

---

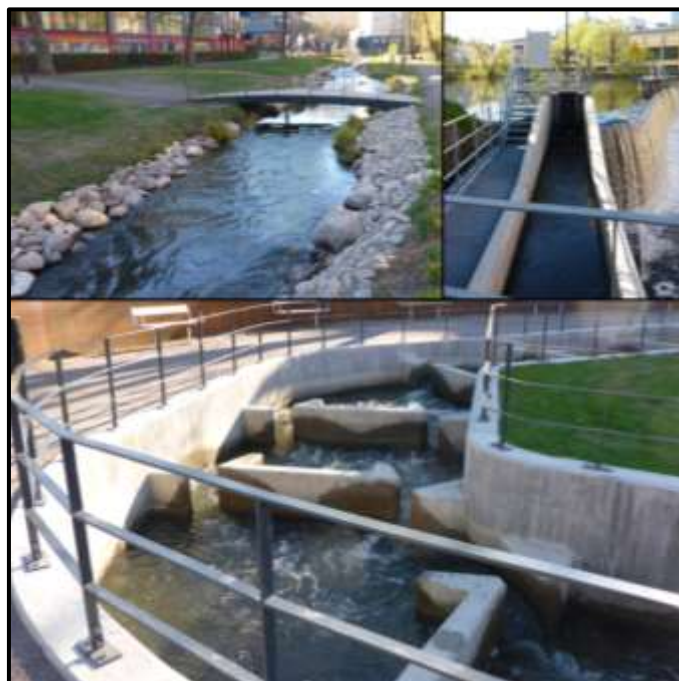
# RAPPORT

---

UPPDRAGSNUMMER 1655133000

## Effekter av faunapassager

### En sammanställning med fokus på fiskvägar i Norden



*Foto över fiskväg i Norrköping.*

2015-06-18

SWECO ENVIRONMENT AB

PETER RIVINOJA

**KVALITETSGRANSKNING:**  
ERIK BRYDOLF



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Olika typer av fiskvägar</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Generellt kring fiskvandring</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Generella effekter av fiskvägar</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Data kring fiskvägars effektivitet</b>	<b>6</b>
5.1	Studier kring icke laxartade fiskar	8
5.2	Studier kring lax och öring	9
<b>6</b>	<b>Tänkbara kostnader för anläggning av fiskpassager</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Allmänna reflektioner kring anläggandet av fiskvägar</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Allmänna slutsatser</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>Tack</b>	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>Litteratur</b>	<b>14</b>



## 1 Inledning

Vattenregleringar och dammar kan ge upphov till hindrad vandring av akvatisk fauna vilket bland annat kan leda till förändringar i sammansättning av arter i vattensystemen jämfört med ursprungliga förhållanden. De flesta studier i reglerade älvar har fokuserat på fiskars upp- och nedströms migration och hur fiskar kan påverkas av fördämningar (t.ex. Rivinoja 2005), samt hur organismer kan bli påverkade av förändrade flödesförhållanden i relation till habitattillgång (Harby m.fl. 2007) och skiftningar i vattentemperatur (Raddum m.fl. 2008).

Generellt konstateras att anläggande av anpassade vandringsvägar kan understödja faunapassager vid olika hinder. Oftast anses naturlika passager eller tekniska trappor med naturligt eller naturligt bottenstruktat ge bäst vandringsframgång för huvuddelen av tänkta fiskarter (Calles m.fl. 2013), samtidigt som dessa lösningar medger en etablering av bottenfauna och växtlighet (Gustafsson m.fl. 2013). Olika fiskar har olika beteende och simförmåga, vilket innebär att ett flertal faktorer bör beaktas vid utformande av fiskväg i syfte att erhålla en hög vandringsframgång för så många arter som möjligt. Faktorer såsom lutning, vattenhastighet och bottenstruktur har stor relevans för fiskvägars funktion, medan den närliggande miljön av varierande grad styr populationsutvecklingen av olika arter.

I denna rapport sammanställs erfarenheter från olika fiskvägars effektivitet tillsammans med generell kunskap kring förväntade ekologiska effekter vid anläggandet av fiskvägar. Arbetet har utförts av SWECO har på uppdrag av Vattenfall Vattenkraft där uppdraget har finansierats genom "Vattenfalls program för biologisk mångfald och vattenkraft". Rapporten belyser främst lösningar i Norden, med fokus på Sverige och Finland, men även internationella uppgifter kring ämnet har inhämtats. Data har erhållits från såväl vetenskapliga publikationer (sökta via databaser som t.ex. "ISI Web of Knowledge") som från specifika beskrivningar kring fiskvägars effektivitet, samt från opublicerat material från forskare på bl.a. SLU, Karlstad Universitet och Finlands Miljöcentral (SYKE, Suomen ympäristö keskus). Utöver detta har direkta kontakter tagits med etablerade konsulter inom ämnesområdet, t.ex. Fiskevårdsteknik AB, Terra-Limno Gruppen AB, samt Kala- ja Vesitutkimus OY (Finland). Arbetet som redovisas i denna rapport sammanfattar erfarenhetsvärden som kan ligga till grund för att bedöma potentiell effektivitet av fiskvägar, samt belyser tänkbara installationskostnader för anläggandet av olika fiskvägar i Sverige.

## 2 Olika typer av fiskvägar

En anlagd fiskväg kan definieras som "en vattenpassage, runt eller genom ett vandringshinder, som formgivits för att anpassa energin i vattnet och på så sätt underlätta fiskens passage" (Clay 1995). Anläggandet av fiskvägar har en lång historik och det finns exempel från Europa på fiskvägar som byggdes för mer än 300 år sedan (Clay 1995). Allt sedan de första fiskvägarna, som var av mera teknisk och artificiell karaktär, anlades har designen utvecklats och i dag återfinns många typer av lösningar (Larinier 1998). Dessa

kan vara avsedda för både upp- och nedströmsvandande fiskar och vara anpassade för att möjliggöra rörelser för både vuxna och juvenila stadier av fisk, liksom anpassningar för de mer svagsimmande arterna. Tidigare utformades fiskvägar för uppströmsvandring av laxartad fisk vanligtvis som tekniska lösningar i trä eller betong (Figur 1) och här återfinns allmänt trappor av bassängtyp (2/3-delar av de tekniska trapporna i Skandinavien), motströmstyp, slitsrännor och fiskhissar (Sandell m.fl. 1994).

Ruta 1. Enligt Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (2015) är klassgränser för "God Status" (sidan 76) angivet som: 1 % till mindre än 25 % av de vandringsbenägna fiskarterna enligt referensförhållandet saknas på grund av bristande konnektivitet i uppströms och nedströms riktning eller saknar möjlighet att vandra inom eller genom ytvattenförekomsten.

I enlighet med Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter (2015) som ställer krav på att merparten av fiskarterna i ett system ska kunna passera artificiella hinder (Ruta 1), har man under de senaste decennierna fokuserat på anläggande av naturlika fiskvägar som inbegriper vattenfåror med naturligt bottensubstrat uppförda antingen runt (omlöp), genom (inlöp) eller i vissa fall över (upptröskling) hinder (Calles m.fl. 2012), Figur 2 och Figur 3. Dessa kan fungera för både upp- och nedströmsvandring och på senare tid har man internationellt arbetat med att förbättra utformningen av sådana för att fungera för nedströmspassage av fisk, vilket också uppmärksammats i Sverige (Calles m.fl. 2013). I Sandell m.fl. (1994) listas åtta grundtyper av fiskvägar som finns världen över där dessa utgörs av:

1. Fiskvägar av bassängtyp (bassäng- och/eller kammartrappor).
2. Fiskvägar av motströmstyp (denilrännor).
3. Fiskvägar med vertikala slitsar (slitsrännor).
4. Slussar och hissar.
5. Kulvertar.
6. Kanaler, naturrännor (omlöp och inlöp).
7. Fiskvägar för uppströmsvandrande yngel (t.ex. ål).
8. Smoltrännor.



Figur 1: Tre varianter av tekniska fiskvägar med belysande text för bassäng/pooltrappa, Denil motströmstyp och slitsränna (från Rivinoja 2004).



Figur 2: Ett inlöp i Mörrumsån (vänster) och ett omlöp (biokanal) i Västerdalälven (Foton av Olle Calles och Fortum AB).



Figur 3: Varianter av ramper som nyttjas i Italien (vänster), Frankrike (mitten), samt Finland (höger).

Tekniska fiskpassager har vanligen designats för att stödja uppströmsvandrande laxfiskar och medför ofta att förhållandena är alltför krävande för passage av arter som är svagare simmare, t.ex. karpfiskar som mört, braxen och sutare (Degerman 2008). Naturlika fiskvägar började byggas under 1980-talet i Europa och 1990-talet i Sverige (Calles 2006). Dessa fiskvägar avser att efterlikna ett naturligt vattendrag med avseende på geomorfologi, bottensubstrat och hydraulik vilket möjliggör att merparten av naturligt befintliga vattenanknutna organismer kan använda strukturen för både passage och som habitat (Eberstaller m.fl. 1998). I sammanhanget noteras att tekniska fiskpassager är vanligast förekommande i större älvar (flöden överstigande  $>100 \text{ m}^3/\text{s}$ ), medan naturlig design som eftersträvar att fylla en habitat- och passagefunktion är vanligare i små vattendrag. Detta beror delvis på att många av de senare anlagda fiskvägarna är omlöp placerade i mindre vattendrag med blandad fiskfauna, medan mer traditionella fisktrappor för lax och öring förekommer i större älvar (många av dessa lösningar är också äldre).

### 3 Generellt kring fiskvandring

För många fiskarter har vandring central betydelse och för s.k. diadroma arter, som kräver både sötvatten och havsvatten, är vandringarna essentiella för att de ska kunna fullfölja sin livscykel då fisken söker områden med optimala förutsättningar för tillväxt, överlevnad och fortplantning (Northcote 1998, Lucas & Baras 2001). I allmänhet tillhör dessa långväga vandrande fiskarter de som påverkas mest negativt av vattenkraft. I Sverige berörs bl.a. atlantlax (*Salmo salar*), öring (*Salmo trutta*), sik (*Coregonus lavaretus*), flodnejonöga (*Lampetra fluviatilis*), havsnejonöga (*Petromyzon marinus*) och europeisk ål (*Anguilla anguilla*), men även andra arter drabbas negativt av vattendragsfragmentering (Heggenes & Roed 2006).

