

Vattenkraft

– miljöpåverkan och åtgärder



Resultat från etapp 1 av programmet
Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten



ELFORSK



Förord

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

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

I denna skrift beskrivs resultaten från programmet och de åtta projekt som ingått i den första treårsetappen. Den avslutades under 2003 men programmet fortsätter i en andra etapp som pågår till och med 2005.

I den andra etappen har mål och verksamhet anpassats till vunna erfarenheter, bland annat genom ytterligare fokus på åtgärdsinriktad verksamhet som ska ge relevant kunskap för åtgärder som kan aktualiseras av EU:s ramdirektiv för vatten och det av riksdagen antagna miljökvalitetsmålet *Levande Vattendrag*.

För den som är intresserad av att fördjupa sig ytterligare finns en fullständig avrapportering från projekten i etapp 1 och mer information om etapp 2 på www.vattenkraftmiljo.nu.

Stort tack till alla er som bidrar till programmets verksamhet.

Eskilstuna juni 2004



Maria Malmkvist

Energimyndigheten

Ordförande i programstyrelsen

Innehåll

SAMMANFATTNING

Sammanfattning – syntesen av programmets första etapp	3
Sammanfattning av projektens resultat	5

VATTENKRAFT & MILJÖN

Vattenkraft och miljön	9
------------------------------	---

SYNTES AV FÖRSTA ETAPPEN

Syntes av programmets första etapp	11
--	----

PROJEKT • FISK

Tillförsel av näring reparerar djur- och växtlivet i reglerade vatten	17
Utveckling av mer naturlig fiskodling	20
Åtgärder för att gynna den vilda fiskstammen i utbyggda älvar	23
Vägledning av vild lax i reglerade älvar	26

PROJEKT • LAND, LUFT, VATTEN

Knott, stor betydelse av liten fluga	29
GIS och satellitdata för kartering av älvsträndernas natur	32
Utsläpp av koldioxid från regleringsmagasin	35
Hur påverkar ett förändrat flöde vattenkemin?	37

Juni 2004

Text: Sara Hjelm, Energi-
myndigheten och Elforsk

Layout: Ordförandet AB

Foto och bilder: respektive
forskningsprojekt

Sammanfattning – syntesen av programmets första etapp

Totalt satsas 40 miljoner kronor av Elforsk (elföretagen), Energimyndigheten, Fiskeriverket och Naturvårdsverket under sex år på forskning om vattenkraftens miljöpåverkan och utveckling av miljöförbättrande åtgärder. Syftet är att ta fram underlag för implementering av de mest kostnadseffektiva miljöförbättrande åtgärderna inom vattenkraften.



Stornorrfors kraftverk i Ume älv.

Denna skrift sammanfattar resultaten från de åtta projekt som ingått i den första treårsetappen av programmet *Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten* (1999–2003). Den utgör också en syntes i form av en avstämning mot programmets mål och inriktning som det formulerades vid starten av första programetappen. Ett underlag för skriften är den utvärdering av programmet som genomfördes i april 2002. Den fastslår:

- Att programmet är ägnat ett viktigt och relevant ämnesområde.
- Att forskarna representerar avsevärd potential.
- Att medel bör ställas till förfogande för en andra etapp.

Med avseende på programmets långsiktiga och övergripande respektive strategiska mål konstaterar utvärderingen också:

- Att den vetenskapliga kvaliteten och industriella relevansen är speciellt god i fyra av de åtta ingående projekten.
- Att det inte är att förvänta att projekten ska ha uppfyllt programmets mål efter första programetappens slut.
- Att åtgärdsinriktningen med koppling till prövningsbara hypoteser ytterligare bör skärpas.

- Att integrationen kan förbättras mellan olika discipliner i bemärkel- sen att samverka ska ske mellan forskargrupper vid olika institu- tioner.
- Att samarbetet mellan myndigheter, universitet och kraftindustri bör fortsätta att utvecklas för att säkra en lyckad implementering av re- sultaten.
- Att syntetisering och sammanställning av resultat på ett sätt som underlättar spridning och därmed implementering av resultaten bör prioriteras.

