

# **Minimitappning i reglerade vattendrag: Begrepp, forskning och naturvårdsmål**

Björn Svensson, SwedPower AB

Sammanställningen har uppdragits författaren av forskningsprogrammet "Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten", som finansieras av Elforsk, Statens energimyndighet, Fiskeriverket och Naturvårdsverket ([www.vattenkraftmiljo.nu](http://www.vattenkraftmiljo.nu)). Författaren svarar själva för innehållet.

Syftet har varit att med hjälp av respektive författare ta fram relativt korta populära beskrivningar av vad som pågår inom de områden (Förbättrade förutsättningar för vandring hos vattenorganismer, Habitatförstärkning, Flödesregimer och Kompensationsutsättningar av fisk) som varit prioriterade inom "Vattenkraft - miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten, etapp 2".

## **Bakgrund**

Begreppet minimitappning, som det numera har kommit att användas i Sverige, avser ett tillskapat flöde nedanför en regleringsanordning med syftet att upprätthålla strömvattnekologiska förhållanden på en vattendragsträcka som eljest mestadels hade förblivit torrlagd. Eftersom det övergripande syftet med en reglering, som har fått denna konsekvens, är att åstadkomma en maximal kraftproduktion som motsvarar efterfrågan på elektricitet, har man traditionellt sett minimitappning som en eftergift åt motstående intressen och uttrycket ”spill” har därför ibland använts. Minimitappningens utformning har emellertid länge utgjort ett villkor för tillåtelsen att reglera vattendrag i Sverige.

”Minimitappning” motsvaras i engelskan av ”instream flow”, ”environmental flow” eller ”ecological flow”. Ibland ges dessa uttryck olika betydelser beroende på ändamålet med tappningar, men i de flesta sammanhang är uttrycken utbytbara.

En universell fråga när det gäller dimensionering av minimitappning är vilka förhållanden som skall avgöra tappningens storlek. I floder där flera ekonomiska intressen utnyttjar vattnet (det kan handla om vattenkraft, båttrafik, uttag för bevattning och översvämningsskydd), blir prissättningen avgörande för hur vattnet regleras och avleds för olika ändamål. När ett enda ekonomiskt intresse är framträdande (i Sverige handlar det numera i stort sett enbart om vattenkraft i de större vattendragen) blir ändamålet med en minimitappning att tillfredsställa ekologiska, estetiska eller rekreationsändamål.

I Sverige har man aldrig utvecklat någon enhetlig metod för att bestämma minimitappningars storlek (Svensson 2000). Eftersom flödet är mycket variabelt under året, framför allt i norra delen av landet, så resonerar man att det flöde, som är bestämmande för fisk och annat akvatiskt liv, bör ligga närmare den lägsta än den högsta naturliga vattenföringen. Minimitappningen ligger här i landet därför nära eller överensstämmer med lägsta naturliga lågvattenföring, ibland differentierat med hänsyn till lokal tillrinning och förekomst av säsongsfiske.

Fisket har över huvud taget varit vägledande för dimensionering av tappningar både i Sverige och utomlands. I Izaak Waltons klassiska verk ”The Complete Angler, or the Contemplative Man’s Recreation”, som kom ut i London redan 1653 beskrivs till och med hur man kan reglera floder för att förbättra fisket.

Denna rapport ger en översikt av den forskning, som rör dimensionering av minimitappning. Tonvikten har lagts på principiella resonemang om ändamålet med minimitappningar, liksom observerade samband mellan vattenföring och ekologiska förhållanden. Likaså ges, åtminstone som referenser, ett urval av de senaste decenniernas forskningsaktiviteter inom området. Studier med liten relevans för svenska förhållanden är inte beaktade i denna sammanställning. De olika metoder, som tillämpas runt om i världen för att fastställa tappningsnivåer, ges mindre utrymme i rapporten, eftersom dessa har redovisats i en annan svensk rapport (Svensson *et al.* 2003).

## Historik

Forskning kring dimensionering av flöden med syftet att gynna olika utvecklingsstadier av fisk har, som framgick ovan, bedrivits länge. Mycket av denna äldre forskning sammanställdes av Fraser (1972). Den forskning, som specifikt har gällt behovet av att släppa fram vatten nedanför stora regleringsdammar tog emellertid ordentlig fart i USA på 1970-talet. Då utvecklade U.S. Fish and Wildlife Service en metod förkortad IFIM (Instream Flow Incremental Methodology), som kopplar ihop fiskars val av uppehållsplatser med hydrauliska förhållanden (Stalnaker 1979; Doerksen 1991). Metoden eller någon variant av densamma har kommit att användas runt om i världen. Det finns två skäl till att den fått denna stora spridning. För det första utnyttjar metoden kvantitativa samband mellan fiskförekomst och vattenhastighet, djup etc. Det innebär att man kan använda hydrauliska modeller för att simulera hur fiskbeståndet förändras vid olika vattenföringar. Man kan alltså få en beskrivning av sambandet mellan antalet fiskar och vattenföring kontinuerligt inom hela det flödesintervall, som är intressant. För det andra utvecklades metoden först för öring, en art som har introducerats i alla världsdelar som sportfisk.

En sökning (gjord i slutet av 2004) i de större biologiska databaserna (Biosis, ASFA men även Internet) gav uppgifter om ca 1200 vetenskapliga arbeten som behandlar minimitappningsproblematik. Flertalet av dessa beskriver förhållanden i Nordamerika, men det pågår forskning och utveckling i alla världsdelar (Fig. 1).

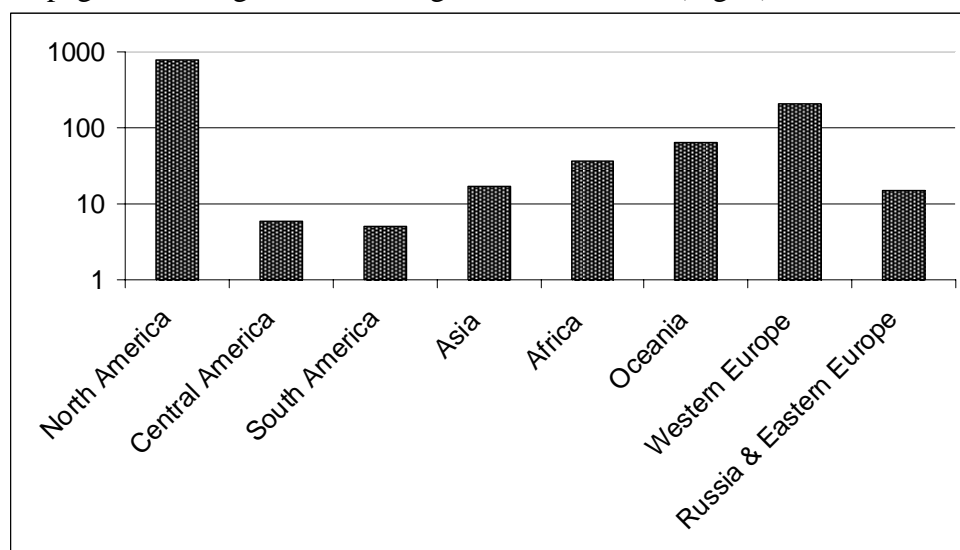


Fig. 1. Antalet minimitappningsrelaterade artiklar i olika delar av världen.

I Europa har ojämeförfligt flest studier gjorts i Storbritannien, men Tyskland, Frankrike, Italien och Norge har omfattande aktiviteter inom området. Fisk är det dominerande studieobjektet följt av hydrografiska och generella analyser (Fig. 2).

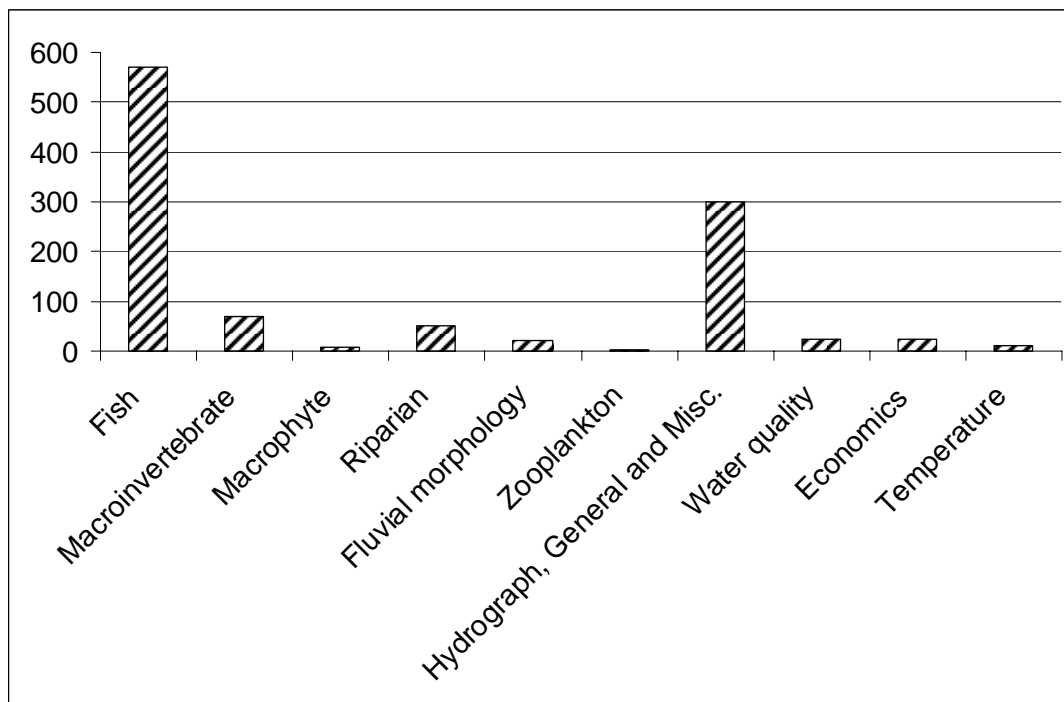


Fig. 2. Huvudsaklig inriktning av minimitappningsstudier.

Vid sidan av riktade studier mot hotade fiskarter dominerar undersökningar av laxartad fisk. Öring (*Salmo trutta*), atlantlax (*Salmo salar*) och västamerikanska laxarter (*Oncorhynchus* spp.) är föremål för flest arbeten. Flödesproblematiken är därvid främst kopplad till lek och lekvandringar, habitatförhållanden och fiske (Fig. 3).

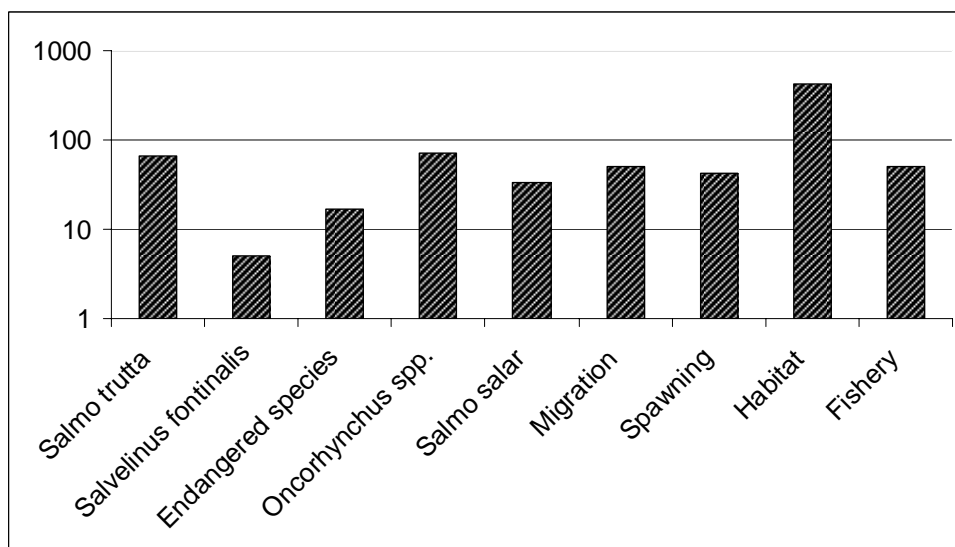


Fig. 3. Fiskarter och fiskrelaterade aspekter, som dominerat i minimitappningsstudier.