### 4 Generella effekter av fiskvägar

Fiskvägars funktion har ofta visat sig vara svåra att anpassa till samtliga förekommande målarter, men också de kringliggande naturliga förutsättningarna är avgörande för vandringsframgång och etablering av populationer. Om ett kraftverk ligger på en sträcka där det tidigare varit markerade forsar, bör konstruktionen av fiskväg generellt motsvara de naturliga förhållandena. Naturlika fiskvägar kan också anpassas för att kunna tjäna som lek- och uppväxtområde för vissa arter. Många fiskvägar har fungerat dåligt, eller



inte alls och uppföljningar på hur fiskvägar fungerar är relativt sällan förekommande. Många av de utförda uppföljande studierna håller också låg kvalitet. I Calles m.fl. (2013) redovisas sammanställningar av funktion hos olika typer av fiskvägar. Numera anses oftast att naturliknande omlöp, inlöp eller slitsrännor med naturlig botten utgöra "bästa möjliga teknik" (BMT) för att uppnå en god uppströmspassage för flertalet fiskarter. Övriga åtgärder fungerar generellt sett sämre (t.ex. fiskhissar) men kan vara motiverade om ingen annan lösning är möjlig. Slitsrännor kan anläggas för att fungera vid variationer i vattennivåer på upp till 10 m och kan byggas både små och stora, där slitsarna vid t.ex. Hells gate i Fraser River (Kanada) är 12 m höga (referenser i Calles m.fl. 2013). Anordningar för nedströmsavledning i större älvar kan utgöras av fingaller eller olika ytavledningssystem (Calles m.fl. 2013).

Trots att fiskvägar globalt sett har anlagts under lång tid har relativt få studier gjorts med avseende att utvärdera vandrings effektivitet och det finns endast en handfull studier som har tittat på den samlade effekten av återupprättad konnektivitet för olika arter på populationsnivå inom ett helt vattendrag. Samtidigt poängterade Rivinoja m.fl. (2010) att en helhetsbedömning inte bara bör omfatta själva fiskvägens effektivitet i sig, utan även inkludera skattningar på tillgängligheten och arealer av lämpliga livsmiljöer för lek, uppväxt och födosök för fiskens alla levnadsstadier. Effektiviteten hos fiskvägar är relaterad till dess förmåga att attrahera fiskar och att passageeffektiviteten även är relaterad till art- och livscykel-specifika krav och hur väl utformning och flöden anpassats till dessa (Katopodis 1992). Vanligen är installerade strukturer unikt anpassade till lokalspecifika förhållanden och de avsedda fiskarterna. Här noteras exempel på både högeffektiva och misslyckade fiskpassager (Clay 1995).

Under senare tid har utvecklingen av fiskvägars utformning lett till både förbättrad upp- och nedströmspassage av laxfiskar och det är inte ovanligt med runt 95 % effektivitet, vilket noteras framförallt i Nordamerika (Rivinoja m.fl. 2010). Eftersom fiskarter har olika vandringsmönster och preferenser för t.ex. vattenhastigheter simhastighet, (Clay 1995) och fiskvägstyp (Porcher & Larinier 2002), innebär det dock att artspecifik hänsyn måste tas till varje avsedd fiskart. Artspecifik simkapacitet och beteendemässig respons sätter kriterier för om en fiskväg kommer att bli framgångsrik eller inte.

Rekommendationer kring fiskvägars passageeffektivitet (delvis styrt av nationella myndigheter) har hittills relaterats till tämligen få passager. I USA anses generellt en fiskpassage vara effektiv om mer än 95% av de vuxna uppströmsvandrande fiskarna kan passera på ett säkert och snabbt sätt (Fergusson m.fl. 2002). Samtidigt anses i Frankrike en godtagbar verkningsgrad vara över 80% med en fördröjd vandrings tid mindre än två veckor (Travade 2005). För att optimera möjligheten att livskraftiga fiskbestånd kan främjas vid fiskvägsprojekt måste kumulativa effekter på fiskvandringen och hela livscykeln för en art beaktas (Rivinoja m.fl. 2010). För t.ex. laxfiskar begränsas populationerna av den sammantagna effektiviteten av samtliga passager som både upp- och nedströmsvandrande fiskar möter. Således kan det för att säkerställa livskraftiga vandrande fiskbestånd, krävas en hög passageeffektivitet vid varje enskild passage i vattendrag med många hinder, medan en lägre effektivitet kan vara tillräcklig vid få passager.

För att en fiskväg ska bli effektiv måste den fungera väl för både attraktion och passage (referenser i Rivinoja m.fl. 2010 och Calles m.fl. 2012). Attraktionseffektiviteten beskriver hur fisken hittar in i fiskvägen, medan passageeffektiviteten beskriver hur fisken klarar av att simma igenom hela den. En väl fungerande fiskväg förutsätter att dess ingång är rätt lokaliserad och utformad för att attrahera och göra det fysiskt möjligt för fisk och andra organismer att vandra upp i den. För att utvärdera effektiviteten hos fiskvägar används flera olika begrepp (Eberstaller m.fl. 1998) sammanfattade och listade enligt Calles m.fl. (2012) nedan:

**Kvalitativ effektivitet** (Effectiveness), visar hur stor andel av det totala antalet arter i området som använder sig av fiskvägen vid uppströmvandring. Här kan, när det anses relevant, inbegripas både fisk och annan akvatisk fauna av olika livsstadier. Passagens funktion kan även skattas hypotetisk för att bedöma förutsättningar för framtida återetablering av olika arter. En bedömning av kvalitativ effektivitet kan således ge information på hur många arter som kan förväntas passera olika fiskvägar.

**Kvantitativ effektivitet** (Efficiency eller Efficacy), mäter om tillräckligt många individer passerar uppströms för att livskraftiga populationer ska kunna säkras. **Efficiency** ger detaljer på hur många individer av dem som försökt passera som verkligen lyckas med hela passagen. **Efficacy** är ett uttryck på hur stor andel av populationen som skattats nedströms fiskvägen som passerat uppströms fiskvägen.

**Nedströms åtkomst**, en fiskväg för uppströmvandring som även fungerar för nedströmspassage kan beskrivas i dess nyttjande av nedströmsvandrande arter.

**Habitatfunktion** (Habitat) speglar hur lyckad habitatfunktionen är beroende på fiskvägens ändamål. Om syftet är att återskapa förlorade habitat eftersträvas vanligen en återetablering av förlorade arter. Om avsikten istället är att skapa en strömsträcka för att kompensera för uppdämda områden så förväntar man sig att fiskvägen ska fungera som habitat för strömlevande arter, medan en fiskväg som konstruerats i syfte att fungera som lek område endast har en begränsad habitatfunktion om lek inte sker i denna.

## 5 Data kring fiskvägars effektivitet

De flesta fiskvägar i Europa förefaller sakna tillförlitliga bedömningar kring deras effektivitet. Samtidigt är merparten av de genomförda studierna begränsade till de senaste åren. Även i Nordamerika råder kunskapsluckor kring fiskvägars effektivitet, t.ex. noteras i Kanada att endast 9% av 211 listade fiskvägar har studerats tillförlitligt (Hatry m.fl. 2014). Vid en närmare granskning av Länsstyrelsen i Västra Götaland konstateras t.ex. att funktionen hos många tekniska fiskvägar inom länets mindre vattendrag verkar vara oklar eller dåligt belyst (Andersson & Bäckstrand 2005), vilket även torde gälla för resterade del av Sverige. De senaste decennierna har insikten spridits om vikten av att konstruera passager som är lämpliga för alla fiskarter och vattenlevande organismer i olika livsstadier och här konstateras att en positiv utveckling skett internationellt vad gäller fiskvägarnas passageeffektivitet för åtminstone lax och öring i större vattendrag (Rivinoja m.fl. 2010).

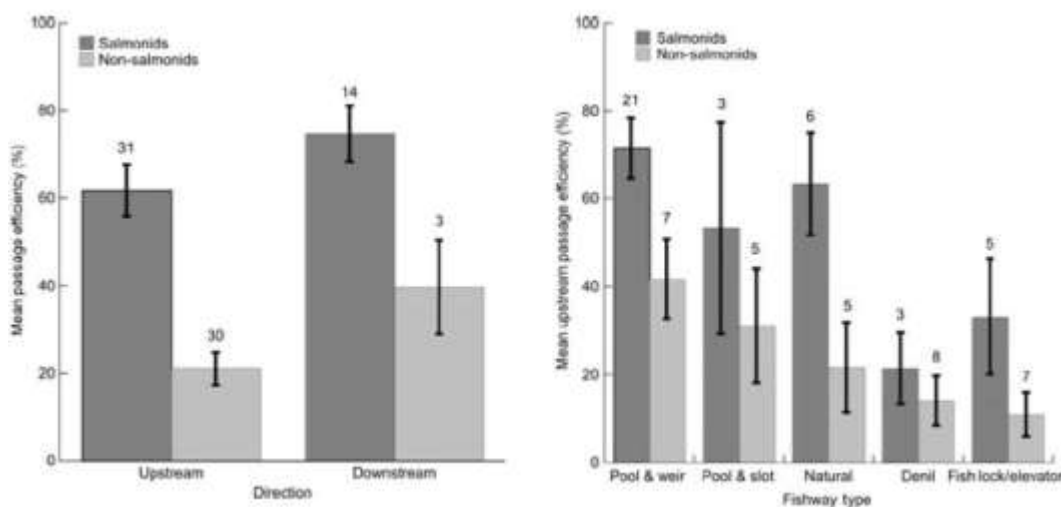
Resultaten i denna sammanställning bygger delvis på relativt nyligen publicerade rapporter (t.ex. Bunt m.fl. 2011, Noonan m.fl. 2012) tillsammans med tidigare

opublicerade data som erhållits via personliga kontakter med forskarteam över världen (bl.a. Armstrong 2010 och Rivinoja m.fl. 2010).

I Noonan m.fl. (2012) granskades data från 65 rapporter från 1960 till 2011 vilka fokuserat på passageeffektivitet vid olika fiskvägar för ett antal arter och storlekar av fisk (Figur 4). Här konstaterades att uppgifterna för icke laxartad fisk (ordningen Salmoniformes) varit bristfälliga, vilket innebar att dessa data grupperades vid analysarbetet. I medeltal påvisades en nedströms passageeffektivitet på 68,5% och en uppströmseffektivitet på 41,7% vid olika fiskpassager. Inga skillnader kunde noteras geografiskt över världen. För laxfisk noteras en högre vandringsframgång genom fiskvägarna än för övriga arter både vad avser uppströms- som nedströmsvandring, 61,7% vs 21,1%, samt 74,6 vs 39,6%. Passageeffektiviteten varierade beroende på fiskvägstyp där naturlika fiskvägar uppvisade högst effektivitet, medan deniltrappor och slussar/fiskhissar hade lägst effektivitet. Uppvandringsframgången minskade signifikant med trappans lutning, men ökade med fiskvägens längd och en ökad vattenhastighet. Författarna drar slutsatsen att ett flertal av fiskvägarna som studerats uppvisar låg effektivitet och att förbättringar kan behövas för att uppnå erforderliga krav på att öka fiskpopulationerna i de fragmenterade miljöerna.

