louver system” vid kraftverkets intagskanal***

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 m<sup>3</sup>/s. Då kan 9 m<sup>3</sup>/s användas som lockvatten för den vuxna lekfisken. 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 kanalinloppet. Det behövs också radiomärkningsstudier på lax- och öringmolten för att reda ut tiden för utvandring och hur stor andel av smolten, som vandrar via dammspillet och genom turbinerna. Det är önskvärt att få bättre kunskap om smoltens allmänna uppträdande i inloppskanalen till kraftstationen (hur lång tid för passage i olika delområden) och deras olika storleksfördelning (både för lax- och öringmolten). Flödes hastigheten i turbinvägarna är viktig att veta för att kunna förstå Monténs (1988) resultat. Det är i nuläget också oklart hur turbinerna (av Francis-typ) i Stornorrfors påverkar olika storlekskategorier av fisk. Montén (1985) analyserade inte den storleksberoende dödligheten för smolt (lax och öring) vid sina tester i Stornorrfors på 60-talet.

## 2. *Vertikal väggskärm (vertical wall screen) vid turbinvattenintaget*

Ett sådant system skulle leda 100 % av fiskungarna undan turbinerna, men till en mycket hög kostnad (90-100 miljoner USD). Fiskungar 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 bypasskanal eller en andra väggskärm. Systemet måste plockas bort under vintern och har en hög underhållskostnad. Det bör poängteras att kraftstationen i Stornorrfors har ett flöde som är betydligt högre än något biflöde i Columbiafloden där ”väggskärmar” används.

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

Sådana system förväntas avleda 60-80 % av alla fiskungar.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$  flöde avsätts till bypasskanalen eller sekundär ”fiskskärm”. Kostnad bedöms bli mycket hög och intaget till turbinvattenkanalerna i Stornorrfors måste då sannolikt modifieras. därtill kommer höga underhållskostnader och att fiskskärmerna måste tas bort under vinterperioden.

## 4. *Vinklat smalspaltigt galler (angled bar rack-course louver)*

Denna teknik beräknas avleda 60-80 % av fiskungarna till en kostnad som bedöms jämförbar med ”Louver”-alternativet. Bypassflöde ( $>10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) som leder till ny bypasskanal eller annan sorteringsenhet. Ca.  $>9 \text{ m}^3/\text{s}$  kan då användas som lockvatten till lekfisken. Frågor uppkom kring möjligheten att nyttja en mindre Louver-enhet försedd med ledarmar, vilken skulle kunna vara billigare.

## 5. *Andra tekniker för att leda fisk i önskad riktning*

Infraljud kan användas men rekommenderas inte pga de stora vattenvolymer det handlar om i Umeälven (Vanderwalker 1967). Vi diskuterade också möjligheten att använda ljussignaler 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.

### **C) Fall över damm samt utlekt fisks överlevnad (”Fallbacks and Kelts”)**

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.

## **ÖVRIGA ASPEKTER**

Diskussioner handlade också om möjligheter att köra kraftverket med annan tappningsregim. Pulsera flödet till bypasskanalen för att bättre attrahera lekfisk till bypasskanalen eller att alternera lockvatten med varierande spill mellan 23-50 m<sup>3</sup>/s. Öka spillet kontinuerligt så att god attraktion fås i relation till bypasskanalens utseende och ingångsöppning. Testa spill vid 23 m<sup>3</sup>/s och vid högre spill (75 m<sup>3</sup>/s, 100 m<sup>3</sup>/s eller 200 m<sup>3</sup>/s). Reducera turbinvattenflödet och öka spillet under perioder då smolten vandrar.

Funderingar fanns också kring skillnader i vattentemperatur mellan olika delflöden. Är vattnet i bypass-kanalen varmt och turbinvattnet kallt? En temperaturskillnad mindre än en grad är önskvärd. Vuxna lekvandrande laxar undviker ibland bypasskanaler om det medför att de måste vandra till en varmare vattenmiljö, de stannar alltså i turbinvattenutloppet kallare vatten.

I nordvästra Stillahavsregionen har man ibland diskuterat möjligheten att radikalt förbättra fiskvandring genom att riva dammar. I dag är ett sådant alternativ inte realistiskt i Stornorrfor.

För studier av smoltöverlevnad i vattenvägar kan en ny märkningsteknik (Balloon tags) komma till användning. Kanske skulle metoden tillåta uppskattning av överlevnad när fisk passerar både turbinerna och den 4000 m långa bergstunneln i Stornorrfor.