Det sista decenniet kan man skönja en breddning av intresset för minimitappning till att också omfatta ekologiska processer, men produktionen av vetenskapliga studier ligger sedan början av 1990-talet på en relativt konstant nivå över åren (nedgången de sista åren i Fig. 4 är nog skenbar och hör samman med en fördröjning i databasernas uppdatering).

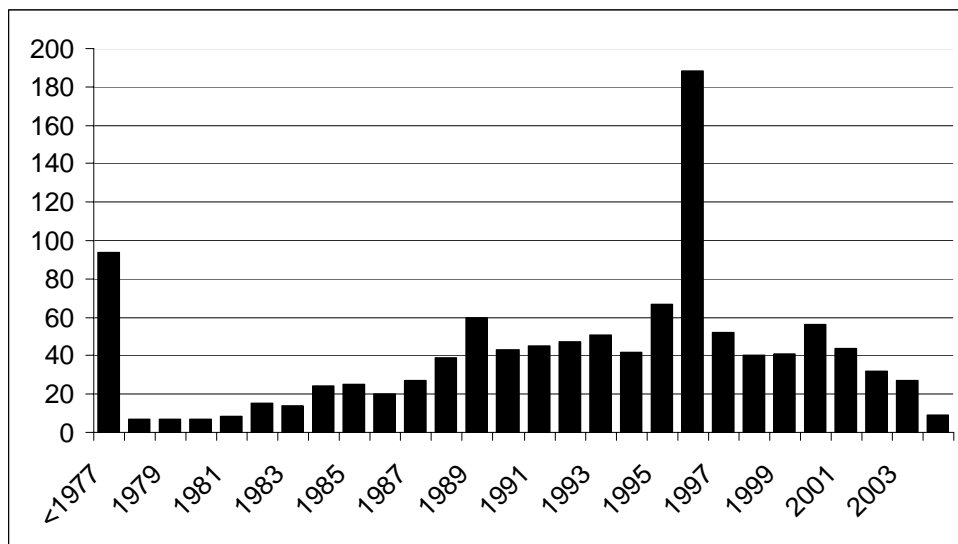


Fig. 4. Antalet publicerade artiklar om minimitappning olika år.

I Sverige tog sig ett ökat intresse för minimitappningar först uttryck i ett symposium på Sötvattenslaboratoriet i Drottningholm år 1983 (Lindström 1984). Därefter inledde Vattenfall år 1987 forskning och utveckling inom området, som omfattade både ett minisymposium (Malmqvist 1988a), studieresor (Malmqvist 1988b), och kunskapssammanställningar (Greenberg *et al.* 1991). I förlängningen av detta projekt gjordes också laboratorie- och fältstudier (Greenberg 1999). Då användes en av SINTEF i Norge modifierad version av IFIM kallad Fysisk Beskrivande Vassdragsmodell (FBV) (Vaskinn 1985; Harby *et al.* 1999).

Mycket av den forskning som har bedrivits om minimitappningsproblem under senare år har redovisats vid de fem internationella symposier, betitlade ”International Symposium on Ecohydraulics”, som arrangerats i IAHRs regi (Vaskinn and Carstens 1994; Anonymous 1999; Leclerc *et al.* 1996; King 2002; Garcia de Jalon and Martinez 2004). Nästa konferens i denna serie hålls i Christchurch 2007

(<http://www.conference.co.nz/index.cfm/ecohydraulics2007>).

## **Minimitappningars ändamål**

Det kan finnas många skäl till att upprätthålla en minimitappning på viss nivå. Lokala förhållanden såsom igenväxningsproblem, isolerad förekomst av en hotad art, eller stort sportfiskeintresse, kan ges en överskuggande betydelse vid hushållningen med vatten och kan då nödvändiggöra mer eller mindre lokalspecifika anpassningar av flödet. Frågan om minimitappningens storlek och utformning blir då hänvisad till skräddarsydda analyser.

Rent allmänt kan man emellertid urskilja två fundamentalt olika ansatser med åtföljande viktiga skillnader i varför respektive hur man utformar minimitappningar. IFIM, som ovan översiktligt beskrevs, kännetecknas av att organismen står i centrum och att man kan etablera och utnyttja noggranna samband mellan organismen och den fysiska miljön. I detta fall kan man också simulera utfallet på organismen av ändringar i flödet, eftersom metoden bygger på en matematisk modell som är utformad för detta ändamål. På det sättet erhålls i princip ett vetenskapligt gott beslutsunderlag. Nackdelen med denna metod är att den inte beaktar viktiga processer och komplexa interaktioner mellan en organism och andra organismer i miljön, liksom inte heller fluvio-morfologiska förhållanden i full utsträckning. Förhållanden i hela vattendrag kan heller inte av praktiska skäl hanteras med en metod som kräver omfattande detaljstudier inom varje vattendragsegment.

Alternativet till den ansats IFIM representerar innebär att flöden istället dimensioneras efter graden av naturlighet; i hydrologisk mening. Utgångspunkten är fortfarande att organismer skall skyddas, men att förståelsen av vad dessa organismer kräver, inte går att tillräckligt analysera i en komplex värld. Därför får likheten mellan ett reglerat och ett naturligt flöde, baserat på statistiska analyser av observationsserier, utgöra ett mått på hur långt en minimitappning (=det reglerade flödet) tillfredsställer graden av naturlighet också när det gäller organismsamhällets utseende. Fördelen med denna metod är att den egentligen inte kräver några nya fältinsatser; nackdelen att man aldrig får veta vad en, ofta kostsam, åtgärd får för effekt. Exemplet IFIM ger visserligen inte heller ett absolut svar om hur stor en minimitappning behöver vara, men metoden ger åtminstone ett gott underlag för att man skall kunna förhandla fram en balans mellan kostnad och nytta (Stalnaker *et al.* 1995).

I sin karakteristik av ovanstående två sätt att bestämma minimitappningar skiljer Poff (2004) på vad han kallar "hydroekologi" (hydroecology) - en samlad benämning på metoder, som utgår från den naturliga hydrologin - och "ekohydraulik" (ecohydraulics) - som IFIM är exempel på. Jag använder i fortsättningen också denna dikotomi.

Det finns en annan betydelsefull skillnad mellan brukare av 'hydroekologi' respektive 'ekohydraulik'. De senare sysselsätter sig företrädesvis med att balansera vattenavledning/reglering i situationer där det finns ett stort samhällsligt intresse av att behålla ett ekonomiskt utnyttjande av vattenresurserna. De förra är framför allt inbegripna i restaurering av vattendrag där förutsättningarna för ett ekonomiskt utnyttjande av vattenresursen har upphört, men där restriktioner likväl kvarstår för hur långt man tillåts gå i återetableringen av ett naturtillstånd. Exempel på denna senare situation utgör utrivning av dammar ovanför vilka stora sedimentmängder har hunnit ackumuleras eller där nedströms bebyggelse eller nya naturmiljöer inte tillåter naturliga vattenståndshöjningar (Shuman 1995; Gregory *et al.* 2002; Doyle *et al.* 2003; Bednarek 2001).

## **Samband mellan vattenföring och ekologi**

### **Inledning**

Större delen av all forskning om ekologiska effekter av vattenreglering har på ett eller annat sätt behandlat samband mellan flöde och det fenomen man valt att studera. Man kan dessutom konstatera att inget annat kraftslag kommer i närheten av vattenkraften när det gäller antalet publikationer om dess miljökonsekvenser. Det finns med andra ord ett oöverskådligt stort antal rapporter, som beskriver kopplingar mellan hydrologi och ekologi i vattendrag. Att ur ett så gigantiskt material extrahera generella slutsatser, som dessutom är relevanta och betydelsefulla för svenska förhållanden, är inte lätt och man kan alltid ha synpunkter på urvalet. Jag väljer att koncentrera mig på förhållandena i det strömmande vattnet. Det finns visserligen andra akvatiska biotoper, som är beroende av vattenföringen i floder – åtminstone under naturliga förhållanden. Översvämningsmiljöer (flacka stränder och flodplan), stänkzoner (som sprejas av vattendroppar vid vattenfall) och estuarier (flodmynningar) präglas av rådande vattenföring och hydrologin blir då avgörande för själva existensen av naturliga biotoper i anslutning till sådana miljöer. I kraftigt reglerade norrlandsälvar kan vi utgå från att det inte räcker med tappningar för att återfå förlorade biotoper av denna typ. Naturvårdsåtgärder bör istället inrikta sig på att bevara sådana biotoper i outbyggda älvar och biflöden.

Med nuvarande svenska naturvårdspolitik är det få människodanade biotoper som åtnjuter skyddsvärde. Undantagen från detta konstaterande finns enbart i kulturlandskapet. Det finns emellertid anledning att flagga upp för en viktig diskussion om vissa biotoper i reglerade älvar, som kan komma att påverkas av eventuella framtida förändringar av vattenföringen. Inledande studier visar nämligen att det förekommer torrsträckor, som hyser ovanliga insekter. Det rör sig om s.k. fugitiva arter, dvs. arter som för ett vagabonderande liv och bara uppträder där de slipper konkurrens. Sannolikt är det oregelbundna genomströmningar av höga flöden som eliminerar deras konkurrenter, och samtidigt skapar lämpliga miljöer för vagabonderna (Engström and Ternström 1997).

### **Fisk**

Som framgår av Fig. 2 och 3 finns det ett stort antal publikationer, som behandlar sambandet mellan fiskars uppehållsplatser och vattenföring. Figurerna visar dessutom bara skrifter, som tar upp minimitappningsproblem. Det totala antalet artiklar av relevans för denna rapport är därför betydligt större och måste räknas i tusental. Lyckligtvis handlar inte alla dessa om arter och situationer av relevans för svenska förhållanden, men redan om lax och öring är rapporteringen omfattande. Eftersom lax och öring är viktiga arter i svenska älvar och ständigt föremål för resonemang om åtgärder som kan främja bestånden, ges nedan en kort resumé av artiklar, som behandlar nyssnämnda arters relation till flöden.

#### ***Salmo salar***

I Norge har man framgångsrikt utnyttjat hydrauliska modeller vid studier av lax och öring (Heggenes 1996; Heggenes *et al.* 1996). Heggenes (1990) konstaterar att tillgängligheten av lämpliga habitat påverkar både habitatutnyttjande och habitatpreferens hos norska laxungar. Lämpliga sommarhabitat har djup som varierar mellan 5-90 cm; genomsnittliga vattenhastigheter mellan 0,1-0,8 m/s, och ett bottensubstrat med grovt material, i storlek mellan grus och block. Han konstaterar också att fiskstorlek påverkar habitatutnyttjandet; årsungar uppehåller sig på grundare bottnar nära stranden medan äldre fisk förekommer inom

ett större djupintervall. Snarlika modeller har också utnyttjats i Kanada, bl.a. för att utvärdera hur hydrologiska förhållanden påverkar lekområden (Leclerc *et al.* 1996). Man konstaterar att i ett studerat vattendrag skulle en föreslagen korttidsreglering innebära 10-20 gånger högre variationer i vattenföring än vad dessa lekområden naturligt skulle ha utsatts för. Liknande kanadensiska studier inkluderar Guay *et al.* (2000). Den reglerade floden North Tyne i England studerades på motsvarande sätt av Gibbins and Acornley (2000), som predikerade förluster av både lekområden och habitat för laxyngel som följd av rådande flödesregim.