Bunt m.fl. (2011) granskade och jämförde anlockning och passageeffektivitet från 19 studier för att utvärdera olika fiskvägstyper där data erhöles avseende 26 fiskarter från sex olika länder. Sammantaget noterade författarna att anlockningen varierade beroende på fiskvägstyp där de olika typerna tillskrevs följande effektivitet i fallande ordning: pooltrappor 29-100% (median 81%), slitsrännor 0-100% (median 80%), Denil-trappor 21-100% (median 57%) och naturlika fiskvägar 0-100% (median 50%). Den genomsnittliga passageeffektiviteten var omvänd där den högsta passagen erhöles för naturlika fiskvägar 0-100% (median 86%), följt av Deniltrappor 0-97% (median 38%), slitsrännor 0-100% (median 43%) och pooltrappor 0-100% (median 34%). Anlockningseffektiviteten var relaterad till fiskbiologiska egenskaper, medan variationen i passageeffektivitet var relaterad till trappans typ, lutning och höjd. Sammantaget konstaterade författarna att olika fiskarter och fiskvägstyper kan ge upphov till stor spridning i vandringsseffektivitet, där befintliga uppgifter i stort är för bristfälliga för att studien skulle kunna rekommendera generella fiskväglösningar. Författarna drar slutsatsen att fler studier behövs där platsspecifika detaljer måste utredas för att kunna optimera fiskpassager vid enskilda objekt.

I Calles m.fl. (2012) redovisas studier över fiskvandring i mindre vattendrag, listade i Bilaga 1, Tabell 1, och här noteras att mer än hälften av de undersökta arterna i systemen kunde passera naturlika omlöp vid uppströmsvandring (spridning från 53-100%). Nedströmsmigration genom omlöpen, som uppgick till 80%, har dock enligt Rivinoja m.fl. (2010) bara identifierats i två studier. Gällande passage av migrerande arter så kan det vara svårt att skatta hur stor andel av populationen som måste passera en fiskväg för att bibehålla ett livskraftigt fiskbestånd då detta kräver långa studier med långa tidsserier på populationsutveckling inom vattendrag (Calles m.fl. 2012).



Figur 4: Vandringsframgång av olika grupper av fisk vid olika fiskvägstyper redovisade i Noonan m.fl. (2012).

## 5.1 Studier kring icke laxartade fiskar

Att fiskvägar kan leda till förbättrad vandring av flera fiskarter konstaterades i Emån där 15 olika arter nyttjade de naturlika omlöpen (Calles & Greenberg 2007). Liknande data från Finland indikerar att anläggandet av fiskvägar haft en bredare positiv respons i Mustijoki älvsystem (Brasaksen) där 18 arter noterats vandra efter anläggandet av omlöp (Jormola 2014). Vidare nämns i Sandell m.fl. (1994) att fjorton danska omlöp med en lutning upp till 3 % utnyttjades av i stort sett samtliga förekommande fiskarter. Vid Slussen i Svartån, Örebro, har ett omlöp på 180 meters längd anlagts med en lutning på 1,1% vid ett hinder av 2 m i höjd. Här noterades vid kontroll i omlöpets över del tusentals benlöjor efter ett dygn, samtidigt med en förekomst av mört och färna (Degerman 2006). I en slitsränna (höjd 5 m, 22 bassänger, flöde 0,5–0,7 m<sup>3</sup>/s) i Aurajoki i sydvästra Finland har 16 arter påträffats vandrande (Kääria 1999). Bland dessa återfinns flodnejonöga, ål, lax, havsöring, braxen, vimma, benlöja, björkna, karp, färna, mört, stensimpa, abborre och gers. I Fyrisån registrerades en uppvandring av lekmogen asp (*Aspius aspius* L.) efter anläggandet av en låglutande trappa med slitsränna, denilsektioner och naturlika avsnitt (Pettersson 2015) och generellt sett noteras att slitsrännor fungerar bra för de flesta arter och till och med unga stadier av fisk (Sandell m.fl. 1994, Degerman 2008). Kombinationer av tröskling (rocky ramp) och omlöp som anlades år 2009 vid en lägre damm i vattendraget River Monnow (ett större biflöden till River Wye i Wales) har visat sig fungera för fiskpassage. Här tillgängliggjordes efter åtgärd ytterligare ca 200 km av vattendraget och ett flertal arter, inklusive lax, återfanns vid provfisken efter detta (referenser i Calles m.fl. 2013). Det faktum att vattendragens konnektivitet kan återställas genom nya fiskpassager visades av Zitek m.fl. (2008), som rapporterade att byggandet

av 11 fiskvägar resulterade i en omedelbar uppströmsvandring av olika fiskarter inom olika delar av Donau, Österrike.

## 5.2 Studier kring lax och öring

Generellt pekar studier på att en förbättrad passageeffektivitet skett i fiskvägar som anlagts under de senaste decennierna, både för upp- och nedströmsmigration av atlantlax (*Salmo salar*), stillahavslaxar (*Oncorhynchus spp.*) och öring (*Salmo trutta*) (Rivinoja m.fl. 2010). Ökad kunskap om fiskars beteende i kombination med nya studie- och analysmetoder för direkta studier av fiskrörelser i förhållande till omgivande miljöer har gjort det möjligt att studera och utvärdera samt därigenom kunna förbättra funktionen hos olika typer av fiskpassager (redovisat i Bilaga 1, Tabell 2 och Tabell 3, samt Figur 1–Figur 9). Trots att betydande förbättringar av fiskpassager har gjorts under senare tid, råder stora skillnader i fiskvägars effektivitet både inom och mellan länder. Små men relativt sett betydande förbättringar på uppvandningsframgång av lax vid relativt låga hinder (<5 m) har t.ex. åstadkommit vid Themsen i England (bl.a. Bilaga 1, Figur 1), samt i Frankrike. I övrigt pekar data på att den huvudsakliga utvecklingen och de senaste förbättringarna i fiskpassagetekniker har skett vid de nordamerikanska älvarna (flöden >200 m<sup>3</sup>/s) där relativt komplexa system konstruerats för att säkra fiskvandring (Bilaga 1). Förutom detta noteras framsteg vid några mindre europeiska älvar (flöden <200 m<sup>3</sup>/s) där positiva resultat erhållits i både upp- och nedströmsvandring med nya eller modifierade fisktrappor, ramper och grindstrukturer, samt med naturlika omlöp.

I Rivinoja m.fl. (2010) redovisades totalt 66 detaljerade passageberäkningar för uppvandrande lax där data för konstruktioner eller modifieringar gjorda under 1995-2010 (n = 45) visade en genomsnittlig framgång på 0,94, med den 25:e och 75 percentilen från 0,86 till 1,0 för perioden. En del av dessa studier har rapporterat låg passageframgång och som exempel fann Larinier (2008) en passageeffektivitet på 35% och 74% respektive för två äldre installationer med Denil / Denil-pool trappa förbi passager (på Baigts och Saptso) i älven Gave de Pau (flöden runt 100 m<sup>3</sup>/s) i Frankrike. Å andra sidan resulterade två senare installerade fiskvägar med en kombination av slitsrännor och naturlika delar vid samma älv en effektivitet på 94% (Atrix) och 100% (Biron), vilket illustrerar en förbättring i passagedesign. Att passager kan förbättras genom nya fiskvägar om vandringsförseningar förkortas visades av Croze (2005), som fann att de 21 av de nyaste fiskvägarna vid älven Aulne (Frankrike), var signifikant mer effektiva (96% ± 1,2%) för passerande av lax än de sju gamla (74% ± 7,8). Data från Themsen (Greg Armstrong, EPA Wales, opublicerat, Bilaga 1, Figur 1) visar att den totala passageeffektiviteten för radiomärkt lax (n = 1025) mellan åren 1996-2004 vid 21 olika dammar (höjder av cirka 1,5–2,0 m) hade ett snitt på 85-100% effektivitet (platsspecifikt från 43% till 100%), med ett totalt genomsnitt på 92% under åren). Dessutom tyder dessa resultat på att passageframgång tenderar att ha ökat under åren. I Europa har tre olika studier identifierat passageframgång på lax vid fiskhissar, vilka rapporterar en framgång på mellan 40% (Smith m.fl. 1996) till 94% (Larinier 2005).

Endast tre rapporter har identifierats som beskriver detaljerade data på uppströmspassage för öring, där Calles & Greenberg (2005) fann en framgång av 77%

respektive 86%, vilket leder till en kumulativ uppvandring av 65% vid naturlika omlöp vid Emån. Medianvärdet för installationer efter 1995 tyder på en framgång av 0,82 (25:e och 75 percentilen: 0,77 till 0,86). I övrigt noteras att det i Gullspångsälven sprängdes en kammartrappa nedströms första kraftverket, varefter nya habitat med välbesatta bestånd av juvenil öring och lax har noterats (Pettersson 2015), samt att det vid pågående studier har påvisats uppströmsvandring av radiomärkt öring vid anlagd fiskväg vid kraftverk i Kymijoki, Finland (Karpinen 2015).

Även om det finns ett antal studier som har visat hög (95-100%) passageeffektivitet av uppströmsvandrande fisk vid dammar, finns också platser där betydligt lägre uppvandningsframgång har noterats. Delvis kan detta förklaras med alltför låga flöden i fiskvägarna i relation till vattendragets flöde (t.ex. Karpinen m.fl. 2002), men passage kan också vara relaterat till vattentemperatur (Caudill m.fl. 2004, Leonardsson m.fl. 2005) och otillräcklig utformning av själva fiskvägen (Croze 2005).

Studier på smolt den senaste tiden (n = 17) pekar ut en relativt hög genomsnittlig passageeffektivitet av atlantlax på 0,96 (percentiler av 0,94-0,97). I vissa älvar, där särskilda fiskpassager saknas används spill vid utskov för att avleda fisk från turbiner, t.ex. Orkla i Norge och Mörrumsån i Sverige (Rivinoja m.fl. 2010). I europeiska älvar med typiska flöden under 100 m<sup>3</sup>/s har olika screeningsystem utvecklats för att avleda nedströmsvandrande fisk (DWA 2005).

Dessa konstruktioner med vinklade fingaller över kraftverksintag har visat lovande resultat med hög avledning i senare studier (Larinier 2008, Calles m.fl. 2010b). Lutande fingaller har dock inte prövats vid större flöden i nordiska klimat (Brydolf & Wiklund 2014). Scruton m.fl. (2008), som sammanfattade flera studier på lax i Exploits River i Kanada visade också på framsteg i passageeffektivitet som ökat från 23% till 73% för smolt genom att modifiera ett ytavledningssystem (Louver). För öringsmolt finns endast begränsade uppgifter som visar stor variation i passageeffektivitet sedan 1995, med 25:e och 75 percentiler från 0,42 till 0,84 med ett medel på 0,76 (n = 3). För öring har ökat spill använts för att underlätta nedströmspassage av både smolt och kelt (t.ex. Arnekleiv m.fl. 2007).

Data på passage av utlekt lax (kelt) sedan 1995 är begränsat till uppgifter från Kanada (Scruton m.fl. 2008), vilket indikerar ett medelvärde av 0,95 för lax (n = 4 studier, 0,68–0,95). Nyligen genomförda studier av lax vid en gammal kraftstation i Åtran visade en framgång varierande från 33% till 94%. Endast en studie har visat data på nedströmspassage av öring kelt, där Calles & Greenberg (2009), fann en vandrings effektivitet på 0,75 (Calles & Greenberg 2009) vid ett naturligt omlöp i Emån, samtidigt som Arnekleiv m.fl. (2007) visat att en ökning i spill kan leda 100% av fisken nedströms kraftverk.