Utvärderarna betraktade programmets övergripande mål som icke mät- bara och de strategiska målen som för tidiga att utvärdera, men ansåg att de sex områden som identifierats som prioriterade för första etap- pen definierade syftet med forskningen väl. Vid tiden för utvärderingen ansågs få av de prioriterade frågorna ha blivit adresserade i tillräcklig omfattning. Baserat på tillgänglig slutrapportering från projekten inom första etappen görs därför i denna skrift en uppdaterad sammanställ- ning av projektens resultat relativt prioriterade områden och frågor i programmets första etapp. Den visar bl a:

- Att området om växthusgasemissioner från regleringsmagasin helt kan anses ha behandlats och att programmet har besvarat de där ställda frågorna.
- Att drygt hälften av de 19 prioriterade frågorna inom de sex områ- dena direkt har adresserats av programmet.
- Att området inriktat på att utveckla restaureringsmetoder för fiske- vårdande åtgärder är mycket väl intäkt av aktiviteter med potential att svara upp mot de prioriterade frågorna inom området.
- Att områden av övergripande karaktär, där kostnadsbaserad priori- tering mellan naturvärden eller mellan olika möjligheter att uppnå önskvärda naturvärden i hela avrinningsområden eller i olika vat- tendrag önskas, hittills inte har angripits i någon större omfattning.
- Att utveckling av miljökonsekvensbeskrivningar som verktyg vid omprövningsmål för vattenkraftsanläggningar inte har angripits av programmet.

Tillförsel av näring reparerar djur- och växtlivet i reglerade vatten

För första gången har näringstillsetsats provats i större skala i Sverige, med syfte att restaurera djurlivet i ett regleringsmagasin. I Kanada och USA är det däremot en vanlig metod för att stärka ekosystemen i regleringsmagasin, som ofta har brist på näring. De första åren efter att ett magasin anlagts är vattnet näringsrikt och det finns gott om fisk. Men med tiden eroderas stränderna sönder och kvar blir endast en stenöken som inte kan bidra med någon näring och då orkar sjön bara försörja en mager fiskstam. Så är tillståndet i den jämtländska sjön Stora Mjölkvattnet som reglerades på 1940-talet och som i detta projekt fått små tillskott av näring för att återställa den naturliga näringshalten i vattnet. Ett års tillsats av fosfor och kväve gav snabba förbättringar. Det finns mer plankton i vattnet som kan föda smådjur och rödingen har blivit större tack vare tillgången till mer mat. Projektets mål är att utveckla metoder och strategier för restaurering av utarmade ekosystem i utbyggda sjöar. Men innan metoden är helt färdigutvecklad är det viktigt att förstå hur de naturliga processerna i sjösystemet fungerar. Projektet fortsätter i programmets andra etapp med uppföljning av effekterna av ytterligare näringstillskott. Målet är att optimera näringstillsetsatsen så att den har en god effekt, samtidigt som negativa miljöeffekter både i sjön och nedströms undviks.

Läs mer på sidan 17

Utveckling av mer naturlig fiskodling

Kraftbolagen har sedan länge satt ut odlad fisk för att bevara arter som lax och öring i utbyggda älvar. Beteendet och utseendet hos odlad fisk är dock annorlunda än hos de vilda släktingarna. Odlad öring är mindre aggressiv, har mindre framgång vid parning och sämre försvar mot rovdjur. Därför klarar den sig sämre än sina vilda gelikar när de väl släpps ut i friheten. Risken på längre sikt är att odlingen påverkar fiskens hela utveckling som art, eftersom det naturliga urvalet rubbas. Projektet har jämfört odlad och vild öring med syfte att utveckla riktlinjer som kan minimera påverkan på arten av fiskodlingen. De första resultaten visar bland annat att man med utvecklade odlingsmetoder kan producera fiskar med egenskaper som mer liknar vildfödda öringar. Att sätta ut romkorn är en metod och att låta fiskarna växa upp i en mer naturlig miljö med strömt vatten, tävla om föda och "träna" på att smita från rovdjur är en annan. Den senare kommer Fiskeriverket att studera vidare under programmets andra etapp.

Läs mer på sidan 20

Åtgärder som gynnar den vilda fiskstammen i reglerade älvar

Vandrande fisk, som lax och öring, har svårare att föröka sig i en utbyggd älv. Dammar och kraftstationer utgör hinder på väg till deras lekplatser uppströms. En relativt ny sorts passage, ett så kallat omlöp för fisk och andra djur i Emån, utvärderas i detta projekt. Den efter-

Läs mer på sidan 23

liknar ett naturligt vattendrag, med strömmande vatten, slingrande väg och har mindre lutning än en traditionell fisktrappa. Utformningen gör att fler fiskar, och även andra smådjur, kan ta sig förbi vandringshindren. Målet med utvärderingen är att ta fram kunskap om omlörens funktion för att gynna fortplantningen hos vild fisk och stärka det övriga djurlivet i utbyggda älvar. De första resultaten tyder på att omlören fungerar bra eftersom en ökning av fiskyngel ovanför de nya fiskvägarna har noterats. Hösten 2001 var första gången på 50 år som havsöringar lyckades ta sig förbi kraftverket i Finsjö och leka på sträckan uppströms. Forskargruppen har formulerat generella riktlinjer för att förbättra fiskens passage i utbyggda vatten. De har också inlett en samhällsekonomisk analys av omlören i Emån. Projektet fortsätter i programmets andra etapp där bland annat fiskar kommer att märkas med radiosändare så att deras vandring kan följas mer i detalj och därmed ge en förklaring på varför ändå förhållandevis så lite fisk når hela vägen upp genom omlören.