När man vill studera beteendet hos fiskar i relation till olika flöden och flödesförändringar kan laboratoriestudier i artificiella bäckar vara bra hjälpmedel. Ett exempel på sådan studie utfördes av Kemp *et al.* (2003), som fann att bara en liten andel av unga laxar bytte uppehållsplatser vid ändringar av flödet. I en annan studie fann teamet att preferenskurvor för vattenhastighet, som konstruerades vid olika vattenföringar, fick olika utseende; ett förhållande som komplicerar användning av modeller av typ IFIM (Holm *et al.* 2001).

Det finns talrika studier av laxens lekvandring; inte minst i form av analyser av förhållanden, som påverkar vandringen. Vattenföring och temperatur har betydelse, men relationerna är komplicerade genom att laxens beteende ändras under säsongen. Flera studier visar att laxuppvandringen går långsammare vid låga flöden än vid höga (Jonsson 1991; Erkinaro *et al.* 1999; Thorstad *et al.* 1998). Vid utlopp från kraftstationer, som utgör hinder för vandring, kan laxen bli stående långa perioder när flödet i fiskvägen är låg jämfört med turbinflödet. Dess vandringsbenägenhet när laxen väl hittar rätt rutt tycks också avta (Rivinoja *et al.* 2001; Thorstad *et al.* 2003). En norsk studie visar att fiskelyckan påverkas av flöde och temperatur. I Gaula-älven blev fångsterna störst vid flöden <200 m<sup>3</sup>/s och temperaturer >8°C (L'Abée-Lund and Aspas 1999).

Medan laxens lekvandring är en aktiv process är nedströmsvandringen av smolt passiv. Även smoltvandringen påverkas dock av flöde och temperatur. Högt flöde och låg temperatur gynnar utvandringen (Greenstreet 1992; Carlsen *et al.* 2004; Veselov *et al.* 1998; Whalen *et al.* 1999).

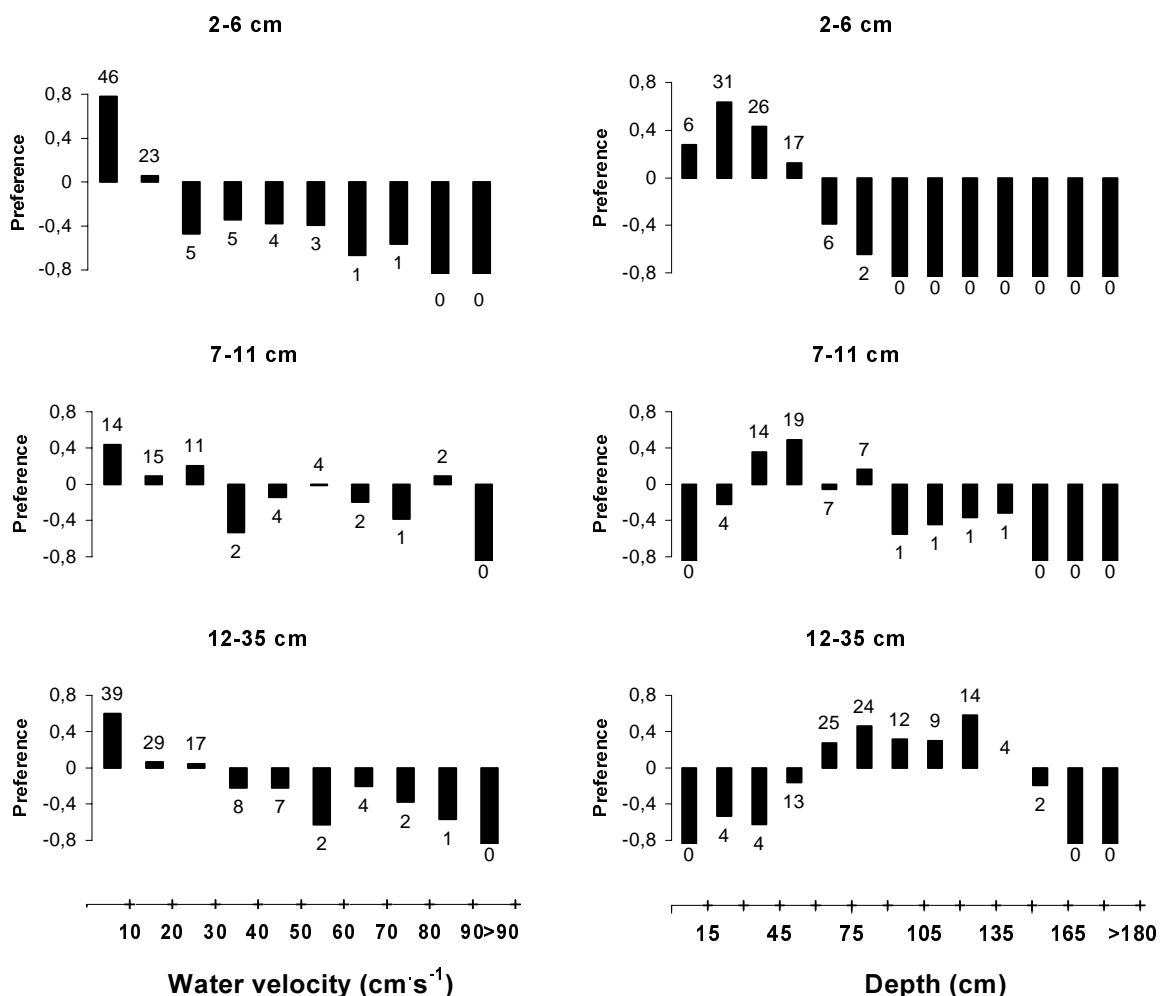
Det finns alltså åtskilligt med information om vattenflödets betydelse för olika åldersstadier av lax. En viss variation mellan olika stammar och varierande samband mellan olika fysikaliska faktorer beroende på vattendragens geografiska belägenhet och topografi gör det emellertid uppenbart att det krävs lokala studier för att fastställa lämpliga minimiflöden och inte minst behovet av att differentiera dessa flöden under året (Heggenes *et al.* 1996).

### ***Salmo trutta***

Öringen är den fisk som är ojämförligt mest studerad när det gäller dess relation till vattenflöde (Fig. 3 och t.ex. Baran *et al.* 1995; Heggenes 1996; Degerman *et al.* 1997; Gibbins and Acornley 2000; Bovee 1988; Wolff *et al.* 1990). Enbart IFIM har använts för att studera naturliga och introducerade öringar i alla världsdelar. Öringen är emellertid en art med stor intraspecifik variation och det går därför inte utan vidare att överföra data från en population till en annan. Till detta kommer att våra vattendrag ofta hyser ”stationära” öringstammar tillsammans med de som, liksom laxen, är havsvandrande (=havsöring).

Heggenes (1988) sammanställde information om öringens habitatval i relation till fysikaliska faktorer. Djup, vattenhastighet, bottenstrukturer och skydd (“cover”) framstod som de viktigaste faktorerna för att förklara artens habitatkrav. Det fanns en positiv korrelation också mellan fiskens storlek och dess val av habitat. Mindre individer föredrog grunda, steniga forsar

medan de store individerna uppehöll sig i djupare partier med inslag av block och närhet till skydd (t.ex. överhängande strandvegetation eller utskjutande klippor). Samtliga storlekskategorier undvek höga vattenhastigheter; detta för att minska energiförbrukningen eftersom det "kostar" mer att behålla sin position i strida flöden. Dessa slutsatser stämmer väl med observationer, som gjordes i Vojmån, Sverige, i anslutning till ett Vattenfall-finansierat projekt (Fig. 5).



Figur 5. Observationer under dagtid av öringars preferenser för vattenhastighet och djup. Av diagrammen framgår att alla storlekar av arten föredrog låga hastigheter, men att det djup som föredrogs ökade med fiskens storlek. Preferensmått är baserade på beräkningar enligt Jacobs' formel. Modifierat efter Greenberg (1998).

Öringens anpassningsbarhet demonstrerades i en studie i Nya Zeeland. Den visade att öringar var territoriella (=revirhävdande) i forssträckor när vattenhastigheten var hög, men att de blev sociala och bildade stim i lugnvattenhabitat när vattenhastigheten underskred 0,3 m/s (Campbell and Scott 1984).

Flera forskargrupper har eller har haft öringen som studieobjekt och med inriktning mot dess flödesberoende under olika årstider och utvecklingsstadier. Från ett forskarteam i Pyrenéerna har det således flutit en serie publikationer på detta tema (Baran *et al.* 1994; Baran *et al.* 1995; Baran *et al.* 1993; Delacoste *et al.* 1993a; Delacoste *et al.* 1995; Baran; Delacoste *et al.* 1995; Delacoste *et al.* 1993b). Även i andra delar av Frankrike har omfattande öringforskning bedrivits. Eftersom arten i Frankrike företrädesvis förekommer i bergsbäckar är många av resultaten intressanta också för svenska förhållanden; inte minst för att franska forskare har

haft en tradition att utveckla och använda modeller (Capra *et al.* 1994; Baglinière and Arribemoutounet 1985; Bagliniere and Champigneulle 1982; Maridet and Souchon 1995; Valentin *et al.* 1996; Capra *et al.* 1995; Capra *et al.* 1995; Chauvet 1983; Baglinière *et al.* 1989; Liebig *et al.* 1998; Lamouroux and Capra 2002; Liebig *et al.* 1999; Capra *et al.* 2003). Den omtalade IFIM-metoden har således utvärderats och ofta använts af Electricité de France (EDF) (Courrot 1989; Sabaton and Miquel 1993; Sabaton *et al.* 1997).

Öring har varit målorganism i många andra europeiska studier av minimitappning. I Tabell 1 är de mest intressanta arbetena i andra länder uppräknade.

Land	Inriktning av studie(rna)	Referens(er)
UK	Fiskhabitat och optimerad vattenresursanvändning	Gibbins and Heslop (1998); Maddock <i>et al.</i> (2001a)
Finland	Användning av flödesmodell för bedömning av effekter av biotopåtgärder	Huusko and Yrjänä (1997)
Norge	Utvärdering av biotopåtgärder som alternativ till ändrad vattenhushållning i reglerade vattendrag	Brittain <i>et al.</i> (1993); Brittain <i>et al.</i> (1994); Hvidsten and Johnsen (1992); Linlökken (1997)
Canada	Test och anpassning av modeller för fyra laxartade fiskar i New Foundland	Scruton (2000)
Italien	Utveckling och anpassning av habitatmodell till en flod	Vismara <i>et al.</i> (2001)
USA	Hydrologiska åtgärder för att motverka igenslamning av habitat under påverkan av låga flöden	Scudder <i>et al.</i> (2000); Wiley <i>et al.</i> (1995)

Tabell 1. Ett urval av rapporter som har behandlat specifika problem för bestånd av öring i samband med reglerade eller minskade vattenföringar.

### Andra fiskarter

Det kan finnas speciella skäl att använda andra fiskar än lax och öring som flödesindikatorer. Strömfiskar som är rödlistade bör vara självklara objekt i reglerade vattendrag där de fortfarande förekommer. Minimitappningar med syftet att varaktigt bibehålla fiskar vars populationer är kritiskt små, kan komma att kräva mer komplicerade modeller än de som översiktligt har beskrivits ovan. Det kan handla om att i modellerna utöka antalet fysikaliska parametrar och att beakta förekomsten och inflytandet av konkurrenter och predatorer (Tyus 1992; Valdez *et al.* 1990; Crowl and Schmidt 1994; Harvey *et al.* 1993).