Sammantaget noteras att studier visar lovande resultat kring laxfiskars passage av fiskvägar. Analyser av Rivinoja m.fl. (2010) tyder på att både lax och öring numera i allmänhet visar en passageeffektivitet runt eller över 90%. Dock har endast ett fåtal studier belyst de kumulativa effekterna av flera fiskvägar i samma vattendrag, vilket kan reducera den totala uppvandningsframgången. T.ex. fann Croze (2005), att endast 4,3%

av lekande fisk passerat 28 fiskvägar på väg mot lekplatser i en fransk älv, medan Gowans m.fl. (2003) rapporterade en kumulativ uppvandring av 7,4% i en skotsk älv med fyra fiskvägar och ett kraftverksmagasin. I Linløkken (1993) konstateras att effektiviteten av tekniska trappor i Glomma (Norge) verkade låg då endast 2 % av de skattade populationerna av harr och öring bedömdes att vandra in i trapporna där 90 % återfångster erhöles. Enligt författaren hade flödet i fiskvägarna i relation till vattendragets totalflöde stor inverkan på fiskvägarnas effektivitet. Trots att en positiv utveckling noterats för fiskvägar under senare tid, påpekade Ovidio & Philippart (2002) att även nya fiskvägar vid vattenkraftverk kunde vara ineffektiva för många inhemska uppströmsvandrande fiskarter i en fransk älv, vilket inte alla gånger garanterar en ökning av alla fiskpopulationer. Leonardsson (2014) redovisade hur populationsutvecklingen av lax kan vara relaterad till antalet fiskpassager som smolt måste överleva på sin nedströmsvandring och att kritiska nivåer erhöles vid fler än sju passager (Bilaga 1, Figur 10). I Norrgård (2014) reflekteras över nedströmsöverlevnad av fisk genom turbiner, vilket tolkas som att låga fallhöjder med Kaplan-turbiner generellt torde ge bättre överlevnad för passerande fisk än höga fallhöjder med Francis-turbiner.

## 6 Tänkbara kostnader för anläggning av fiskpassager

Kostnader för fiskvägar varierar stort beroende på målarter, fallhöjd, val av konstruktion och de tekniska utmaningar som lokala förhållanden ger i varje enskilt fall. Det är därför vanskligt att använda erfarenhetsvärden som schabloner för kostnader i enskilda fall. I Bilaga 1, Tabell 4 sammanställs kostnadsuppgifter över fiskvägar för uppströmsvandring i södra och mellersta Sverige, vilket påvisar en stor spridning. Som exempel kan nämnas att uppströmsfiskvägen som anlades 2013 vid Strömparken i centrala Norrköping har kostat runt 10 Mkr för en fallhöjd av ca 3 m (TerraLimno AB 2014). Fiskvägen som är 340 m kombinerar slitsar med en medellutning av 5 % vid in- och utgång samtidigt som större delen av sträckningen är ett omlöp med en lutning på 1 %. Som jämförelse noteras att den relativt komplexa fiskvägen vid Fyriskan i centrala Uppsala, kostat ca 5 Mkr för en fallhöjd på runt 2 m (TerraLimno AB 2014) och att den avancerade fisktrappan i Ume/Vindelälven (Half-way Ice Harbor Fishway type), invigd 2012, har kostat kring 200 Mkr för en fallhöjd på 25 m (Vattenfall AB 2014), vilket motsvarar mer än 8 Mkr per fallhöjdsmeter. Nyligen publicerade uppgifter (Allehanda 2015) tyder på att en fiskvägsinstallation i Ångermanälven vid Sollefteå kraftverk skulle kunna kosta någonstans mellan 50–70 Mkr för en fallhöjd på 9,2 m vilket ger upphov till kostnader på upptill 7,6 Mkr per fallhöjdsmeter. Här förefaller det som att de flesta av de mindre kostsamma trapporna är anlagda för 20 år sedan och att det är oklart vad som ingår i kalkylerna där summan inte heller har justerats efter dagens penningvärde.

Normalt leder anläggandet av fiskvägar till både direkta och indirekta kostnader. Själva kostnaderna för byggandet av fiskvägar varierar stort beroende på områdesspecifika egenskaper och de siffror på 0,5 Mkr per fallhöjdsmeter för tekniska fiskvägar och 0,1 Mkr för omlöp redovisade i VISS (2014) förefaller orimligt låga. Schablonerna anger samtidigt ett kostnadsspann på 0,1–6,5 Mkr per fallhöjdsmeter och vid tillfällen där det krävs sprängning, torrläggning, tillfälliga byggnadskonstruktioner och driftstopp i

kraftproduktion, kan kostnaderna skjuta i höjden. För uppströmsfiskvägar konstateras att fallhöjden för vattenkraftsproduktion inte alltid är en relevant faktor vid kostnadsuppskattningar, utan att fiskvägens fallhöjd och omgivande miljö är mer avgörande för slutgiltig kostnad. Även för åtgärder för nedströmsvandring råder stor variation i installationskostnader. Oavsett om åtgärderna avser upp- eller nedströmsvandring tillkommer normalt kostnader för justering av fiskpassagers funktion och eventuella uppföljningar av deras passerbarhet för olika fiskarter. Vid anläggandet kan det även krävas kostsamma utredningar kring t.ex. dammsäkerhet och geotekniska förhållanden. Juridiska tillstånd och prövningar medför ytterligare kostnader.

Då merparten av fiskvägarna i Europa saknat pålitliga utvärderingar kring deras effektivitet omöjliggörs samtidigt fullständiga samhällsekonomiska utvärderingar med kostnadsnyttoanalyser, där Kriström m.fl. (2010) påpekar att mer precisa verktyg och ett utökat samarbete mellan naturvetare och ekonomer behövs i framtida FoU program. Likväl förefaller det som att det ekonomiska nettoutfallet av förbättrad fiskvandring kan vara negativa och därmed inte samhällsekonomiskt lönsamma gällande betalningsvilja från fiskare. Pågående studier torde dock ge kompletterande uppgifter inom snar framtid.

## 7 Allmänna reflektioner kring anläggandet av fiskvägar

I dag ställs ofta krav på fiskväg i många tillståndsprövningar, ofta med hänvisning till historiska uppgifter om vandrande fiskpopulationer. Inför beslut om byggnation av fiskväg (och även vid val av konstruktion) är det således av vikt att klarlägga historiskt eller numera förekommande naturliga målarter i systemet. Det är också viktigt att undersöka i vilken grad hinder historiskt sett har varit passerbara för olika fiskarter. Är det så att hindret ifråga ursprungligen varit svårforcerat skall det (generellt) vid anläggande av en fiskväg inte bli lättare att passera än vad det naturliga tillståndet var. Har t.ex. enbart öring kunnat passera finns det inte rättsliga eller ekologiska skäl att bygga en fiskväg som möjliggör passage för andra arter (t.ex. braxen eller mört). Vidare bör inte fiskvägar anläggas där det tidigare har varit ett naturligt definitivt vandringshinder.

En fiskväg i sig själv garanterar heller inte återskapande av vandrande fiskbestånd eller möjliggör ökad produktionen till historiska nivåer, speciellt inte i vattendrag som under lång tid påverkats genom t.ex. rensning och försurning. Här krävs tillräcklig mängd med lämpliga reproduktionsytor för tänkta målarter och att dessa uppnår tillfredsställande tätheter av fisk för arternas populationsdynamik. Organismer som etablerat storskaliga migrationer har anpassat och utvecklat sitt vandringsbeteende genom naturligt urval. För dessa finns en vinst som överstiger eventuella kostnader med vandrigen. Vinsten med vandring kan vara ökad överlevnad eller tillväxthastighet, förhöjd reproduktionsframgång och därmed ökad fitness. Om förutsättningarna plötsligt ändras och kostnaderna för vandring ökar, genom t.ex. ökat predationstryck och sämre överlevnad, kan vandringsbeteendet selekteras bort (t.ex. öring), alternativt riskerar vissa arter att helt försvinna (t.ex. ål).

Ofta framförs förekomst av vandrande öringbestånd som ett incitament för att anlägga fiskvägar. För att öring skall etablera migrerande populationer anses ofta att det krävs att



tätheterna av fisk är tillräckligt höga för att leda till konkurrens som initierar vandringsbeteende. Enstaka uppvandrande öringar bidrar knappast till att tätheten av avkomman blir så pass hög att det automatiskt leder till migrerande bestånd, utan fisken kan bli stationär. Om inga/mycket få öringar leker i ett vattendrag nedanför ett vandringshinder är det därför ibland tveksamt om det är ekologiskt eller ekonomiskt motiverat att i första steget bygga en fiskväg. Utsättning av tillräckligt stora kvantiteter av rom/ung fisk under flera år kan behövas för att tätheterna ska nå upp till sådana nivåer att ett vandrande bestånd kan återskapas.

Effekten av en fiskväg på olika arters populationsstatus i ett vattensystem beror naturligtvis också i hög grad på vilka habitat som tillgängliggörs för fisken vid anläggande av en fiskväg. Innebär fiskvägen att vattenområden som inte har något värde ur reproduktionssynpunkt (t.ex. enbart regleringsmagasin) tillgängliggörs så kommer åtgärden knappast leda till den eftersökta effekten på fiskfaunan/ekologiska statusen. På samma sätt kommer, i vissa fall, inte effekterna av en enskild åtgärd vara meningsfull om det förekommer andra vandringshinder upp- och nedströms. Av detta skäl är bl.a. följande uppgifter viktiga som underlag för att kunna göra väl underbyggda avgöranden om miljönyttan i relation till andra intressen:

- Ursprungliga förhållanden – artförekomst, passerbarhet m.m.
- Nuvarande förhållanden – artförekomst passerbarhet m.m. Graden och typen av hydrologisk och morfologisk förändring, hur regleringen har förändrat vattendraget.
- Artförekomst upp- och nedströms.
- Olika arters hotstatus och behov av att kunna vandra för att fullborda sin livscykel.
- Värdet och storleken av habitat som tillgängliggörs vid åtgärd.
- Bedömd effekt av åtgärd, för t.ex. vandrande öringbestånd krävs att tillräckliga tätheter av fisk uppstår för att vandrande bestånd ska återetableras.
- Kostnaderna för åtgärd i förhållande till verksamhetens storlek m.m.
- Annan samhällsnytta som påverkas – t.ex. fiskeintressen, förändrade risker m.m.

Följaktligen är det en betydande datamängd som krävs för att kunna göra sakliga bedömningar som innebär en bra avvägning mellan allmänna och enskilda intressen samtidigt som rättssäkerheten beaktas. Här återfinns ofta brister i de underlag som ligger till grund för myndigheternas klassificering av ekologisk och kemisk status, samt bedömningar av de ekologiska vinsterna med olika åtgärder. Ofta grundar sig t.ex. statusklassificeringar på ett fåtal data som representerar stora vattenområden och slutvärderingen utmynnar i en s.k. expertbedömning.