### **Fakta kring "Radio-telemetri"**

Den huvudsakliga och rekommenderade utvärderingsmetoden vid fiskvandringsstudier är radiotelemetri. Matter (2001) jämförde vandringshastigheten hos radio- och PIT-märkta lekvandrande stillahavslax (Chinook) genom Columbiaflodens vattenbyggnadssystem och fann ingen skillnad i tid för lekvandring mellan radiomärkta och PIT-märkta fiskar. Radiomärkningstekniken är den mest ansedda och tillförlitliga tekniken att använda i denna typ av studier. Radiomärken kan appliceras som yttre märken strax bakom ryggen eller som inre märke och placeras då i fiskens mage (i studier med fisk i Columbiafloden används alltid radiomärken som inre märken och placeras i fiskens mage). Radiomärken medger en unik kodning så att individuella fiskar kan spåras. Radiomärkningstekniken säljs av ett antal olika bolag: ATS (Advanced Telemetry System, Ohio, USA) och Lotek (Canada). Heggberget et al. (1988) och Arnekleiv and Kraabøl (1996) har också visat att radiomärkningstekniken på vuxen lax inte påverkar fiskens simförmåga eller skapar andra beteendeproblem i samband med lekvandringen. Radiomärkt fisk kan följas genom aktiv spårning då man använder olika typer av antenner (s k Yagi-antenn), som kopplas till en mottagare/logger där märkets unika kod kan registreras och läsas/lagras. Fasta data-loggrar kopplade till en Yagi-antenn kan automatiskt detektera, avläsa eller lagra på data filer olika radiomärkens frekvenser under dygnets alla timmar hela vandrings säsongen (Rivinoja et al 2001). Märkta laxars positioner kan lokaliseras i vattendraget med en precision av ca.5 x 5 m.

## **Fakta kring PIT märken och märkning**

Ett viktigt märkningsredskap vid fiskvandningsstudier är sk Passiva Integrerade Transpondrar (PIT-märken) (Prentice et al 1990). Destron/IDI 400 KHz (eller 134 KHz system) eller TROWAN systemets transpondrar är t ex. flitigt använda i fiskbiologiska studier. Märket är glaskapslat, 12 mm långt och 1.5 mm i diameter och nästan viktslöst i vatten. Det kan med lätthet injiceras i den bedövade fiskens bukhåla med särskild märkutrustning. Dödligheten hos fisk där denna märkning använts är försumbar. Monitoring system kan registrera, samla och lagra den unika PIT-koden tillsammans med tid för registrering i datoruppkopplade enheter. Monitoring enheterna är möjliga att få i en mängd olika utförande. Till skillnad mot aktiva radiomärken som finns i ett telemetrisystem (och möjliggör läsning på stort avstånd > 1000 meter) så aktiverar PIT-läsutrustning det passiva PIT märket varför den märkta fisken måste komma i närheten (<0.5 meter) av läsutrustningen.

## **Fakta om Fisk separerings tekniker (screens)**

För flera av de amerikanska tekniska begreppen känner vi inte motsvarande svenska terminologi (om sådan alls finns) och vi blandar därför när det gäller detta svenska och amerikanska uttryck.

En effektiv fisksepareringsanordning (olika typer av skärmar) har som målsättning att separera fisk (av alla storlekar) från dess omgivande vatten (Thompson & Paulik, 1967). Olika kriterier för ”Skärm” eller separationsenheternas prestanda sätts oftast utifrån fiskens eller fiskarnas simförmåga (Gregory & Fields 1962). NMFS (1995) listar i sin rapport ”Juvenile fish screen criteria” ett antal sk ”screen criteria” beroende på fiskart och storlek av fisk. Detta innefattar bl a olika typer av spaltöppningar (resp håltagning) i skärmväggar som syftar till att separera vatten och fisk. Ruggles & Hutt (1984) rapporterar ett antal tekniker för separation av vatten och fisk som mycket lovande, t ex roterande undervattensskärmar (submersible traveling screen), Eicher tryckskärm (Eicher pressure screen), fasta separations-skärmar (horizontal fixed screen), lutandeplanskärmar (inclined plane screen), louvre-skärmar (louver fish screens), ytavskärmning (surface discharge). En ”Eicher screen” (liknar en sluss nedsänkt i vatten som patenterats av George Eicher), som separerar fiskungar från turbinvattenintagets vatten har testats i fält nära Elwha dam där man mätt fisk och ytvattenströmhastigheter (Engineering Hydraulics, 1991). Skärmen är en lutande skärm, som installerats i ett turbinvattenintag med 2,7 m diameter. Den dirigerar fiskungar till ett bypassrör i toppen av turbinvattenintaget (Matthews & Taylor, 1995). Den hydrauliska designen av skärmen gör att strömhastigheten bibehålls jämn och förhållandevis parallell med skärmsidan, och med minimala fallförluster.