Det finns ett antal hotade svenska fiskarter. De som har starkt begränsade utbredningar förekommer, med undantag av grönling (*Barbatula barbatula*), storskallesik (*Coregonus peled*) och rysk simpa (*Cottus koshewnikowi*), enbart i Götaland och/eller Svealand (Gärdenfors 2000). I Norrland, med de mest omfattande regleringarna, saknas dessa arter av naturliga orsaker helt eller är uppsplittrade på genetiskt skilda stammar med lokal utbredning. Strategier för bevarandet av genetiskt unika men begränsade populationer av arter är i princip desamma som när en art är hotad inom hela eller delar av sitt utbredningsområde (Bielak *et al.* 1991; Karppinen 1995), men det är klart att där samhällsintressen är starka och står i direkt motsatsförhållande till bevarandeintresset, får ”rent” genetiska förhållanden inte stor tyngd

ens idag. I forna tider och när de storskaliga vattenkraftutbyggnaderna inleddes var genetiska bevarandaspekter ovidkommande. Det framgår inte minst av att stöd- och kompensationsutsättningar av fisk förr baserades enbart på tillväxtegenskaper och att populationer utan vidare blandades (Svärdson 1960). Man planterade också ut exotiska fiskarter varav några nu är etablerade i landet (Filipsson 1994). Blandning av fiskbestånd och förekomst av exotiska arter är ett naturvårdsproblem, som, åtminstone teoretiskt, kan komplicera dimensioneringen av minimitappningar.

En strömlevande art, som utöver lax och öring, har befunnits särskilt intressant att behandla i samband med minimitappningar i vårt område är harren (*Thymallus thymallus*). Två intressanta brittiska studier har demonstrerat att överledning för att utjämna flöden har haft positiv effekt på harrens habitat, liksom på de redan nämnda salmoniderna (Gibbins and Heslop 1998; Maddock *et al.* 2001b). Harrens habitatval i närvaro av öring i fält har också studerats i Sverige (Greenberg *et al.* 1996). I laboratorieexperiment har också visats hur inflytandet av en predator (gädda) påverkar harrens och öringens val av habitat (Greenberg 1999).

Ovan infördes begreppet ”flödesindikatorer”. Med ”indikator” i ekologiska sammanhang menar man någon art eller något annat fenomen, vars tillstånd också utgör en spegling av naturförhållanden i vidare mening än de som bara rör indikatorn. Särskilt har man sökt hitta enstaka arter eller en grupp av arter, vars närvaro speglar att förhållandena är gynnsamma för alla eller de flesta andra arter. Det finns inte belägg för att detta kommer att lyckas. Användningen av indikatorer har emellertid fått stor betydelse för praktisk naturvård i skogar och andra terrestra landskapstyper (Vessby *et al.* 2002; Pärt and Söderström 1999; Jonsson and Jonsell 1999; Nilsson *et al.* 2001).

Fiskar är starka kandidater som flödesindikatorer i strömmande vatten (Leonard and Orth 1988; Schiemer *et al.* 2002). Fiskar är, med några få undantag som gäller tropiska områden, de mest utrymmeskrävande arterna i floder och populationsstorleken hos sällsynta arter med begränsad utbredning är ofta låg. Att trygga existensen hos sådana organismer borde på köpet ge trygghet hos många andra, men mindre framträdande och sämre kartlagda arter kan man tycka. Resonemanget har i princip accepterats och inledande försök gjorts att hitta lämpliga indikatorer också i vattenmiljöer i Sverige (Willén and Andersson 1998; Blomqvist *et al.* 2003; Bergengren and Bergquist 2004).

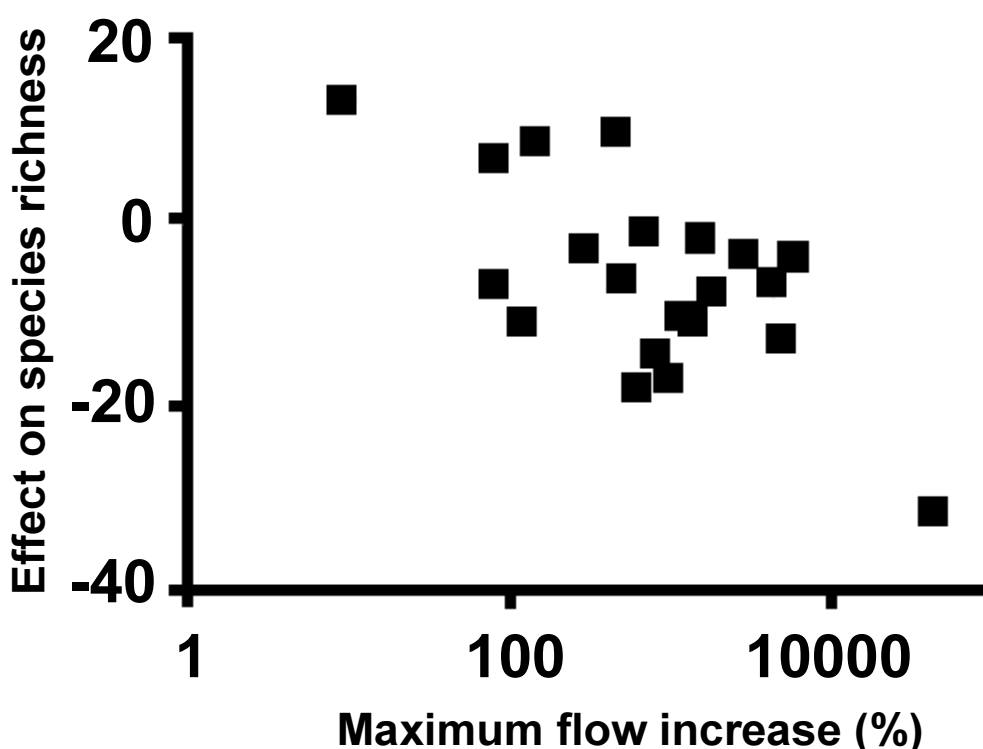
## **Bottenfauna**

Ryggradslösa djur (Evertebrata) är, vid sidan av fiskar, de mest studerade i strömmande vatten. I Sverige finns det ca 3500 sötvattenslevande djur. Ungefär 25 % av dessa förekommer företrädesvis i bäckar och floder (Svensson 1985).

För en enstaka art av evertebrat skulle man i princip kunna tillämpa samma metoder för dimensionering av minimitappning, som de som de som används på fisk. Det har också gjorts vid enstaka tillfällen när det har handlat om starkt hotade arter (Layzer and Madison 1994). Vanligare är emellertid att man intresserar sig för en kvalitet i hela evertebratsamhället och använder något mått på denna kvalitet för att fastställa en lämplig flödesnivå. Det kan handla om artrikedom, individantal, biomassa, produktion eller något index, som innehåller element av sällsynthet etc. (Weisberg *et al.* 1990; Evans 1979; Bovee 1985; Gore 1989; Brunke *et al.* 2000; Buffagni 2001; Freistühler *et al.* 2001; Clausen and Biggs 1997; Gore *et al.* 2001; Gibbins *et al.* 2001; Jowett 2003).

Precis som när det gäller fisk och eko-hydrauliska samband kan man inte nödvändigtvis räkna med att hitta ett ekologiskt optimum på den kurva, som beskriver någon samhällsegenskap som funktion av vattenföring. Även här utgör alltså sambandet ett beslutsunderlag där ett subjektivt val slutligt bestämmer balansen mellan kostnad (flöde) och ekologisk nytta. Det finns emellertid några intressanta arbeten, som visar att mycket vatten eller naturlighet inte nödvändigtvis leder till det bästa utfallet när det gäller samhällsegenskaper.

Englund and Malmqvist (1996) analyserade bottendjursamhällen i 51 forssträckor (både reglerade och oreglerade) i Norrland. De fann en tydlig negativ korrelation mellan flödesändringar å ena sidan och art- och individrikedom å den andra (Fig. 6).



Figur 6. Sambandet mellan den dagliga, största flödesökningen och artrikedomen av bottendjur (positiv eller negativ). Effekten är skillnaden mellan observerade och predikterade antal arter där 0-värdet representerar naturliga flöden (modifierat efter Englund och Malmqvist 1996).

Uppenbarligen utgör vattenståndsförändringar en störning som reducerar artrikedomen (också individantalet uppvisar samma typ av relation till flödesförändringar). Ju mer konstant flödet är desto fler arter samexisterar på samma yta. Denna slutsats är intressant av flera skäl. Den har implikationer för hur tappningar tidsmässigt bör utformas för att minska negativa konsekvenser; om man med "negativ" här menar "reducerat antal arter". Den ifrågasätter också en omhuldad hypotes ("The Intermediate Disturbance Hypothesis"), som föreslår att måttligt stora störningar ger upphov till den största artrikedomen (Ward and Stanford 1983; Nilsson *et al.* 1991; Nilsson *et al.* 1989). Liknande resultat erhöles i det norska s.k. Terskelprojektet. För att försöka upprätthålla ett gott fiske i den reglerade Eksingelva

konstruerade man grunddammar (=terskler). Resultatet blev att man uppströms dammarna fick en produktion av vegetation, bottenfauna och öring, som t.o.m. överskred den naturliga. Även den totala tätheten av fisk och evertebrater ökade (Fjellheim *et al.* 1989; Bækken *et al.* 1984).

## Plankton

Växt- och djurplankton utgör en stor del av havens och sjöarnas biomassa. I strömmande vatten har emellertid plankton mindre betydelse. Det beror på att det är svårt att upprätthålla en sexuell förökning hos nästintill passivt transporterade organismer, som plankton utgör. Vid relativt låga strömhastigheter och i vattendrag, som består av lugnvattenområden (sel), kan planktonproduktionen vara betydande, men när vattenomsättningen överskrider en kritisk gräns utarmas planktonsamhället genom drift (Threlkeld 1982; Ejsmont-Karabin *et al.* 1993; Dirnberger and Threlkeld 1986; Threlkeld 1983; Speas 2000; Seda and Machacek 1998; Wehr and Thorp 1997).

Plankton har stor betydelse för filtrerande djur i rinnande vatten och man finner ofta höga tätheter av sådana djur nedströms sjöar, dammar och reservoarer ("sjöutloppseffekt"). Med lämplig utformning av vattengenomströmningen går det alltså att styra produktionen av filtrerare (Bahnwart 2000; Englund *et al.* 1997; Soluk and Craig 1990).

## Fiske

Att modellera och senare avväga en lämplig balans mellan flöde och utsträckningen av gynnsamma habitat för strömfisk är alltså ändamålet med de flesta metoder, som hanterar minimiflödesproblematik. Syftet är naturligtvis att erhålla ett acceptabelt (sport)fiske trots att ett vattendrag är reglerat. Det råder emellertid inte nödvändigtvis en överensstämmelse mellan habitattillgång och fiskelycka. Vattenföringen i sig kan ha betydelse för fiskens fångstbarhet och upplevelsevärdet av fisket. I de flesta undersökningar av detta har det visat sig att de gynnsammaste förhållandena råder vid flöden, som ligger något över det genomsnittliga naturliga, medan extremt höga flöden medför sämre fiskebetingelser (Mullan *et al.* 1976; Alabaster 1970; North and Hickley 1977; L'Abée-Lund and Aspas 1999).

Viktigt är också att fisket matchar rekryteringen av fisk för att vara uthålligt. I förlängningen av minimitappningsprojekt behöver man därför också använda sig av populationsdynamiska modeller för att bedöma hur hårt bestånd kan beskattas (Bartholow 1996). I norrländska vattendrag, med naturligt lågt innehåll av näringsämnen, är det lätt att för hårt beskatta de relativt glesa bestånden av öring. Ett omfattande sportfiske kan då bara upprätthållas med stödutsättningar av fisk. Detta pågår så gott som överallt i svenska reglerade vattendrag med minimitappning.