## 8 Allmänna slutsatser

Effekter av vattenkraft på fisk kan mildras genom att installera lämpliga fiskpassager anpassade för olika målarter och alla livsstadier av fisk (upp- och nedströmsvandring), samt genom att undvika extrema variationer i lägsta och högsta flöden. Vid vattenkraftverk som bara delvis dämmer och nyttjar merparten av vattenföringen, torde miljöförbättringar via fiskvägar och flödesanpassning vara enklare att uppnå än vid större

reglerade älvar. Genom biotopåtgärder i form av fiskvägar, bottenrestaureringar och flödesanpassningar kan många av de negativa effekterna på ursprunglig fiskfauna minimeras. Inom snar framtid torde ny nationell kunskap finnas tillgänglig från åtgärder och studier som utförts och/eller planeras utföras i olika vattendrag.

## 9 Tack

Många har hjälpt till vid detta arbete, däribland Kjell Leonardsson (SLU), Olle Calles (Karlstad Universitet) som bidragit med data. Rapporter från Elforsk FoU-program "Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten", samt opublicerade skrifter från olika organisationer har utgjort värdefulla källor. Speciellt tack till Petri Karppinen (Kala- ja Vesitutkimus OY, Finland), Mats Hebrand (Fiskevårdsteknik AB), Lars Pettersson (Terra-Limno Gruppen AB), Jukka Jormola (SYKE, Finland), Greg Armstrong (EPA Wales, Storbritannien), Anders Eklöv (Swedish Salmon & Trout Association, Eklövs Fiske & Fiskevård) samt till Ivan Olsson (Swedish Salmon & Trout Association, Länsstyrelsen i Skåne), som hjälpt till att samla in olika uppgifter.

## 10 Litteratur

- Aarestrup K & Jepsen N. 1998. Spawning migration of sea trout (*Salmo trutta* (L)) in a Danish river. *Hydrobiologia* 372, 275-281.
- Aarestrup K, Jepsen N, Rasmussen G & Økland F. 1999. Movements of two strains of radio tagged Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts through a reservoir. *Fisheries Management and Ecology* 6(2), 97-107.
- Aarestrup K, Lucas MC & Hansen JA. 2003. Efficiency of a nature-like bypass channel for sea trout (*Salmo trutta*) ascending a small Danish stream studied by PIT telemetry. *Ecology of Freshwater Fish*. 12, 160-168.
- Aarestrup K. & Koed A. 2003. Survival of migrating sea trout (*Salmo trutta*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts negotiating weirs in small Danish rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 12, 169-176.
- Allehanda. 2015. Tillgänglig 2015-03-31 på:  
<http://www.allehanda.se/angermanland/solleftea/livlig-debatt-om-laxtrappa-i-solleftea>
- Almodovar A & Nicola GG. 1999. Effects of a small hydropower station upon brown trout *Salmo trutta* L. In the River Hoz Seca (Tagus basin, Spain) one year after regulation. *Regulated rivers: Research and management* 15, 477-484.
- Amiro PG & Jansen H. 2000. Impact of low-head hydropower generation at Morgans Falls, LaHavre River on migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*). In *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, p. 25.
- Andersson M & Bäckstrand A. 2005. Fungerar våra fiskvägar? Miljömålsuppföljning i Västra Götalands län. Länsstyrelsen i Västra Götalands Län. 2005:56. 41 sid.

- Armstrong, Greg, opublicerad. Data on Salmon migration at River Thames weirs, Fishpass officer, EPA Wales.
- Arnekleiv JV & Kraabøl M. 1996. Migratory behaviour of adult fast-growing brown trout (*Salmo trutta*, L.) in relation to water flow in a regulated Norwegian river. *Regulated Rivers: Research and Management* 12, 39-49.
- Arnekleiv JV & Rønning L. 2004. Migratory patterns and return to the catch site of adult brown trout (*Salmo trutta* L.) in a regulated river. *River Research and Applications* 12, 929-942.
- Arnekleiv JV, Kraabøl M & Museth J. 2007. Efforts to aid downstream migrating brown trout (*Salmo trutta* L.) kelts and smolts passing a hydroelectric dam and a spillway. *Hydrobiologia* 582:5–15
- Arnekleiv JV, Urke HA, Kristensen T, Halleraker JH & Flodmark LEW. 2004. Recovery of wild, juvenile brown trout from stress of flow reduction, electrofishing, handling and transfer from river to an indoor simulated stream channel. *Journal of Fish Biology* 64: 541–552.
- Ashby SL, Myers JL, Laney E, Honnell D & Owens C. 1999. The effects of hydropower releases from Lake Texoma on downstream water quality. *Journal of Freshwater Ecology* 14, 103-112.
- Backiel T. & Bontemps S. 1996. The recruitment success of *Vimba vimba* transferred over a dam. *Journal of Fish Biology* 48, 992-995.
- Banks JW. 1969. A review of the literature on the upstream migration of adult salmonids. *Journal of Fish Biology* 1, 85-136.
- Baras E, Lambert H & Philippart JC. 1994. A comprehensive assessment of the failure of *Barbus barbus* spawning migrations through a fish pass in the canalized River Meuse (Belgium). *Aquatic Living Resources*. 7, 181-189.
- Beach MH. 1984. Fish pass design-criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. In: *Fisheries Research Technical Report 78*, ISSN 0308-5589. p. 1-46.
- Berg OK, Thronaes E & Bremset G. 1998. Energetics and survival of virgin and repeat spawning brown trout (*Salmo trutta*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55, 47-53.
- Bergsten P. 2014. Kostnadsbedömning för fiskvägar vid 4 kraftstationer i Österdalälven. ÅF-Industry AB, Hydropower. Uppdragsnummer 6042264. 2014-09-24.
- Bickford SA & Skalski JR. 2000. Reanalysis and Interpretation of 25 Years of Snake-Columbia River Juvenile Salmonid Survival Studies. *North American Journal of Fisheries Management* 20(1), 53-68.

- Bilton HI, Alderdice DF & Schnute J. 1982. Influence of time and size at release of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) on return at maturity. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39, 426-447.
- Bjornn TC & Peery CA. 1992. A Review of Literature Related to Movements of Adult Salmon and Steelhead Past Dams and Through Reservoirs in the Lower Snake River. Moscow, Idaho, USA. US Army Corps of Engineers, Walla Walla District and Idaho Cooperative Fish and Wildlife Research Unit; Draft Technical Report 92-1, 107 p.
- Bless R. 2001. Spawning and niche shift of some threatened riverine fishes of Europe. *Archiv fuer Hydrobiologie Supplement* 135, 293-305.
- Boggs C, Keefer M, Peery C, Bjornn T & Stuehrenberg L. 2004. Fallback, reascension, and adjusted fishway escapement estimates for adult Chinook salmon and steelhead at Columbia and Snake River dams. *Transactions of the American Fisheries Society* 133, 932-949. 43
- Bond N & Lake P. 2003. Local habitat restoration in streams: Constraints on the effectiveness of restoration for stream biota. *Ecological Management and Restoration* 4, 193-198.
- Boulton AJ, Findlay S, Marmonier P, Stanley EH. & Valett HM. 1998. The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29, 59-81.
- Bradford MJ. 1997. An experimental study of stranding of juvenile salmonids on gravel bars and in sidechannels during rapid flow decreases. *Regulated Rivers- Research & Management*. 13: Sid. 395-401.
- Bratrich C, Truffer B, Jorde K, Markard J, Meier W, Peter A, Schneider M & Wehrli B. 2004. Green hydropower: A new assessment procedure for river management. *River Research and Applications* 20, 865-882.
- Brunke M & Gonser T. 1997. The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology* 37, 1-33.
- Bryant MD, Frenette BJ & McCurdy SJ. 1999. Colonization of a watershed by anadromous salmonids following the installation of a fish ladder in Margaret Creek, southeast Alaska. *North American journal of Fisheries Management* 19, 1129-1136.
- Brydolf L & Wiklund H. 2014. Installation av låglutande fingaller för främjande av ekologisk funktion i vattenkraftverk. En fallstudie av ett kraftverk i Umeälven. MJ153x Examensarbete i Energi och miljö, grundnivå. Stockholm 2014. Tillgänglig 2015-06-12 på: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:741682/FULLTEXT01.pdf>
- Bunn SE & Arthington AH. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental Management* 30: 492–507.

- Bunt CM, Cooke SJ, Katopodis C. & McKinley RS. 1999. Movement and summer habitat of brown trout (*Salmo trutta*) below a pulsed discharge hydroelectric generating station. *Regulated Rivers: Research & Management* 15(5): 395-403.
- Bunt CM. 2001. Fishway entrance modifications enhance fish attraction. *Fisheries Management and Ecology* 8, 95-105.
- Čada GF, Coutant CC & Whitney RR. 1997. Development of biological criteria for the design of Advanced hydropower turbines. DOE/ID-10578. Prepared for the U.S. Department of Energy, Idaho Operations Office, Idaho Falls, Idaho.
- Čada GF. 2001. The Development of Advanced Hydroelectric Turbines to Improve Fish Passage Survival. *Fisheries* 26(9), 14-23.
- Calles EO & Greenberg LA. 2005. Evaluation of nature-like fishways for re-establishing connectivity in fragmented salmonid populations in the River Emån. *River Research and Applications*, 21, 951-960.
- Calles EO & Greenberg LA. 2007. The use of two nature-like fishways by some fish species in the Swedish River Emån. *Ecology of Freshwater Fish*, 16, 183-190.
- Calles O & Bergdahl D. 2009. Downstream passage of silver eels at hydroelectric facilities - before and after a remedial measure (In Swedish). *Karlstad University Studies*. 2009:19. 37 pages.
- Calles O & Greenberg L. 2009. Connectivity is a two-way street - the need for a holistic approach to fish passage problems in regulated rivers. *River Research and Applications*, 25, 1268-1286.
- Calles O, Degerman E, Wickström H, Christiansson J, Gustafsson S & Näslund I. 2013. Anpassningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar. *Havs- och vattenmyndigheten* 2013:14. 114 sid. Tillgänglig 2014-11-28 på: <https://www.havochvatten.se/download/18.5f66a4e81416b5e51f73113/1383209282924/rapport-hav-2013-14-anordningar-passage-fisk.pdf>
- Calles O, Degerman E, Wickström H, Christiansson J, Gustafsson S & Näslund I. 2013. Anpassningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar. *Havs- och vattenmyndigheten* 2013:14. 114 sid. Tillgänglig 2014-11-28 på: <https://www.havochvatten.se/download/18.5f66a4e81416b5e51f73113/1383209282924/rapport-hav-2013-14-anordningar-passage-fisk.pdf>
- Calles O, Gustafsson S & Österling M. 2012. *Naturlika fiskvägar i dag och i morgon* ISBN 978-91-7063-424-6 *Karlstad University Studies* 2012:20
- Calles O, Olsson IC, Comoglio C, Kemp P, Blunden L, Schmitz M & Greenberg LA. in review-b. Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology*.