Vägledning av vild lax i reglerade älvar

Ett annat problem för vandrande fisk i utbyggda vattendrag är att det naturliga vattenflödet förändras. I en orörd älv orienterar sig fiskarna uppströms med hjälp av vattenflödets styrka och riktning när det är dags för lek. Men i en utbyggd älv har fisken svårt att hitta den fria vägen upp, eftersom det starkaste flödet kommer från kraftverkets utlopp. Fisken känner inte av det svagare flödet från fisktrappornas vattenström och vänder ofta tillbaka till havet utan att ha fortplantat sig. Därför försöker forskarna att lära sig mer om hur fisken väljer väg och därmed hur man på bästa sätt kan konstruera passager till lekplatserna uppströms. Projektet har studerat laxens väg förbi den reglerade nedre delen av Umeälven, upp till den orörda Vindelälven. Endast en tredjedel av fisken från Östersjön som passerar Umeå når slutligen fisktrappan vid Stornorrfors. Modelleringar, i kombination med spårning av fisk, visar vilka strömförhållanden som fiskarna föredrar. Den nya kunskapen kan i förlängningen ligga till grund för att ta fram nya tekniska lösningar. I programmets andra etapp fortsätter projektet att utveckla flödesmodellerna och studera vandringen nedströms, men det går också vidare med att testa olika tekniska lösningar vid ingången till fisktrappan för att leda fisken rätt.

Läs mer på sidan 26

Knott, stor betydelse av liten fluga

Ett annat projekt har undersökt hur knott, en viktig länk i näringsväven vid norrländska älvar, påverkas av vattenkraftsutbyggnad och hur det i sin tur påverkar andra arter och människan. Knotten lever den första delen av sitt liv som larv vid botten i strömmande vatten. Upp till en miljard knott produceras för varje kilometer fritt strömmande älv under vår och sommar. Men i en reglerad älv försvinner många forsar och vattnet blir mer stilla och mindre syrerikt – en sämre miljö för larvernas överlevnad. Forskargruppen har samlat och räknat knott samt kartlagt arterna vid ett flertal oreglerade och reglerade älvar. Resultaten från

Läs mer på sidan 29

undersökningarna visar att utbyggda älvar producerar färre knott – en orörd älv kan ha upp till 100 gånger mer knott. Resultat från fågelobservationer visar inte på någon stor skillnad på småfågellivet vid reglerade och oreglerade älvar. Däremot får svartvit flugsnappare fler livskraftiga ungar när de häckar vid fritt strömmande älvar. Vattenfåglar, t.ex. änder och måsar, är dock vanligare i de reglerade älvarna. Vid undersökningar av förekomst av knottburna blodparasiter hos fåglar var infektion av en typ genomgående högre för de fyra mest observerade fågelarterna längs den fritt strömmande Vindelälven än längs den reglerade Umeälven. Slutligen visar en enkätundersökning till samtliga vårdcentraler och sjukstugor i Norrbottens och Västerbottens län att det i genomsnitt var 2,5 gånger fler läkarbesök med anledning av knottöverkänslighet vid fritt strömmande vatten än vid reglerade älvar. Projektet avslutades i och med första programetappens slut.



GIS och satellitdata för kartering av älvsträndernas natur

De olika naturtyperna kring älvstranden, biotoperna, ligger som ett lapp-täcke i små öar i ett annars ganska kargt landskap. Växt- och djurliv i landskapet kring en reglerad älv påverkas när tidigare torrmark våtläggs och stränder som i en orörd älv regelbundet översvämmas blir torrare. Dessa förändringar krymper livsutrymmet för många arter som är beroende av älvarnas breda strandzon. Inom ramen för programmet har en ny metod utvecklats som snabbt och till låg kostnad ger kunskap om hur den ekologiska kartan kring en älv ser ut. Syftet är att ge beslutsunderlag till hur man bäst sätter in åtgärder för att restaurera naturen kring älvarna. Genom att använda GIS, geografiska informationssystem, och satellitdata istället för tidskrävande fältinventeringar så kan stora områden kartläggas till en låg kostnad. Dessutom förenk-

Läs mer på sidan 32

las kontinuerlig uppföljning och övervakning av naturens status kring älvarna. Modellen som utvecklats i projektet är ett första steg till ett praktiskt verktyg som kraftföretag, länsstyrelser och myndigheter kan använda som beslutsunderlag för miljöåtgärder, övervakning av miljötillståndet och bedömning av naturvärden kring en reglerad älv. Projektet avslutades i och med första programetappens slut.