Ett förhållande av betydelse för dimensioneringen av minimitappning, som ibland förs fram, är värdet av sportfisket mätt med någon ekonomisk metodik (Weissglas *et al.* 1996; Adams *et al.* 1993; Lindstrand *et al.* 2003; Löwgren 2001; Loomis and Cooper 1990). En sådan ansats kan vara fruktbar men kan knappast avkasta resultat med generell tillämpning utan måste anpassas till varje vattendrag.

## **Annan rekreation**

Rekreativ fiskeri har stor betydelse i Sverige och i de flesta andra industrialiserade länder. Det förekommer också andra aktiviteter, som är beroende av flödet såsom kanotning, forsränning etc. Diskussioner om åtgärder, inklusive förändrade tappningar, för att öka utbudet av fritidsaktiviteter kommer ständigt att pågå och är ett sunt inslag i en samhällsutveckling där man hela tiden strävar efter ett optimalt naturresursutnyttjande. Alltför ofta handlar diskussioner emellertid bara om kompensation för skador och ekonomisk återbäring för förment inskränkt alternativt utnyttjande av vattenresurserna. Det förekommer, men är sällsynt, att motstående intressen förenas i gemensamma ekonomiska åtaganden för att åstadkomma ett annorlunda balanserat vattenresursutnyttjande. Ett skäl till att man så sällan går samman på detta sätt kan vara att det fortfarande finns ett behov av att utveckla samarbetsformer, inte minst när det gäller att åstadkomma en gemensam värdegrund (Palmer *et al.* 1999).

## **Fortsatt forskningsbehov**

För Sveriges del är det absolut viktigaste att utveckla och implementera övergripande naturvårdsmål för den långsiktiga skötseln av reglerade vattendrag. Det har i olika sammanhang framhållits som en möjlighet att som mål sätta att alla ursprungliga arter (dvs. de som fanns före en kraftutbyggnad) skall finnas kvar i långsiktigt livskraftiga bestånd någon stans i avrinningsområdet också när utbyggnaden är komplett (Svensson 2004). Förslaget har inte fått genomslag, men å andra sidan har det heller inte presenterats alternativ, som tillåter att det ekologiska värdet av ett annorlunda vattenutnyttjanden kan bedömas. När nu EU:s Ramdirektiv för Vatten (WFD) genomförs runt om i Europa blir det nödvändigt att fastställa naturvårdsprinciper som kan tillämpas i Sverige. Alla vattenområden skall enligt direktivet nå åtminstone "god ekologisk potential" (i den mån vattendraget, för något samhällsändamål, inte är kraftigt modifierat är målet t.o.m. att nå "god ekologisk status") (European Union (EU) 2000). Det är svårt att undvika misstanken att "potential" här ursprungligen har syftat på ett tillstånd, som medger framtida restaurering, men de uttolkningar som gjorts så här långt ser uppenbarligen ingen principiell skillnad mellan "status" och "potential". I de tolkningar av WFD, som gjorts av forskare i Sverige, har man felaktigt utgått från att direktivet medger att kraftverksdammar rivs. Symptomatiskt ges sådana förslag utan att ekologiskt uppföljningsbara mål för så drastiska åtgärder har preciserats (Jansson 2002).

I flodsystem bör man alltså se hela avrinningsområdet, som den enhet som mål, metoder och eventuella naturvårdsåtgärder skall utgå från. Kan man nå konsensus om målen är det möjligt att utveckla de modeller, som en praktisk hantering kommer att kräva. Det handlar dels om att få en beskrivning av avrinningsområdets nätverk av vattenvägar; dels om att koppla ihop nätverksmodellen med ekologiska data av typen "utbredning", "artrikedom" etc.

Alltsedan Horton (1932) har hydrologer utvecklat beskrivningar av flodsystemens nätverk, på senare tid i form av fraktalmodeller (Schuller *et al.* 2001; Enquist *et al.* 2000; Veltri *et al.* 1996; Tarboton 1996). Det finns också forskare som har fört dessa modeller längre och kopplat dem till ekologiska förhållanden (Beecher *et al.* 1988; Bruns *et al.* 1984; Nestler and Sutton 2000; Rice *et al.* 2001; Giraudel *et al.* 2001). Uppslag finns alltså, men både topografi och ekologi kräver att även fungerande modeller anpassas och testas i svenska flodsystem.

I Sverige är det s.k. torrfårar, som framför allt bekymrat naturvården. Ovan gavs exempel på att även torrfårar innehåller ekologiska värden. I dagsläget har estetiska aspekter avgörande betydelse för vilka ambitioner, som finns för åtgärder i torrfårar, men med existensen av

tydligare naturvårdsmål kan synen på ”torrfåror” komma att förändras. Är det faktiskt så att vissa organismer, som bebor någon del av ett oreglerat älvsystem, efter reglering bara finns kvar i torrfåror, så är det rimligen inte acceptabelt att blint hävda att torrfåror skall vattenfyllas på ett eller annat sätt. En systematisk kartering av torrfårors växt- men framför allt djursamhällen i kombination med analyser av vilka faktorer som styr utvecklingen av dessa samhällen är därför angelägen. Sedan Friden (1977a; 1977b; 1984) har ytterst lite forskning inom området bedrivits i Sverige medan i Norge t.ex. Andersen (1983; 1985; 1988; 1995) har bidragit till kartläggningen av strandskalbaggar; den dominerande gruppen av ryggradslösa djur i torrfåror, vid sidan av hoppstjärtar, kvalster och spindlar (Deharveng and Lek 1995; Maiolini *et al.* 1997; Bonn and Kleinwächter 1999; Lang and Pütz 1999; Griegel 1999; Dohle *et al.* 1999; Aakra 2002).

Den här litteraturgenomgången har bl.a. behandlat de metoder som har utvecklats för att underlätta beslut om lämpliga nivåer av minimitappning. Det är knappast troligt att nya eller förfinade varianter av redan brukade metoder kan tillföra väsentligt nya aspekter eller möjligheter med undantag av vad som redan framhållits när det gäller bevarandenaspekter. Slutsatsen måste alltså bli att, om målet för naturvårdssträvanden är att upprätthålla populationer av organismer på vissa nivåer med hänsyn till deras beroende av flödet, så är också metoderna för att kartlägga dessa beroenden tillgängliga.

Hydroekologins utveckling har inneburit att många ekologiska förhållanden i rinnande vatten har aktualiserats och kopplats till dimensionering av flöden. Om man anser att naturliga processer och funktioner i vattendrag är väsentligast att upprätthålla går det att se forskningsbehov och möjligheter till metodutveckling, men sätter man bevarandet av arter i fokus innebär forskning om flödets inflytande på processer och funktioner ett slöseri med resurser. Till syvende och sist måste det vara de övergripande naturvårdsmålen, varom alla viktiga aktörer bör vara överens, som anger riktning och sätter gränser för vad som bör göras.

## **Referenser**

- Aakra, K. (2002) The riparian spider fauna (Araneae) of the river Gaula, Central Norway: Implications for conservation efforts. I: Toft, S. and Scharff, N., editors. Proceedings of the 19th European Colloquium of Arachnology; Aarhus, Denmark. Pp. 243-252.
- Adams, R. M.; Berrens, R. P.; Cerda, A.; Li, H. W., and Klingeman, P. C. (1993) Developing a bioeconomic model for riverine management: Case of the John Day River, Oregon. - *Rivers* 4(3):213-226.
- Alabaster, J. S. (1970) River flow and upstream movement and catch of migratory salmonids. - *Journal of Fish Biology*. 21-13.
- Andersen, J. (1983) Towards an ecological explanation of the geographical distribution of riparian beetles in western Europe. - *Journal of Biogeography* 10:421-435.
- (1985) Humidity responses and water balance of riparian species of Bembidiini (Coleoptera: Carabidae). - *Ecological Entomology* 10(4):363-376.
- (1988) Resource partitioning and interspecific interactions among riparian Bembidion species (Coleoptera: Carabidae). - *Entomologia Generalis* 13(1-2):47-60.
- (1995) A comparison of pitfall trapping and quadrat sampling of Carabidae (Coleoptera) on river banks. - *Entomologica Fennica* 6(2-3):65-77.
- Anonymous (1999) Proceedings of the 3rd International Symposium on Ecohydraulics; Salt Lake City, USA.

- Logan, Utah, USA: Utah State University Extension.
- Bækken, T.; Fjellheim, A., and Larsen, R. (1984) Benthic animal production in a weir basin area in western Norway. I: Lillehammer, A. and Saltveit, S. J., editors. Regulated rivers. Proceedings of the Second International Symposium on Regulated Streams; Oslo, Norway. Oslo: Universitetsforlaget AS pp. 223-232. 540 pp.
- Baglinière, J.-L. and Arribé-Moutounet, D. (1985) Micro-répartition des populations de truite commune (*Salmo trutta* L.) de juvénile de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) et des autres espèces présentes dans la partie haute du Scorff (Bretagne). - *Hydrobiologia* 120:229-239.
- Baglinière, J.-L. and Champigneulle, A. (1982) Densité des populations de truite commune (*Salmo trutta*) et de juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar*) sur le cours principal du Scorff (Bretagne): Préférences physiques et variations annuelles (1976-1980). - *Acta Oecologica. Serie Oecologia Applicata* 3:241-256.
- Baglinière, J.-L.; Maise, G.; Lebail, P. Y., and Nihouarn, A. (1989) Population dynamics of brown trout, *Salmo trutta* L., in a tributary in Brittany (France): Spawning and juveniles. - *Journal of Fish Biology* 34(1):97-110.
- Bahnwart, M. (2000) Ecophysiological characterization of the factors controlling longitudinal phytoplankton succession in the Warnow River (Germany). - Rostock, Germany: Institute of Botany, Dept. of Biology, University of Rostock.
- Baran, P.; Dauba, F.; Delacoste, M.; Lascaux, J.-M., and Belaud, A. (1994) Effects of hydroelectric and macroinvertebrate communities. Evaluation of influences of reduced flow downstream dams. I: Sixth International Symposium on Regulated Streams, SISORS II (Abstracts); České Budejovice, Czech Republic: Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, and Institute of Hydrobiology, Academy of Sciences of the Czech Republic; 2. 87 pp.
- Baran, P.; Delacoste, M.; Dauba, F.; Lascaux, J. M.; Belaud, A., and Lek, S. (1995) Effects of reduced flow on brown trout (*Salmo trutta* L.) populations downstream dams in French Pyrenees. - *Regulated Rivers Research and Management* 10(2-4):347-361.
- Baran, P.; Delacoste, M.; Lascaux, J. M., and Belaud, A. (1993) Relations entre les caractéristiques de l'habitat et les populations de truites communes (*Salmo trutta* L.) de la vallée de la Neste d'Aure. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 331:321-340.
- Baran, P.; Delacoste, M.; Poizat, G.; Lascaux, J. M.; Lek, S., and Belaud, A. (1995) Multi-scales approach of the relationships between brown trout (*Salmo trutta* L.) populations and habitat features in the Central Pyrénées. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 337-339:399-406.
- Bartholow, J. M. (1996). Sensitivity of a salmon population model to alternative formulations and initial conditions. - *Ecological Modelling* 88(1-3):215-226.
- Bednarek, A. T. (2001). Undamming rivers: A review of the ecological impacts of dam removal. - *Environmental Management* 27(6):803-814.
- Beecher, H. A.; Dott, E. R., and Fernan, R. F. (1988). Fish species richness and stream order in Washington State streams. - *Environmental Biology of Fishes* 22(3):193-209.
- Bergengren, J. and Bergquist, B. (2004) System Aqua 2004 - Del 1. Hierarkisk modell för karakterisering av sjöar och vattendrag. - *Länsstyrelsen i Jönköpings Län. Meddelande* (24):1-137.
- Bielak, A. T.; Gray, R. W.; Lutzac, T. G.; Hambrook, M. J., and Cameron, P. (1991) Atlantic salmon restoration in the Morell River, P.E.I. and the Nepisiguit, N.B., Canada. I: Mills, D. H., editor. Strategies for the rehabilitation of salmon rivers. Proceedings of a Joint Conference held at the Linnean Society; London, UK. London, UK: The Atlantic Salmon Trust, The Institute of Fisheries Management, The Linnean Society of London; pp. 122-139. 210 pp.