- Calles O, Rivinoja P & Greenberg L. 2013. A historical perspective on downstream passage at hydroelectric plants in Swedish rivers. I *Ecohydraulics: an integrated approach*, (eds). John Wiley & Sons Ltd: West Sussex, UK.
- Calles O. 2006. Re-establishment of connectivity for fish populations in regulated rivers. *Karlstad University studies*, 2005:56. 182 sid.
- Calles O. 2008. Exempel på kompensationsåtgärder. I boken *Vattendomar och fiskevård – En vägledning*, C. Lindhagen (eds). Sportfiskarna: Ödeshög; Sid. 63-76.
- Calles O. 2009. Framtidens fiskevård – fria vandringvägar. I boken *Restaurerade vatten - Exempel på fiskevård i svenska vatten*, C. Lindhagen (eds). Sportfiskarna: Ödeshög; Sid. 76.
- Calles O. 2009. Möjligheter till nedströmspassage för fisk i Österdalälven. Rapport till Fiskeriverkets utredningskontor i Härnösand.
- Calles O. 2014. Docent i Fiskbiologi vid Karlstad universitet. Personligt förmedlad muntlig referens.
- Cambray J. 1990. Adaptive significance of a longitudinal migration by juvenile freshwater fish in the Gamtoos River System, South Africa. *Suid Afrikaanse Tydskrif vir Natuurwetenskap en Tegnologie* 20, 148-156.
- Cattaneo F, Lamouroux N, Breil P & Capra H. 2002. The influence of hydrological and biotic processes on brown trout (*Salmo trutta*) population dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 12-x
- Chanseau M, Croze O & Larinier M. 1999. The impact of obstacles on the Pau River (France) on the upstream migration of returning adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture*, 211-237.
- Claret C, Marmonier P & Bravard JP. 1998. Seasonal dynamics of nutrient and biofilm in interstitial habitats of two contrasting riffles in a regulated large river. *Aquatic Sciences* 60, 33-55.
- Clay CH. 1995. *Design of fishways and other fish facilities*. Second edition. Lewis Publishers, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.
- Coutant CC & Whitney RR. 2000. Fish Behavior in Relation to Passage through Hydropower Turbines: A Review. *Transactions of the American Fisheries Society* 129, 351-380.
- Coutant CC. 2001. Behavioral technologies for fish guidance. *American Fisheries Society*, symposium 26, Bethesda, Maryland.
- Cowx IG & Gould RA. 1989. Effects of stream regulation on Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and Brown trout, *Salmo trutta* L., in the upper Severn catchment, U.K. *Regulated Rivers: Research and Management* 3: 235-245.

- Cowx IG & Welcomme RL. 1998. Rehabilitation of rivers for fish: a study undertaken by the European Inland Fisheries Advisory Commission of FAO. Oxford: Fishing News Books
- Croze O. 2005. Radio-tracking: a useful tool for the Aulne Atlantic salmon rehabilitation Program. In Spedicato MT; Lembo G; Marmulla G (eds.) Aquatic telemetry: advances and applications. Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe. Ustica, Italy, 9-13 June 2003. Rome, FAO/COISPA. 2005. 295p
- Crisp DT. 2000. Trout and Salmon Ecology, Conservation and Rehabilitation. Oxford : Fishing News Books. ISBN 0-85238-256-1.
- Degerman E. 2008. Ekologisk restaurering av vattendrag. Naturvårdsverket och Fiskeriverket: Internet. 300 sid.
- Denil G. 1909. Les échelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ourthe.
- DWA 2005. Fish Protection Technologies and Downstream Fishways - Dimensioning, Design, Effectiveness Inspection. DWA German Association for Water, Wastewater and Waste, ISBN-10: 3-939057-35-5, Hennef Germany.
- Dynesius M & Nilsson C. 1994. Fragmentation and Flow Regulation of River Systems in the Northern 3rd of the World. *Science* 266, 753-762.
- Eberstaller J, Hinterhofer M & Parasiewicz P. 1998. The effectiveness of two nature-like bypass channels in an upland Austrian river. In Migration and fish bypasses. (Eds. Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S.), pp. 363-383. Oxford: Fishing News Books.
- Eklöv AG, Greenberg LA, Brönmark C, Larsson P & Berglund O. 1998. Response of stream fish to improved water quality: a comparison between the 1960s and 1990s. *Freshwater Biology* 40, 771-782.
- Eklöv AG, Greenberg LA, Brönmark C, Larsson P & Berglund O. 1999. Influence of water quality, habitat and species richness on brown trout populations. *Journal of Fish Biology* 54, 33-43.
- Elliott JM. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford: Oxford Univ. Press.
- Enders EC, Scruton DA, Clarke DC. 2009. The 'natural flow paradigm' and Atlantic salmon - moving from concept to practice. *River Research and Applications*. 25: Sid. 2-15.
- Enders EC, Smokorowski KE, Pennell CJ, Clarke KD, Sellars B, Scruton DA. 2007. Habitat use and fish activity of landlocked Atlantic salmon and brook charr in a newly developed habitat compensation facility. *Hydrobiologia*. 582: Sid. 133-142.
- Evans A, Beaty R, Fitzpatrick M & Collis, K. 2004. Identification and enumeration of steelhead kelts at a Snake River hydroelectric dam. *Transactions of the American Fisheries Society* 133, 1089-1099.

- FAO/DVWK. 2002. Fish Passes- Design, Dimensions and Monitoring. The Food and Agriculture Organization of the United Nations in arrangement with Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK): Rome. 138 sid.
- Ferguson JW, Williams JG & Meyer E. 2002. Recommendations for improving fish passage at the Stornorrfors Power Station on the Umeälven, Umeå, Sweden. U.S. Department of Commerce, National Marine Fisheries Service, Northwest Fisheries Science Center, Seattle, Washington, February 2002.
- Fievet E, Roux AL, Redaud L & Serandour JM. 2001. Conception of passage facilities for the amphidromous biota (freshwater shrimps and fishes) of the West Indies: A review. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*, 241-256.
- Flodmark LEW, Forseth T, L'Abée-Lund JH & Vollestad LA. 2006. Behaviour and growth of juvenile brown trout exposed to fluctuating flow. *Ecology of freshwater fish* 15, 57-65.
- Fortum AB. 2014. Personligt förmedlad muntlig referens från Marco Blixt.
- Fortum AB. 2014. Personligt förmedlad muntlig referens från Marco Blixt.
- Franklin A, Haro A, Castro-Santos T. 2009. An Evaluation of Nature-Like Fishways for Passage of Anadromous Alewife. *Challenges for Diadromous Fishes in a Dynamic Global Environment*. 69: Sid. 907-909.
- Fredrich F, Ohmann S, Curio B & Kirschbaum F. 2003. Spawning migrations of the chub in the River Spree, Germany. *Journal of Fish Biology* 63, 710-723.
- Freeman MC, Bowen ZH, Bovee KD, Irwin ER. 2001. Flow and habitat effects on juvenile fish abundance in natural and altered flow regimes. *Ecological Applications*. 11: Sid. 179-190.
- Garcia de Leaniz C. 2008. Weir removal in salmonid streams: implications, challenges and practicalities. *Hydrobiologia* 609, 83–96.
- Gowans ARD, Armstrong JD & Priede IG. 1999. Movements of Atlantic salmon in relation to a hydroelectric dam and fish ladder. *Journal of Fish Biology* 54, 713-726.
- Gowans ARD, Armstrong JD, Priede IG & Mckelvey S. 2003. Movements of Atlantic salmon migrating upstream through a fish-pass complex in Scotland. *Ecology of Freshwater Fish* 12, 177-189.
- Gross MR, Coleman RM & Mcdowall RM. 1988. Aquatic productivity and the evolution of diadromous fish migration. *Science* 239, 1291-1293.
- Gustafsson S, Österling M, Skurdal J, Schneider LD & Calles O. 2013. Macroinvertebrate colonization of a nature-like fishway: The effects of adding habitat heterogeneity. *Ecological Engineering* 61(A), p. 345–353.
- Haddingh RH & Bakker HD. 1998. Fish mortality due to passage through hydroelectric power stations on the Meuse and Vecht Rivers. In *Migration and fish bypasses*.



- (Eds. Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S.), pp. 315-328. Oxford: Fishing News Books.
- Hansen EA. 1975. Some Effects of Groundwater on brown trout redds. Transactions of the American Fisheries Society 1, 100-110.
- Harby A, Olivier JM, Merigoux S & Malet E. 2007. A mesohabitat method used to assess minimum flow changes and impacts on the invertebrate and fish fauna in the Rhone River, France. River Research and Applications 23: 525–543.
- Haro A, Odeh M, Noreika J & Castro-Santos T. 1998. Effect of water acceleration on downstream migratory behaviour and passage of Atlantic salmon smolts and juvenile American shad at surface bypasses. Transactions of the American Fisheries Society 127: 118–127.
- Hatry C, Binder TR, Thiem JD, Hasler CT, Smokorowski KE, Clarke KD, Katopodis C & Cooke SJ. 2013. The status of fishways in Canada: trends identified using the national CanFishPass database. Reviews in Fish Biology and Fisheries 23 (3), 271-281  
DOI 10.1007/s11160-012-9293-3
- Hebrand M. 1996. Project migratory fish in the River Emån (Projekt vandringsfisk i Emån). Fiskevårdsteknik i Sverige AB. 36 sid.
- Hebrand M. 1998. Förslag till utformning av ny fiskväg. Fiskevårdsteknik i Sverige AB. 24 sid.
- Hebrand M. 2009. Biokanal, naturliknande fiskväg. Fiskevårdsteknik AB. PM 090224. 6 sid.
- Heggenes J & Roed KH. 2006. Do dams increase genetic diversity in brown trout (*Salmo trutta*)? Microgeographic differentiation in a fragmented river. Ecology of Freshwater Fish 15, 366-375.
- Huusko A, Greenberg L, Stickler M, Linnansaari T, Nykänen M, Vehanen T, Koljonen S, Louhi P. & Alfredsen K. 2007. Life in the ice lane: The winter ecology of stream salmonids. River Research and Applications 23: 469–491.
- Hvidsten NA & Johnsen BO. 1997. Screening of descending Atlantic salmon (*Salmo salar* L) smolts from a hydropower intake in the River Orkla, Norway. Nordic journal of freshwater research 73, 44-49.
- HVMFS. 2013. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljö kvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2013:19 (2013).
- Jensen AJ & Aass P. 1995. Migration of a fast-growing population of brown trout (*Salmo trutta* L) through a fish ladder in relation to water-flow and water temperature. Regulated Rivers-Research & Management 10, 217-228.