## LITTERATUR (Se också slutrapportens referenslista)

- Anonymous. (2001) Northwest Fisheries Science Center: About the Center. NOAA (national Oceanic and Atmospheric Administration, 2725 Mountlake Boulevard East, Seattle, Washington 98112. (<http://www.nwfsc.noaa.gov>))
- Cederholm, C.J., D.H.Johnson, R.E.Bilby, L.G.Dominguez, A.M. Garrett, W.H.Graeber, E.L.Greda, M.D. Kunze, B.G. Marcot, L.F.Palmisano, R.W.Plotnikoff, W.G.Pearcy, C.Asimenstad, and P.C.Trotter. (2000) Pacific salmon and Wildlife-Ecological contexts, Relationships, and implications for management. Special edition Technical report, Prepared for D.H.Johnson and T.A.Oneil (managing directors), Wildlife-Habitat Relationships in Oregon and Washington. Washington Department of Fish and Wildlife, Olympia, Washington.
- Chenoweth, D.L. (1999) Bonneville Lock and Dam: Meeting the challenges of a new century. Special report. Hydro review special report. U.S.Army Corps of Engineers, Bonneville.
- Engineering Hydraulics, Inc. (1991) Final report: Prototype velocity measurements in the Eicher screen at the Elwha hydroelectric project. Stone & Webster Engineering corporation, July 1991.
- Prentice, E.F., T.A. Flagg, C.S. McCutcheon, D.F. Brastow, D.C. Cross. (1990) Am. Fish. Soc. Symp. 7, 335.
- Gregory, R.W. and P.E.Fields. (1962) Discrimination of low water velocities by juvenile Silver and chinook salmon. Technical report to US.Army corps of Engineers , No. 52. Seattle, Washington.
- Hevlin, W., and S.Rainey. (odaterat manuskript) Considerations in the use of adult fish barriers and traps in tributaries to acheieve Management objectives. Manuscript (National marine fisheries Service, 911 N.E. 11<sup>th</sup> Avenue, Room 620, Portland, OR 97232.
- Lindroth, A. (1963) 'Salmon conservation in Sweden', Trans.Am. Fish. Soc. 92, 286-291.
- Matter, A.L. (odaterat manuskript) A comparison of migration rates of Radio- and PIT-tagged Adult Chinook Salmon through the Columbia river Hydropower System. NFSCS, Seattle, Washington.
- Matthews, J Graeme and John W Taylor. (1995) Design and and construction of Eicher penstock fish screens. The BC Professional engineer, BC Hydro, Canada.
- Monten, E. (1988) Fiskodling och vattenkraft, Vattenfall, Sverige. 139 pp.

- NMFS. (1995). Juvenile fish screen criteria. Manuscript. NMFS Environmental and technical services Division Engineering staff at ++ 503-230-5400 (William Stelle, Director)
- NMFS. (2001) Juvenile salmon acoustic tracking system specification. NMFS, Northwest fisheries Science center, fish ecology division. USA
- Perry, R., Adams, N.S., and D.W. Rondorf. (2001) Buoyancy compensation of juvenile chinook salmon implanted with two different size dummy transmitters. Transactions of the American Fisheries Society 130: 46-52
- Ruggles, C.P., and R.Hutt. (1984) Fish Diversionary Techniques for Hydroelectric Turbine Intakes. Prepared by the Montreal Engineering Company, Limited, Halifax, Nova Scotia. Canadian Electrical Association, Research and development, Suite 580, One Westmount square, Montreal, Quebec, H3Z 2P9
- Ruggles, C.P., Collins, N.H. and R.H. Thicke. (1981) Fish passage through hydraulic turbines, Report presented to Canadian Electrical association, spring 1981 meeting in Toronto, Canada.
- Stein, C., D.Marvin, J.Tenney and K.Shimajima. (2001) 2001 PIT-tag Specification Document. Columbia River Basin PIT Tag Information system. Pacific states Marine fisheries commission for the PITTag steering committee.
- Thompson, J.S., and G.J.Paulik. (1967) An evaluation of louvers and bypass facilities for guiding seaward migrant salmonids past Mayfield dam in Western Washington. State of Washington, Dept of Fisheries. Research division. Manuscript sept 1967
- U.S. Fish & Wildlife Service. (1999) Fish Passageways and Bypass facilities, report. December 6-10, Redding, Ca., United states of the Interior, Fish & Wildlife service, National Conservation Training Center, 1, Route 1, Box 166, Shepherdstown, WV 25443
- 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 1967.
- Wayne, W.W., and M.Asce. (1961) Fish handlings facilities for Baker river project. Journal of the Power Division, Proceedings of the American Society of Civil engineers (ASCE).