- Blomqvist, P.; Kautsky, L.; Dahlgren, S.; Pihl, L., and Wennhage, H. (2003) Förslag till indikatorer för biologisk mångfald i vatten. - Naturvårdsverket Rapport (5257):1-74.
- Bonn, A. and Kleinwächter, M. (1999) Microhabitat distribution of spider and ground beetle assemblages (Araneae, Carabidae) on frequently inundated river banks of the River Elbe. - *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz* 8(3):109-124.
- Bovee, K. D. (1985). Evaluation of the effects of hydropeaking on aquatic macroinvertebrates using PHABSIM. I: Olson, F. W.; White, R. G., and Hamre, R. H., editors. Proceedings of the Symposium on Small Hydropower and Fisheries; Denver, Colorado. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society; pp. 236-241. 497 pp.
- Bovee, K. D. (1988) Use of the instream flow incremental methodology to evaluate influences of microhabitat variability on trout populations in four Colorado streams. - Paper presented at the 68th Annual Conference of Western Association of Fish and Wildlife Agencies; Albuquerque, USA. 31 pp.
- Brittain, J. E.; Eie, J. A.; Brabrand, A.; Saltveit, S. J., and Heggenes, J. (1993) Improvement of fish habitat in a Norwegian river channelization scheme. - *Regulated Rivers Research and Management* 8(1-2):189-194.
- Brittain, J. E.; L'Abée-Lund, J. H., and Eie, J. A. (1994) Remedial measures in Norwegian regulated river systems. I: Sixth International Symposium on Regulated Streams, SISORS II (Abstracts); České Budejovice, Czech Republic: Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, and Institute of Hydrobiology, Academy of Sciences of the Czech Republic; 11. 87 pp.
- Brunke, M.; Hoffmann, A., and Pusch, M. (2000) Wirkung einer Abflussreduktion auf die wirbellose Fauna in einem Flachlandfluss (Spree) - *Wasser und Boden* 52(11):33-41.
- Bruns, D. A.; Minshall, G. W.; Cushing, C. E.; Cummins, K. W.; Brock, J. T., and Vannote, R. L. (1984) Tributaries as modifiers of the river continuum concept: Analysis by polar ordination and regression models. - *Archiv für Hydrobiologie* 99(2):208-220.
- Buffagni, A. (2001) The use of benthic invertebrate production for the definition of Ecologically Acceptable Flows in mountain rivers. I: Acreman, M. C., editor. "Hydro-ecology: Linking Hydrology and Aquatic Ecology", Proceedings of workshop (HW2) on Riverine Ecological Response to Changes in Hydrological Regime, Sediment Transport and Nutrient Loading; Birmingham, UK. Wallingford, UK: International Association of Hydrological Sciences (IAHS); 31-41. 162 + xiv pp. IAHS Publication. v. 266).
- Campbell, R. N. B. and Scott, D. (1984) The determination of minimum discharge for 0+ brown trout (*Salmo trutta* L.) using a velocity response. - *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 18:1-11.
- Capra, H.; Breil, P., and Souchon, Y. (1995) A new tool to interpret magnitude and duration of fish habitat variations. - *Regulated Rivers: Research and Management* 10:281-289.
- Capra, H.; Breil, P.; Valentin, S., and Souchon, Y. (1994) Ecological validation of the instream flow incremental methodology. I: 6th International Symposium on Regulated Streams, SISORS II (Abstracts); České Budejovice, Czech Republic: Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, and Institute of Hydrobiology, Academy of Sciences of the Czech Republic; 14. 87 pp.
- Capra, H.; Sabaton, C.; Gouraud, V.; Souchon, Y., and Lim, P. (2003) A population dynamics model and habitat simulation as a tool to predict brown trout demography in natural and bypassed stream reaches. - *River Research and Applications* 19( 5-6):551-568.
- Capra, H.; Valentin, S., and Breil, P. (1995) Chroniques d'habitat et dynamique de population de truite. - *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 337-339:337-344.
- Carlsen, K. T.; Berg, O. K.; Finstad, B., and Heggberget, T. G. (2004) Diel periodicity and environmental influence on the smolt migration of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*, in northern Norway. - *Environmental Biology of Fishes* 70(4):403-413.

- Chauvet, E. (1983) Influence d'une reduction de debit sur un torrent de montagne: l'Aston (Ariege). - *Annales de Limnologie* (Toulouse) 19(1):45-49.
- Clausen, B. and Biggs, B. J. F. (1997) Relationships between benthic biota and flow indices in New Zealand rivers. - *Freshwater Biology* 38:327-342.
- Courot, A. (1989). Determination of hydraulic parameters for instream flow assessments. - *Regulated Rivers Research and Management*. 3(1-4):337-344.
- Crowl, T. A. and Schmidt, J. C. (1994) Planning reservoir releases to improve endangered fish nursery habitat in the Colorado River basin: Ecological considerations. I: 6th International Symposium on Regulated Streams, SISORS II (Abstracts); České Budejovice, Czech Republic: Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, and Institute of Hydrobiology, Academy of Sciences of the Czech Republic; p. 15. 87 pp.
- Degerman, E.; Niskakoski, K., and Sers, B. (1997) Betydelsen av minimivattenföring sommartid för lax (*Salmo salar*) och öring (*Salmo trutta*) på västkusten. - *Information från Sötvattenslaboratoriet* (1):41-54.
- Deharveng, L. and Lek, S. (1995) High diversity and community permeability: The riparian Collembola (Insecta) of a Pyrenean massif. - *Hydrobiologia* 312(1):59-74.
- Delacoste, M.; Baran, P.; Dauba, F., and Belaud, A. (1993) Etude du macrohabitat de reproduction de la truite commune (*Salmo trutta* L.) dans une rivière pyrénéenne, La Neste du Louron. Evaluation d'un potentiel de l'habitat physique de reproduction. - *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 331:341-356.
- . (1993) A study of brown trout (*Salmo trutta* L.) spawning macrohabitat in a French mountain stream: Evaluation of a physical habitat potential for spawning. - *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 331:341-356.
- Delacoste, M.; Baran, P.; Lascaux, J. M.; Segura, G., and Belaud, A. (1995) Ability of Instream Flow Incremental Methodology to predict brown trout spawning habitat. - *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 337-339:345-353.
- Dirnberger, J. M. and Threlkeld, S. T. (1986) Advective effects of a reservoir flood on zooplankton abundance and dispersion. - *Freshwater Biology* 16(3):387-396.
- Doerksen, H. R. (1991) Two decades of instream flow: A memoir. - *Rivers* 2(3):99-104.
- Dohle, W.; Bornkamm, R., and Weigmann, G. (1999) Das Untere Odertal. Auswirkungen der periodischen Überschwemmungen auf Biozönosen und Arten. - *Limnologie Aktuell* (9):XII + 442 pp.
- Doyle, M. W.; Stanley, E. H.; Harbor, J. M., and Grant, G. E. (2003) Dam removal in the United States: Emerging Needs for Science and Policy. - *EOS* 84(4):29-33.
- Ejsmont-Karabin, J.; Weglenska, T., and Wisniewski, R. J. (1993) The effect of water flow rate on zooplankton and its role in phosphorus cycling in small impoundments. - *Water Science and Technology* 28(6):35-43.
- Englund, G. and Malmqvist, B. (1996) Effects of flow regulation, habitat area and isolation on the macroinvertebrate fauna of rapids in north Swedish rivers. - *Regulated Rivers Research and Management* 12(4-5):433-445.
- Englund, G.; Malmqvist, B., and Zhang, Y. X. (1997) Using predictive models to estimate effects of flow regulation on net-spinning caddis larvae in north Swedish rivers. - *Freshwater Biology* 37(3):687-697.
- Engström, A. and Ternstr m, L. (1997) Skalbaggfaunan i torrlagda  lvf ror (Ume lven). - Vällingby, Sweden: Vattenfall; UY 97:16 . 47 pp. (Rapport från Vattenfall Utveckling AB, Projekt Milj anpassad Vattenkraft).
- Enquist, B. J.; Morse, D. R., and Turcotte, D. L. (2000) Applications of fractal branching and clustering in

- biology. I: Fractals in Biology: Developing the Underlying Mechanistic Principles for Self-Similarity; Santa Fe, USA. USA: The Santa Fe Institute.
- Erkinaro, J.; Ökland, F.; Moen, K.; Niemelä, E., and Rahiala, M. (1999) Return migration of Atlantic salmon in the River Tana: The role of environmental factors. - *Journal of Fish Biology* 55(3):506-516.
- European Union (EU). The EU Water Framework Directive [Web Page]. (2000); Accessed 2000 Aug 16. Available at: [http://europa.eu.int/water/water-framework/index\\_en.html](http://europa.eu.int/water/water-framework/index_en.html).
- Evans, E. D. (1979) Estimating Stream Macroinvertebrates Benefits from Low Flow Augmentation. I: Proceedings of the Mitigation Symposium: A national workshop on mitigating losses of fish and wildlife habitats; Fort Collins, Colorado. Fort Collins, Colorado: U.S. Department of Agriculture/ U.S. Forest Service; pp. 491-495.
- Filipsson, O. (1994) Nya fiskbestånd genom inplanteringar eller spridning av fisk.- *Information Från Sötvattenslaboratoriet* (2):1-65.
- Fjellheim, A.; Raddum, G. G., and Schnell, O. A. (1989) Changes in benthic animal production of a weir basin after eight years of succession. - *Regulated Rivers Research and Management* 3(1-4):183-190.
- Fraser, J. C. (1972) Regulated stream discharge for fish and other aquatic resources - an annotated bibliography. - *FAO Fisheries Technical Paper* (112):1-103.
- Freistühler, E.; Giers, A.; Schultz, G. A., and Bauer, H. J. (2001) A technique to predict the hydro-ecological effects in an ecological assessment of water projects. I: Acreman, M. C., editor. "Hydro-ecology: Linking Hydrology and Aquatic Ecology", Proceedings of workshop (HW2) on Riverine Ecological Response to Changes in Hydrological Regime, Sediment Transport and Nutrient Loading; Birmingham, UK. Wallingford, UK: International Association of Hydrological Sciences (IAHS); pp. 43-49. 162 + xiv pp., IAHS Publication. v. 266.
- Friden, A. (1977a) Uferinsekten und Wasserregulierungen. - *Entomologische Zeitschrift* 15; 87(8):85-76.
- (1977b) Vattenregleringars effekt på skalbaggsfaunan på sjöstränder i Lappland - några preliminära resultat (Coleoptera).- *Entomologisk Tidskrift* 98:87-89.
- (1984) Effects of water regulations on beetle fauna of open shores of mountain lakes in Scandinavia. - *Fauna Norvegica Series B - Norwegian Journal of Entomology* 31(1):16-19.
- Garcia de Jalon, D. and Martinez, P. V., editors. (2004) "Aquatic Habitats: Analysis and Restoration", Proceedings of the 5th International Symposium on Ecohydraulics; Madrid, Spain. Madrid, Spain: International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR); 1453 pp.
- Gibbins, C. N. and Acornley, R. M. (2000) Salmonid habitat modelling studies and their contribution to the development of an ecologically acceptable release policy for Kielder Reservoir, North-east England. - *Regulated Rivers Research and Management* 16(3):203-224.
- Gibbins, C. N. and Heslop, J. (1998) An evaluation of inter-basin water transfers as a mechanism for augmenting salmonid and grayling habitat in the River Wear, north-east England. - *Regulated Rivers Research and Management* 31; 14(4):357-382.
- Gibbins, C. N.; Soulsby, C.; Jeffries, M. J., and Acornley, R. (2001) Developing Ecologically Acceptable River Flow Regimes: A Case Study of Kielder Reservoir and the Kielder Water Transfer System. - *Fisheries Management and Ecology* 8(6):463-485.
- Giraudel, J. L.; Laffaille, P.; Oberdorff, T., and Lek, S. (2001) Use of fish assemblage models to predict aquatic ecosystem quality. I: "Predicting aquatic ecosystem quality using artificial neural networks," International workshop, EC-project; University of Namur, Belgium.
- Gore, J. A. (1989) Models for predicting benthic macroinvertebrate habitat suitability under regulated flows. I: Gore, J. A. and Petts, G. E., editors. *Alternatives in Regulated River Management*; Boca Raton, Florida,