- Jensen AJ, Heggberget TG & Johnsen BO. 1986. Upstream migration of adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in the River Vefsna, northern Norway. *Journal of Fish Biology* 29, 459-465.
- Jepsen N, Aarestrup K, Okland F & Rasmussen G. 1998. Survival of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and trout (*Salmo trutta* L.) smolts passing a reservoir during seaward migration. *Hydrobiologia* 372, 347-353.
- Jepsen N, Pedersen S & Thorstad E. 2000. Behavioural interactions between prey (trout smolts) and predators (pike and pikeperch) in an impounded river. *Regulated Rivers: Research & Management* 16, 189-198.
- Johlander A. 1999. Counting Atlantic salmon and sea trout in fishways in Southern Sweden - results and observations. p. 98-104. In: *Proceedings of the Nordic Conference on Fish Passage, 9-11 Sept. 1998* (Eds. Kamula & Laine). Oslo, Norway, DN-notat 1999-1. Trodheim.
- Jonsson N. 1991. Influence of water flow, water temperature, and light on fish migration in rivers. *Nordic journal of freshwater research* 66, 20-35.
- Jormola J. 2014. Luonnonmukaiset kalatiet, esimerkkejä ja mahdollisuudet Suomessa. Virtavedet kuntoon kalateitä rakentamalla. Totta vai tarua? RKTL 10.1.2014. Tillgänglig 2015-01-28 på:  
<http://www.rktl.fi/www/uploads/pdf/luonnonmuk.kalatiet.viikki2.pdf>
- Jormola, Jukka. pers. komm. Finlands Miljöcentral (SYKE, Suomen ympäristö keskus), 2011-12-12
- Jungwirth M. 1996. Bypass channels at weirs as appropriate aids for fish migration in rhithral rivers. *Regulated Rivers-Research & Management* 12, 483-492.
- Kääriä J. 1999. Fishway in Halistenkoski rapids on the Aurajoki river, SW Finland. Foredrag fra Nordisk symposium om fiskepassajer. Red. R. Kamula & A. Laine. DN notat 1:64-66.
- Kamula R. 2001. Flow over weirs with application to fish passage facilities. Doctoral thesis. ISBN 951-42- 5976-9. Department of Biology, University of Oulu, Finland.
- Karppinen P, Mäkinen TS, Erkinaro J, Kostin VV, Sadkovskij RV, Lupadin AI & Kaukoranta M. 2002. Migratory and route-seeking behaviour of ascending Atlantic salmon in the regulated River Tuloma. *Hydrobiologia* 483, 23-30.
- Karppinen, Petri. pers. komm. Kala- ja Vesitutkimus OY (Finland), 2011-12-12
- Katopodis C. 1990. Advancing the art of engineering fishways for upstream migrants. p. 19-28. In: *Proceedings of the International Symposium on Fishways, 90 in Gifu, Japan, October 8-10, 1990*.
- Katopodis C. 1999. Sustaining fish migrations: swimming performance and fish passage/exclusion methods. p. 23-30. In: *Proceedings of the Nordic Conference*

- on Fish Passage, 9-11 Sept. 1998 (Eds. Kamula & Laine). Oslo, Norway, DN-notat 1999-1. Trondheim.
- Kemp PS, Gessel MH & Williams JG. 2004. Seaward migrating juvenile Pacific salmonids avoid conditions of rapid hydraulic transition and overhead cover. p. 41-46. In: Fifth International Symposium on Ecohydraulics. Aquatic habitats: Analysis & Restoration. September 12-17, 2004, Madrid, Spain. Vol I (Eds. de Jalón Lastra & Martínez). IAHR Congress Proceedings, Universidad Politécnica de Madrid.
- King JM, Tharme RE, Brown CA. 1999. Definition and implementation of instream flows. Thematic Report for the World Commission on Dams. 63 sid.
- Knaepkens G, Baekelandt K & Eens M. 2006. Fish pass effectiveness for bullhead (*Cottus gobio*), perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a regulated lowland river. *Ecology of Freshwater Fish* 15, 20-29.
- Koed A, Jepsen N, Aarestrup K & Nielsen C. 2002. Initial mortality of radio-tagged Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts following release downstream of a hydropower station. *Hydrobiologia* 483, 31-37.
- Kriström B, Calles O, Greenberg LA, Leonardsson K, Paulrud A, Ranneby B. 2010. Samhällsekonomisk analys av alternativa åtgärder i flödespåverkade vattendrag: Emån och Ljusnan. Vetenskaplig slutrapport. (Cost-Benefit Analysis of River Regulation: The case of Emån and Ljusnan. Scientific summary report). Elforskrapport. 89 sid.
- Kroes MJ, Gough P, Schollema PP & Wanningen H. 2006. From sea to source; Practical guidance for restoration of fish migration in European rivers. Philip's, Octopus Publishing Group Ltd.: London, United Kingdom. 120 sid.
- Laine A, Jokivirta T & Katopodis C. 2002. Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and sea trout, *Salmo trutta* L., passage in a regulated northern river - fishway efficiency, fish entrance and environmental factors. *Fisheries Management and Ecology* 9, 65-77.
- Laine A, Kamula R & Hooli J. 1998. Fish and lamprey passage in a combined Denil and vertical slot fishway. *Fisheries Management and Ecology* 5, 31-44.
- Laine A. 2001. Restoring salmonid stocks in boreal rivers. Problems of passage at migratory obstructions and land-derived loading in production areas. Doctoral thesis. A 361. Department of Biology, University of Oulu, Finland.
- Länsstyrelsen Västra Götaland 2014. Personligt förmedlad muntlig referens från Lennart S Olsson.
- Länsstyrelsen Västra Götaland 2014. Personligt förmedlad muntlig referens från Lennart S Olsson.
- Larinier M & Travade F. 2014. Fiskpassageexperter i Frankrike. Förmedlad muntlig referens via Olle Calles (Docent i Fiskbiologi vid Karlstad universitet).

- Larinier M & Travade F. 2014. Fiskpassageexperter i Frankrike. Förmedlad muntlig referens via Olle Calles (Docent i Fiskbiologi vid Karlstad universitet).
- Larinier M & Travade, F. 2002. Fishways: biological basis, design criteria and monitoring. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 364:
- Larinier M. 1998. Small-scale hydropower schemes and migratory fish passage. Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau 53(8), 46-51.
- Larinier M. 1998. Upstream and downstream fish passage experience in France. I Migration and fish bypasses., M. Jungwirth, S. Schmutz and S. Weiss (eds). Fishing News Books: Cambridge; Sid. 127-145.
- Larinier M. 1998. Upstream and downstream fish passage experience in France. p. 127-145. In: Fish Migration and Fish Bypasses (Eds. Jungwirth, Schmutz & Weiss). Fishing News Book, University Press, Cambridge.
- Larinier M. 2001. Environmental issues, dams and fish migration. I boken Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution, G. Marmulla (eds). FAO: Rome; Sid. 45-90.
- Larinier M. 2001. Environmental issues, dams and fish migration. In Dams, fish and fisheries. Opportunities, challenges and conflict resolution (Ed. Marmulla, G.), pp. 45-90. Rome: FAO.
- Linløkken A. 1993. Efficiency of fishways and impact of dams on the migration of grayling and brown trout in the Glomma river system, south-eastern Norway. Regulated Rivers: Research and Management 8, 145-153.
- Lucas MC & Baras E. 2001. Migration of freshwater fishes. Malden, MA: Blackwell Science.
- Lucas MC, Bubb DH, Jang M-H, Ha K & Masters JEG. 2009. Availability of and access to critical habitats in regulated rivers: effects of low-head barriers on threatened lampreys. Freshwater Biology 54(3), 621-634.
- Lucas MC, Mercer T, Armstrong JD, McGinty S & Rycroft P. 1999. Use of a flat-bed passive integrated transponder antenna array to study the migration and behaviour of lowland river fishes at a fish pass. Fisheries Research 44, 183-191.
- Lundqvist H, Rivinoja P, Leonardsson K & Mckinnell S. 2008 Upstream passage problems for wild Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a flow controlled river and its effect on the population. Hydrobiologia 602, 111-127.
- Mader H, Unfer G & Schmutz S. 1998. The effectiveness of nature-like bypass channels in a lowland river, the Marchfeldkanal. I boken Migration and fish bypasses., M. Jungwirth, S. Schmutz and S. Weiss (eds). Fishing News Books: Oxford; Sid. 384-402.

- Malmqvist B, Rundle S, Brönmark C, Erlandsson A. 1991. Invertebrate colonization of a new, man-made stream in Southern Sweden. *Freshwater Biology*. 26: Sid. 307-324.
- Malm-Renöfält B, Jansson R & Nilsson C. 2010. Effects of hydropower generation and opportunities for environmental flow management in Swedish riverine ecosystems. *Freshwater Biology*, 55, 49–67
- Mathers RG, De Carlos M, Crowley K & Teangana DÓ. 2002. A review of the potential effect of Irish hydroelectric installations on Atlantic salmon (*Salmo salar*) populations, with particular reference to the River Erne. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 102b(2), 69-79.
- Matousek JA, Wells AW, Hecht JH & Metzger SG. 1994. Reporting survival results of fish passing through low-head turbines. *Hydro Review* 13, 2-6.
- Miljöbalkens promulgationslag. 1998. 1998:811, 39 § 1 st. punkt 2.
- Mills DH. 1965. Smolt production and hydro-electric schemes. *International Council of the Exploration of the Sea. C.M. Salmon and Trout Committee* 31.
- Mills DH. 1989. *Ecology and management of Atlantic salmon*. London, Chapman & Hall. 351 p.
- Montén E. 1985. *Fish and turbines: fish injuries during passage through power station turbines*. Stockholm: Vattenfall, Statens vattenfallsverk.
- Moore A, Ives S, Mead TA & Talks L. 1998. The migratory behaviour of wild Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts in the River Test and Southampton Water, southern England. *Hydrobiologia* 372, 295-304.
- Muir WD, Smith SG, Williams JG & Sandford BP. 2001. Survival of juvenile salmonids passing through bypass systems, turbines, and spillways with and without flow deflectors at Snake River dams. *North American Journal of Fisheries Management* 21, 135-146.
- Myers GS. 1949. Usage of anadromous, catadromous, and allied terms for migratory fishes. *Copeia*, 89-97.
- Noonan MJ, Grant JWA & Jackson CD. 2012. A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries* 13,450–464.
- Northcote, T.G. 1998. Migratory behaviour of fish and its significance to movement through riverine fish passage facilities. p. 3-18. In: *Fish Migration and Fish Bypasses* (Eds. Jungwirth, Schmutz & Weiss). Fishing News Book, University Press, Cambridge.
- Norrgård JR. 2014. *Migration and quality of landlocked Atlantic salmon smolt - Implications for conservation and management*. Dissertation 2014:29 Karlstad University, Department of Environmental and Life Sciences. Universitetsstryckeriet,

- Karlstad ISBN 978-91-7063-561-8. Tillgänglig 2015-04-04 på: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:714124/FULLTEXT01.pdf>
- NRC. 1996. Upstream: salmon and society in the Pacific Northwest. Report of the committee on protection and management Pacific Northwest anadromous salmonids. National Academy Press, Washington D.C.
- Odeh M. & Orvis C. 1998. Downstream Fish Passage Design Considerations and Developments at Hydroelectric Projects in the North-east USA. Fish Migration and Fish Bypasses, Fishing News Books, 1998, pp. 267-280
- Olsson IC, Greenberg LA & Eklöv AG. 2001. Effect of an Artificial Pond on Migrating Brown Trout Smolts. North American Journal of Fisheries Management 21, 498-506.
- Östergren J. & Rivinoja P. 2008. Overwintering and downstream migration of sea trout (*Salmo trutta* L.) kelts under regulated flows - Northern Sweden. River Research and Applications 24: 551-563.
- Ottaway EM & Forrest DR. 1983. The influence of water velocity on the downstream movement of alevins and fry of brown trout *Salmo trutta*. Journal of Fish Biology 23, 221-228.
- Ovidio M & Philippart JC. 2002. The impact of small physical obstacles on upstream movements of six species of fish - Synthesis of a 5-year telemetry study in the River Meuse basin. Hydrobiologia 483, 55-69.
- Ovidio M, Capra H & Philippart JC. 2008. Regulated discharge produces substantial demographic changes on four typical fish species of a small salmonid stream. Hydrobiologia 609, 59-70.
- Palm D. 2014. Fiskhabitat i Österdalälven och dess biflöden. Arbetsmaterial SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet. Intuitionen för Vilt- Fisk och Miljö. 90183 Umeå.
- Peake S. & McKinley RS. 1998. A re-evaluation of swimming performance in juvenile salmonids relative to downstream migration. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55(3), 682-687.
- Prignon C, Micha J & Gillet A. 1998. Biological and environmental characteristics of fish passage at the Tailfer dam on the Meuse River, Belgium. In Migration and fish bypasses. (Eds. Jungwirth, M., Schmutz, S. & Weiss, S.), pp. 69-84: Fishing News Books.
- Quinn TP, Hodgson S. & Peven C. 1997. Temperature, flow, and the migration of adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in the Columbia River. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 54, 1349-1360.
- Raddum GG & Fjellheim A. 1993. Life cycle and production of *Baetis rhodani* in a regulated river in Western Norway: Comparison of pre- and post-regulation conditions. Regulated Rivers: Research & Management 8, 49-61.