- USA: CRC Press Incorporated; pp. 253-265. 344 pp.
- Gore, J. A.; Layzer, J. B., and Mead, J. (2001) Macroinvertebrate instream flow studies after 20 years: A role in stream management and restoration. - *Regulated Rivers: Research and Management* 17(4-5):527-542.
- Greenberg, L. A. (1999) Effects of predation and discharge on habitat use by brown trout, *Salmo trutta*, and grayling, *Thymallus thymallus*, in artificial streams. - *Archiv für Hydrobiologie* 145(4):433-446.
- Greenberg, L. A.; Herrmann, J.; Malmqvist, B.; Nilsson, B.; Svedäng, M.; Svensson, B. S., and Sjöström, P. (1991) Dimensionering av minimitappning från miljö- och fiskesynpunkt delrapport 3, 1991-04-10. Litteratursammanställning av forskning i Sverige och utomlands. - Vällingby: Vattenfall; U(H) 1991/26. 114 pp.
- Greenberg, L. A.; Svendsen, P., and Harby, A. (1996) Availability of microhabitats and their use by brown trout (*Salmo trutta*) and grayling (*Thymallus thymallus*) in the River Vojmån, Sweden. - *Regulated Rivers Research and Management* 12(2-3):287-303.
- Greenstreet, S. P. R. (1992) Migration of hatchery reared juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., smolts down a release ladder. 1. Environmental effects on migratory activity. - *Journal of Fish Biology* 40:655-666.
- Gregory, S.; Li, H., and Li, J. (2002) The conceptual basis for ecological responses to dam removal. - *BioScience* 52(8):713-723.
- Griegel, A. (1999) Räumliche Verteilung und jahreszeitliche Dynamik von Kleinarthropoden (Collembola, Gamasida) in den Auen des Unteren Odertals. I: Dohle, W.; Bornkamm, R., and Weigmann, G., editors. *Das Untere Odertal. Auswirkungen der periodischen Überschwemmungen auf Biozönosen und Arten.* Stuttgart, Germany: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; pp. 211-228: p. XII + 442 pp. (Limnologie Aktuell; v. 9).
- Guay, J. C.; Boisclair, D.; Rioux, D.; Leclerc, M.; Lapointe, M., and Legendre, P. (2000) Development and validation of numerical habitat models for juveniles of Atlantic salmon (*Salmo salar*). - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 57(10):2065-2075.
- Gärdenfors, U., editor. (2000) Rödlistade arter i Sverige 2000. - Uppsala, Sweden: ArtDatabanken; 397 pp.
- Harby, A.; Bjerke, P. L.; Halleraker, J. H.; Tjomslund, T.; Vaskinn, K. A., and Östhus, N. (1999) Application of The River System Simulator for optimising environmental flow in a Norwegian regulated river. I: 27th International Association for Hydraulic Research (IAHR) Congress Proceedings; Graz, Austria. Rotterdam, The Netherlands: Swets & Zeitlinger Publishers - Balkema.
- Harvey, M. D.; Mussetter, R. A., and Wick, E. J. (1993) A physical process-biological response model for spawning habitat formation for the endangered Colorado squawfish. - *Rivers* 4(2):114-131.
- Heggenes, J. (1988) Physical habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) in riverine systems. - *Nordic Journal of Freshwater Research* 64:74-90.
- Heggenes, J. (1990) Habitat utilization and preferences in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) in streams. - *Regulated Rivers Research and Management* 5(4):341-354.
- (1996) Habitat selection by brown trout (*Salmo trutta*) and young Atlantic salmon (*S. salar*) in streams: Static and dynamic hydraulic modelling. *Regulated Rivers Research and Management* 12(2-3):155-169.
- Heggenes, J.; Saltveit, S. J., and Lingaas, O. (1996) Predicting fish habitat use to changes in water flow: Modelling critical minimum flows for Atlantic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *S. trutta*. *Regulated Rivers Research and Management* 12(2-3):331-344.
- Holm, C. F.; Armstrong, J. D., and Gilvear, D. J. (2001) Investigating a major assumption of predictive instream habitat models: Is water velocity preference of juvenile Atlantic salmon independent of discharge? - *Journal of Fish Biology* 59(6):1653-1666.

- Horton, R. E. (1932) Drainage basin characteristics. - Transactions of the American Geophysical Union 13:350-361.
- Huusko, A. and Yrjänä, T. (1997) Effects of instream enhancement structures on brown trout, *Salmo trutta* L., habitat availability in a channelized boreal river: A PHABSIM approach. - Fisheries Management and Ecology 4(6):453-466.
- Hvidsten, N. A. and Johnsen, B. O. (1992) River bed construction: Impact and habitat restoration for juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L., and brown trout, *Salmo trutta* L. - Aquaculture and Fisheries Management 23(4):489-498.
- Jansson, R. (2002) Heavily modified waters in Europe: Case study on the Ume River in northern Sweden. - Umeå, Sweden: University of Umeå; 58 pp.
- Jonsson, B. G. and Jonsell, M. (1999). Exploring potential biodiversity indicators in boreal forests. - Biodiversity and Conservation 8(10):1417-1433.
- Jonsson, N. (1991) Influence of water flow, water temperature and light on fish migration in rivers. - Nordic Journal of Freshwater Research 66:20-35.
- Jowett, I. G. (2003) Hydraulic constraints on habitat suitability for benthic invertebrates in gravel-bed rivers. - River Research and Applications 19(5-6):495-507.
- Karppinen, C. (1995) Öringens genbank i kris. - Finlands Natur 54(2):15-17.
- Kemp, P. S.; Gilvear, D. J., and Armstrong, J. D. (2003) Do juvenile Atlantic salmon parr track local changes in water velocity? - River Research and Applications 19(5-6):569-575.
- King, J., editor. (2002) "Environmental Flows for River Systems" Proceedings incorporating the 4th International Ecohydraulics Symposium. An international working conference on assessment and implementation; Cape Town, South Africa: Southern Waters.
- L'Abée-Lund, J. H. and Aspas, H. (1999) Threshold values of river discharge and temperature for anglers' catch of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. - Fisheries Management and Ecology 6(4):323-333.
- Lamouroux, N. and Capra, H. (2002) Simple predictions of instream habitat model outputs for target fish populations. - Freshwater Biology 47(8):1543-1556.
- Lang, O. and Pütz, S. (1999) Frühjahrsbesiedlung eines im Winter überfluteten Naßpolders durch Laufkäfer und Spinnen im Nationalpark Unteres Odertal. I: Dohle, W.; Bornkamm, R., and Weigmann, G., editors. Das Untere Odertal. Auswirkungen der periodischen Überschwemmungen auf Biozönosen und Arten. Stuttgart, Germany: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung; pp. 171-196: p. XII + 442 pp. (Limnologie Aktuell; v. 9).
- Layzer, J. B. and Madison, L. M. (1994) Microhabitat use by freshwater mussels and recommendations for determining their instream flow needs. I: 6th International Symposium on Regulated Streams, SISORS II (Abstracts); České Budejovice, Czech Republic: Faculty of Biological Sciences, University of South Bohemia, and Institute of Hydrobiology, Academy of Sciences of the Czech Republic; pp. 45-46. 87 pp.
- Leclerc, M.; Boudreau, P.; Bechara, J. A., and Belzile, L. (1996) Numerical method for modelling spawning habitat dynamics of landlocked salmon, *Salmo salar*. - Regulated Rivers Research and Management 12(2-3):273-285.
- Leclerc, M.; Capra, H.; Valentin, S.; Boudreault, A., and Côté, Y., editors. (1996) Proceedings of the 2nd IAHR Symposium on Habitat Hydraulics, "Ecohydraulics 2000"; Québec, Canada. Ste-Foy, Quebec, Canada: Institute National de la Recherche Scientifique; 1888 pp.
- Leonard, P. M. and Orth, D. J. (1988) Habitat-use guilds and the selection of instream flow target species. - U.S. Fish and Wildlife Service, Biological Report 88(11):1-18.

- Liebig, H.; Cereghino, R.; Lim, P.; Belaud, A., and Lek, S. (1999) Impact of hydropeaking on the abundance of juvenile brown trout in a Pyrenean stream. - *Archiv für Hydrobiologie* 144:439-454.
- Liebig, H.; Lim, P., and Belaud, A. (1998) Influence of basic flow and hydropeaking duration on the drift of post-emergent fry of brown trout: Experiments on a semi-natural stream. - *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* (350-51):337-347.
- Lindstrand, N.; Järvi, T., and Nyman, L., editors. (2003) Sötvattenfisk - Framtidens resurs. - *Kungliga Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* 142(23):1-31.
- Lindström, T. H. editor. (1984) Sannolika effekter av minimitappningar - resultat från ett möte på Sötvattenslaboratoriet 1983. - *Information från Sötvattenslaboratoriet, Drottningholm* (7):1-113.
- Linlökken, A. (1997) Effects of instream habitat enhancement on fish populations of a small Norwegian stream. - *Nordic Journal of Freshwater Research* 73:50-59.
- Loomis, J. B. and Cooper, J. (1990) Economic benefits of instream flow to fisheries: A case study of California's Feather River. - *Rivers* 1(1):23-30.
- Löwgren, M. (2001) Emåns nyttjande och hävd. En studie av marknadsvärden. - Linköping, Sweden: Tema Vatten, Linköpings Universitet; 64 pp.(VASTRA Report; v. 2).
- Maddock, I. P.; Bickerton, M. A.; Spence, R., and Pickering, T. (2001) Reallocation of compensation releases to restore river flows and improve instream habitat availability in the Upper Derwent catchment, Derbyshire, UK. - *Regulated Rivers: Research and Management* 17(4-5):417-441.
- Maiolini, B.; Franceschini, A., and Boscaini, A. (1997) Invertebrate communities in river floodplains along a latitudinal gradient across Europe. European river margins as indicators of environmental change: The role of the riparian invertebrate communities. – Unpublished manuscript, 14 pp.
- Malmqvist, B., editor. (1987) Dimensionering av minimitappning från miljö- och fiskesynpunkt. Delrapport 1. Sammanställning av ett minisymposium i Älvkarleby 7-8 december 1987; Älvkarleby, Sweden. Vällingby: Vattenfall; 56 pp.
- Malmqvist, B. (1988) Dimensionering av minimitappning från miljö- och fiskesynpunkt. Delrapport 2. Studieresa till USA 10-24 mars 1988. - Vällingby, Sweden: Vattenfall; 27 pp.
- Maridet, L. and Souchon, Y. (1995) Habitat potentiel de la truite fario (*Salmo trutta fario*, L. 1758) dans trois cours d'eau du Massif Central. Approche méthodologique et premiers résultats sur le rôle de la végétation rivulaire arborée. - *Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture* 336:1-18.
- Mullan, J. W.; Starostka, V. J.; Stone, J. L.; Wiley, R. W., and Wiltzius, W. J. (1976) Factors affecting upper Colorado river reservoir tailwater trout fisheries. I: Orsborn, J. F. and Allman, C. H., editors. *Proceedings of a Symposium and Special Conference on Instream Flow Needs*. Bethesda, Maryland, USA: American Fisheries Society, pp. 405-428. 655 pp.
- Nestler, J. M. and Sutton, V. K. (2000) Describing scales of features in river channels using fractal geometry concepts. - *Regulated Rivers Research and Management* 16(1):1-22.
- Nilsson, C.; Grelsson, G.; Dynesius, M.; Johansson, M. E., and Sperens, U. (1991) Small rivers behave like large rivers - effects of postglacial history on plant species richness along riverbanks. - *Journal of Biogeography* 18(5):533-541.
- Nilsson, C.; Grelsson, G.; Johansson, M., and Sperens, U. (1989) Patterns of plant species richness along riverbanks. - *Ecology* 70(1):77-84.
- Nilsson, S. G.; Hedin, J., and Niklasson, M. (2001) Biodiversity and its assessment in boreal and nemoral forests. - *Scandinavian Journal of Forest Research* 16(2, Supplement 3):10-26.
- North, E. and Hickley, P. (1977) The effects of reservoir releases upon angling success in the River Severn. -

Fisheries Management 8:86-91.

- Palmer, R. N.; Werick, W. J.; MacEwan, A., and Woods, A. W. (1999) Modeling resource opportunities, challenges, and tradeoffs: The use of Shared Vision modeling for negotiation and conflict resolution. I: Wilson, E. M., editor. "Preparing for the 21st Century," Proceedings of the 26th Annual Conference on Water Resources Planning and Management; Tempe, Arizona, USA. Washington, DC., USA: American Society of Civil Engineers (ASCE); [13 pp.]
- Poff, N. L. (2004) Natural flow regime as paradigm for river restoration. A hydroecological context for ecohydraulics? I: De Jalon, D. G. and Martinez, P. V., editors. "Aquatic Habitats: Analysis and Restoration", Proceedings of the 5th International Symposium on Ecohydraulics; Madrid, Spain. Madrid, Spain: International Association of Hydraulic Engineering and Research (IAHR); pp. 19-24. 1453 pp.
- Pärt, T. and Söderström, B. (1999) Conservation value of semi-natural pastures in Sweden: Contrasting botanical and avian measures. - *Conservation Biology* 13(4):755-765.
- Rice, S. P.; Greenwood, M. T., and Joyce, C. B. (2001) Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58(4):824-840.
- Rivinoja, P.; McKinnell, S., and 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 and Management* 17(2):101-115.
- Sabaton, C. and Miquel, J. (1993) La méthode des microhabitats: Un outil d'aide au choix d'un débit réservé à l'aval des ouvrages hydroélectriques. Expériences d'Electricité de France. - *Hydroecologie Appliquée* 5(1):127-163.
- Sabaton, C.; Seigler, L.; Gouraud, V.; Baglinière, J.-L., and Manné, S. (1997) Presentation and first applications of a dynamic population model for brown trout, *Salmo trutta* L.: Aid to river management. - *Fisheries Management and Ecology* 4(6):425-438.
- Schiemer, F.; Keckeis, H., and Kamler, E. (2002) The early life history stages of riverine fish: Ecophysiological and environmental bottlenecks. - *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular and Integrative Physiology* 133(3):439-449.
- Schuller, D. J.; Rao, A. R., and Jeong, G. D. (2001) Fractal characteristics of dense stream networks. - *Journal of Hydrology* 243(1-2):1-16.
- Scruton, D. A. (2000) Review of habitat suitability criteria applicable to four salmonid species in Newfoundland, Canada. - *Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences* 0(2548):1-143.
- Scudder, B. C.; Selbig, J. W., and Waschbusch, R. J. (2000) Determination of the Effects of Fine-Grained Sediment and Other Limiting Variables on Trout Habitat for Selected Streams in Wisconsin. - Middleton, Wisconsin, USA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey (USGS) Open-File Report 00-435. 24 pp.
- Seda, J. and Machacek, J. (1998) The effect of flow-through regimes on zooplankton densities in a canyon-shaped dam reservoir. - *International Review of Hydrobiology* 83(Special Issue):477-484.
- Shuman, J. R. (1995) Environmental considerations for assessing dam removal alternatives for river restoration. - *Regulated Rivers Research and Management* 11(3-4):249-261.
- Soluk, D. A. and Craig, D. A. (1990) Digging with a vortex: Flow manipulation facilitates prey capture by a predatory mayfly. - *Limnology and Oceanography* 35:1201-1206.
- Speas, D. W. (2000) Zooplankton density and community composition following an experimental flood in the Colorado River, Grand Canyon, Arizona. - *Regulated Rivers Research and Management* 16(1):73-81.

- Stalnaker, C. B. (1979) The use of habitat structure preferenda for establishing flow regimes necessary for maintenance of fish habitat. I: Ward, J. V. and Stanford, J. A., editors. Proceedings of the 1st International Symposium on Regulated Streams. The ecology of regulated streams; Erie, Pennsylvania, USA. New York, NY, USA: Plenum Press; pp. 321-337. 398 pp.
- Stalnaker, C. B.; Lamb, B. L.; Henriksen, J.; Bovee, K., and Bartholow, J. (1995) The Instream Flow Incremental Methodology, A primer for IFIM. - Fort Collins, Colorado, USA: National Biological Survey, Midcontinent Ecological Science Center Publications; Internal Publication. 99 pp. (Biological Report; 29).
- Svärdson, G. (1960) PM angående nödvändigheten att snarast pröva nya fiskarter i reglerade sjöar. - Svensk Fiskeritidskrift 69:41-45.
- Svensson, B. S. (1985). Stream regulation and the local extinction of benthic animals. - Presentation at the 3rd International Symposium on Regulated Streams; Edmonton, Alberta, Canada. 11 pp.
- (2000) Hydropower and instream flow requirements for fish in Sweden. - Fisheries Management and Ecology 7(1):145-155.
- (2004) Dams and biodiversity: Management options and constraints. - Presentation at the International Commission on Large Dams (ICOLD), Symposium; Seoul, South Korea. 13 pp.
- Svensson, B. S.; Iritz, L., and Brandesten, C. O. (2003) Flöden i vattendrag. - Naturvårdsverket Rapport 5293:1-100.
- Tarboton, D. G. (1996). Fractal river networks, Horton's laws and Tokunaga cyclicality. - Journal of Hydrology 187(1-2):105-117.
- Thorstad, E. B.; Heggberget, T. G., and Ökland, F. (1998) Migratory behaviour of adult wild and escaped farmed Atlantic salmon, *Salmo salar* L., before, during and after spawning in a Norwegian river. - Aquaculture Research 29(6):419-428.
- Thorstad, E. B.; Ökland, F.; Kroglund, F., and Jepsen, N. (2003) Upstream migration of Atlantic salmon at a power station on the River Nidelva, Southern Norway. - Fisheries Management and Ecology 10(3):139-146.
- Threlkeld, S. T. (1982) Water Renewal Effects on Reservoir Zooplankton Communities. - Canadian Water Resources Journal 7(1):151-167.
- Threlkeld, S. T. (1983) Spatial and temporal variation in the summer zooplankton community of a riverine reservoir. - Hydrobiologia 107(3):249-254.
- Tyus, H. M. (1992) An instream flow philosophy for recovering endangered Colorado River fishes. - Rivers 3:27-36.
- Valdez, R. A.; Holden, P. B., and Hardy, T. B. (1990). Habitat suitability index curves for humpback chub of the upper Colorado River basin. - Rivers 1(1):31-42.
- Valentin, S.; Lauters, F.; Sabaton, C.; Breil, P., and Souchon, Y. (1996) Modelling temporal variations of physical habitat for brown trout (*Salmo trutta*) in hydropeaking conditions. - Regulated Rivers Research and Management 12(2-3):317-330.
- Vaskinn, K. A. (1985) Fysisk beskrivende vassdragsmodell. - Trondheim, Norway: Norsk Hydroteknisk Laboratorium; Report A1.
- Vaskinn, K. A. and Carstens, T. S., editors (1994) Proceedings of the 1st International Symposium on Habitat Hydraulics (Ecohydraulics); Trondheim, Norway. The Norwegian Institute of Technology; 637 pp.
- Veltri, M.; Veltri, P., and Maiolo, M. (1996). On the fractal description of natural channel networks. - Journal of Hydrology 187(1-2):137-144.

- Veselov, A. J.; Sysoyeva, M. I., and Potutkin, A. G. (1998). The pattern of Atlantic salmon smolt migration in the Varzuga River (White Sea Basin). - *Nordic Journal of Freshwater Research* 0(74):65-78.
- Vessby, K.; Söderström, B.; Glimskär, A., and Svensson, B. (2002) Species-richness correlations of six different taxa in Swedish seminatural grasslands. - *Conservation Biology* 16(2):430-439.
- Vismara, R.; Azzellino, A.; Bosi, R.; Crosa, G., and Gentili, G. (2001). Habitat suitability curves for brown trout (*Salmo trutta fario* L.) in the River Adda, Northern Italy: Comparing univariate and multivariate approaches. - *Regulated Rivers: Research and Management* 17(1):37-50.
- Ward, J. V. and Stanford, J. A. (1983) The intermediate disturbance hypothesis: An explanation for biotic diversity patterns in lotic ecosystems. I: Fontaine, T. D. III and Bartell, S. M., Editors. *Dynamics of lotic ecosystems*. Ann Arbor, Michigan: Ann Arbor Science Publishers; 1983; pp. 347-356. 494 pp.
- Wehr, J. D. and Thorp, J. H. (1997). Effects of navigation dams, tributaries, and littoral zones on phytoplankton communities in the Ohio River. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(2):378-395.
- Weisberg, S. B.; Janicki, A. J.; Gerritsen, J., and Wilson, H. T. (1990). Enhancement of benthic macroinvertebrates by minimum flow from a hydroelectric dam. - *Regulated Rivers Research and Management* 5(3):265-278.
- Weissglas, G.; Alatalo, M., and Appelblad, H. (1996). Lax i strida strömmar, sportfisket som regional utvecklingsresurs. Slutrapport från projektet Laxen tillbaka till våra älvar - Gerum - Kulturgeografi (Umeå). (31):1-208.
- Whalen, K. G.; Parrish, D. L., and McCormick, S. D. (1999) Migration timing of Atlantic salmon smolts relative to environmental and physiological factors. - *Transactions of the American Fisheries Society* 128(2):289-301.
- Wiley, D. E.; Wesche, T. A., and Hubert, W. A. (1995) Development and evaluation of flushing flow recommendations for the Bighorn River. Phase I. - Wyoming, USA: Wyoming Water Resources Center, the U.S.D.I. Bureau of Reclamation and the Wyoming Department of Game and Fish; 103 pp.
- Willén, E. and Andersson, B. (1998). System Aqua - ett instrument för naturvärdering av sjöar och vattendrag. - *Vatten* 54(2):95-101.
- Wolff, S. W.; Wesche, T. A.; Harris, D. D., and Hubert, W. A. (1990) Brown trout population and habitat changes associated with increased minimum low flows in Douglas Creek, Wyoming. - Laramie, WY, USA: Wyoming Cooperative Fishery and Wildlife Research Unit; Biological Report 90(11). 52 pp.