- Raddum GG, Fjellheim A & Velle G. 2008. Increased growth and distribution of *Ephemerella aurivillii* (Ephemeroptera) after hydropower regulation of the Aurland catchment in Western Norway. *River research and applications* 24, 688-697.
- RED, Renewable energy directive. 2009. Report No: 2009/28/EC
- Richter BD, Baumgartner JV, Wigington R & Braun DP. 1997. How much water does a river need? *Freshwater Biology* 37: 231-249.
- Rivinoja P, Calles O, Karlsson S & Lundström S. 2010. Effects of small scale hydropower on aquatic fauna. Report Department of Wildlife, Fish, and Environmental studies, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå. 21 p.
- Rivinoja P, Calles O, Thorfve S, Lundqvist H & Leonardsson K. 2010a. Assessment of potential passage probabilities and reproduction areas for Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the fragmented regulated River Ljusnan -A baseline of hypothetical scenarios for eco-eco analyses. Department of Wildlife, Fish, and Environmental studies, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå Report 3.
- Rivinoja P, Lindberg D-E, Lundqvist H & Leonardsson L. 2010. Positive Developments in Fishpassage Efficiency for Salmon (*Salmo salar*, *Oncorhynchus* spp.) and Brown trout (*Salmo trutta*) Still Requires a Holistic Approach. Working report, Department of Wildlife, Fish, and Environmental Studies, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Umeå, Sweden.
- Rivinoja P, McKinnell S, Lundqvist H. 2001. Hindrances to upstream migration of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in a northern Swedish river caused by a hydroelectric power-station. *Regulated Rivers-Research & Management*. 17: Sid. 101-115.
- Rivinoja P. 2004. Salmon passage problems in regulated rivers. ISSN 1101-6620 ISRN SLU-VBI-R--39—SE, Rapport nr 39, 2004. Vattenbruksinstitutionen, SLU, 901 83 Umeå.
- Rivinoja P. 2005. Migration problems of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in flow regulated rivers. PhD-thesis, Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Umeå, Sweden 2005:114.
- Rosberg GE, Scott KJ, Rithaler R. 1986. Review of the International Pacific Salmon Fisheries Commission's Sockeye and Pink Salmon Enhancement Facilities on the Fraser River. Bio Program Unit, Enhancement Operations Division, Salmonid Enhancement Program. 250 sid.
- Roscoe DW, Hinch SG. 2010. Effectiveness monitoring of fish passage facilities: historical trends, geographic patterns and future directions. *Fish and Fisheries*. 11: Sid. 12-33.
- Saltveit SJ, Halleraker JH, Arnekleiv JV & Harby A. 2001. Field experiments on stranding juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated Rivers: Research and Management* 17(4-5): 609-622.

- Saltveit SJ. 2006. Økologiske forhold i vassdrag- konsekvenser av vannføringsendringer, En sammenstilling av dagens kunnskap. Norges vassdrags- og energidirektorat, PDC Tangen. (In Norwegian).
- Sandell G, Pettersson L & Abrahamsson I. 1994. Fiskvägar - en litteraturoversikt. Information från Sötvattenslaboratoriet Drottningholm, Fiskeriverket 1:1994. 83 sid. (In Swedish).
- Schmutz S, Giefing C & Wiesner C. 1998. The efficiency of a nature-like bypass channel for pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) in the Marchfeldkanalsystem. *Hydrobiologia* 372, 355-360.
- Scruton D, McKinley R, Kouwen N, Eddy W & Booth R. 2002. Use of telemetry and hydraulic modeling to evaluate and improve fish guidance efficiency at a louver and bypass system for downstream-migrating Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts and kelts. *Hydrobiologia* 483, 83-94.
- Scruton D. 2011. Fiskpassageexpert i Kanada. Personligt förmedlad muntlig referens.
- Scruton D. 2011. Fiskpassageexpert i Kanada. Personligt förmedlad muntlig referens.
- Scruton DA, Pennell C, Ollerhead LMN, Alfredsen K, Stickler M, Harby A, Robertson M, Clarke KD & LeDrew LJ. 2008. A synopsis of 'hydropeaking' studies on the response of juvenile Atlantic salmon to experimental flow alteration *Hydrobiologia* 609, 263-275
- Skalski J, Mathur D & Heisey P. 2002. Effects of turbine operating efficiency on smolt passage survival. *North American journal of Fisheries Management* 22, 1193-1200.
- Skalski JR, Townsend R, Lady J, Giorgi AE, Stevenson JR & McDonald RD. 2002. Estimating route-specific passage and survival probabilities at a hydroelectric project from smolt radiotelemetry studies. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic sciences* 59, 1385–1393.
- Svensson B. S. 2000. Hydropower and instream flow requirements for fish in Sweden. *Fisheries Management and Ecology* 7, 145-155.
- Sweco. 2014. Cederborg D, Rivinoja P, Jender M & Stenqvist M. Förstudie kring fria vandringsvägar vid 14 vattenkraftverk i Motala ström och Svartån. Sweco Environment AB. Uppdragsnummer 1331399000. 2014-09-15.
- Sweco. 2014. Cederborg D, Rivinoja P, Jender M & Stenqvist M. Förstudie kring fria vandringsvägar vid 14 vattenkraftverk i Motala ström och Svartån. Sweco Environment AB. Uppdragsnummer 1331399000. 2014-09-15.
- TerraLimno AB. 2014. Personligt förmedlad muntlig referens från Lars Pettersson.
- TerraLimno AB. 2014. Personligt förmedlad muntlig referens från Lars Pettersson.
- Tesch FW. 2003. *The Eel*, third edition. Blackwell publishing, Oxford.



- Tharme RE. 2003. A global perspective on environmental flow assessment: Emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*. 19: Sid. 397-441.
- Thorstad E, Fiske P, Aarestrup K, Hvidsten N, Hårsaker K, Heggberget T, Økland F. 2005. Upstream migration of Atlantic salmon in three regulated rivers. I boken *Aquatic telemetry: advances and applications*, M. Spedicato, Marmulla, G, Lembo, G (eds). FAO/UN - COISPA: Rome; Sid. 191-202.
- Thorstad EB, Heggberget TG. 1998. Migration of adult Atlantic salmon (*Salmo salar*); the effects of artificial freshets. *Hydrobiologia*. 372: Sid. 339-346.
- Thorstad EB, Økland F, Kroglund F & Jepsen N. 2003. Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. *Fisheries Management and Ecology* 10, 139-146.
- Tockner K, Schiemer F & Ward JV. 1998. Conservation by restoration: The management concept for a river-floodplain system on the Danube River in Austria. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 8, 71-86.
- Travade F. 2005. Migratory fish passage at hydroelectric facilities: EDF experience. *Houille Blanche-Revue Internationale De L Eau* 3, 60-68
- Trépanier S, Rodríguez MA & Magnan P. 1996. Spawning migrations in landlocked Atlantic salmon: Time series modeling of river discharge and water temperature effects. *Journal of Fish Biology* 48, 925-936.
- Truffer B, Bratrich C, Markard J, Peter A, Wuest A & Wehrli B. 2003. Green Hydropower: The contribution of aquatic science research to the promotion of sustainable electricity. *Aquatic Sciences* 65, 99-110.
- Veza P, Comoglio C, Rosso M, Viglione A. 2010. Low Flows Regionalization in North-Western Italy. *Water Resources Management*. 24: Sid. 4049-4074.
- VISS. 2014. Vattenmyndigheterna. Vatten Informations System Sverige. Tillgänglig 2014-11-28 på: <http://www.viss.lansstyrelsen.se/Stations.aspx?stationEUID=SE677515-141990>
- VISS. 2014. Vattenmyndigheterna. Vatten Informations System Sverige. Tillgänglig 2014-11-28 på: <http://www.viss.lansstyrelsen.se/>
- Ward JV & Stanford JA. 1995. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers-Research & Management* 11, 105-119.
- Ward JV & Wiens JA. 2001. Ecotones of riverine ecosystems: Role and typology, spatio-temporal dynamics, and river regulation. *Ecohydrology and Hydrobiology* 1, 25-36.
- Webb J. 1990. The movements of adult Atlantic salmon in the River Tay and Tummel to Pitlochry Dam. *Scottish Fisheries Research Report* 48, 27 p.

- Welton JS, Beaumont WRC & Clarke RT. 2002. The efficacy of air, sound and acoustic bubble screens in deflecting Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts in the River Frome, UK. *Fisheries Management and Ecology* 9, 11-18.
- Westerberg H. 1977. Telemetriförsök med lax och laxöring i Mörrumsån 1976. In *Information / Laxforskningsinstitutet, Älvkarleby*. 1-16.
- WFD. 2000. The water frame work directives. Report No: 2000/60/EG.
- Williams JG. 1998. Fish passage in the Columbia River, USA and its tributaries: problems and solutions. p. 180-191. In: *Fish Migration and Fish Bypasses* (Eds. Jungwirth, Schmutz & Weiss). Fishing News Book, University Press, Cambridge.
- Wood PJ, Armitage PD. 1997. Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management*. 21: Sid. 203-217.
- Wootton RJ. 1998. *Ecology of teleost fishes*. Dordrecht; London: Kluwer Academic.
- Zdankus N., Vaikasas, S., Sabas, G. 2008. Impact of a hydropower plant on the downstream reach of a river. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 16(3), 128-134.
- Ziliukas V. & Ziliukiene V. 2002. Ichthyological evaluation of fish passes constructed in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica* 12, 47-57.
- Ziliukas V. 1989. Comparative estimation of vimba (*Vimba vimba* L.) and bream (*Abramis brama* L.) fry ratio in the whole fry population in littoral communities from different water bodies. *Acta hydrobiologica* 31, 343-349.