Utsläpp av koldioxid från regleringsmagasin

Effekterna på ekosystemen kring en utbyggd älv är stora. Regleringsmagasinen och det styrda flödet förändrar älvvattnets utväxling av näring, mineraler och gaser med omgivningen. Relativt ny forskning på utländska vattenmagasin har visat att den naturliga avgången av koldioxid kan öka när en damm anläggs. Därför har koldioxidutsläppen från svenska regleringsmagasin kartlagts i ett projekt. Resultaten visar att koldioxidutsläppen är jämförelsevis små. Regleringsmagasinen avger ungefär lika mycket koldioxid som en vanlig näringsfattig sjö, men den totala effekten blir att utsläppen ökar eftersom vattenytan blir större. Totalt ger utbyggnaden av norrlandsälvarna en ökning av 50 000 ton koldioxid årligen till luften enligt forskargruppens beräkningar (de totala utsläppen av koldioxid i Sverige var 54 800 000 ton 2002). Det motsvarar ungefär 1 procent av det som Sveriges alla sjöar tillsammans alstrar varje år. Projektets frågeställningar har besvarats och det har därmed avslutats i och med första programetappens slut.

Läs mer på sidan 35

Hur påverkar ett förändrat flöde vattenkemin?

I en fritt strömmande älv varierar flödet under året. Vattnet löser upp näringsämnen och mineraler och tar med sig sedimentpartiklar nedströms till havet. I en utbyggd älv är transporten av upplöst näring och mineraler mindre på grund av det lägre flödet. Dessutom stannar en stor del av näringen kvar uppströms när näringspartiklarna sjunker ner på botten i magasinen. Målet med detta projekt är att uppskatta hur mycket som transporten av näring och mineraler minskar och beskriva hur de kemiska processerna i naturen påverkas av ett förändrat vattenflöde. Projektet har jämfört den utbyggda Lule älv och den oreglerade Kalix älv. Med hjälp av flödesdata och vattenprovtagningarna har en databas byggts upp och en matematisk modell för näringstransporten tagits fram. Bland annat har följderna av att vattnet stannar upp till tio gånger längre i älven på grund av utbyggnaden studerats. En effekt är minskad syrehalt i bottensedimenten. Bottenförhållandena är viktiga bland annat för lax och örings möjligheter att fortplanta sig. Projektet har inte beviljats fortsättning i programmets andra etapp.

Läs mer på sidan 37

I mer än 100 år har industrin och samhället dragit nytta av energin i strömmande vatten genom att bygga vattenkraftverk. Idag produceras 65 TWh per år eller ungefär hälften av all el i Sverige med vattenkraft. Det finns nära 2 000 vattenkraftverk i Sverige, varav cirka 1 200 småskaliga med en effekt på mindre än 1,5 MW.

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

Miljökraven förändras

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

Miljö kvalitetsmål

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

Ramdirektiv för vatten

I slutet av år 2000 antog Europaparlamentet ett ramdirektiv för vatten med syfte att skydda, förbättra och återställa alla ytvattenförekomster i syfte att uppnå en god ytvattenstatus år 2015. Arbetet med att implementera ramdirektivet i den svenska lagstiftningen pågår. I det nationella miljö kvalitetsmålet *Levande sjöar och vattendrag* anges som ett delmål att "senast år 2009 ska det finnas ett åtgärdsprogram enligt EG:s ramdirektiv för vatten som anger hur god ytvattenstatus ska uppnås."

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

Levande sjöar och vattendrag – ett av Sveriges 15 miljömål

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

Nationella delmål knutna till vattenkraft

Senast år 2005 ska berörda myndigheter ha identifierat och tagit fram åtgärdsprogram för restaurering av Sveriges skyddsvärda vattendrag eller sådana vattendrag som efter åtgärder har förutsättningar att bli skyddsvärda.

Senast till år 2010 ska minst 25 procent av de värdefulla och potentiellt skyddsvärda vattendragen ha restaurerats.

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

Underlag för beslut behövs

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

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

I föregående avsnitt gjordes anknytningar till såväl de nationella miljö kvalitetsmålen som EU:s ramdirektiv för vatten. Dessa är och har under programmets genomförande varit under kontinuerlig utveckling. Det bidrar naturligtvis i sig till områdets aktualitet och relevans men det gör också att målet som programmet ska bidra med underlag till implementering av, delvis är rörligt. Vid tiden för programmets start pågick t ex den parlamentarisk utredning om mål i miljöpolitiken för att utveckla det som blev de nationella miljö kvalitetsmålen. Denna syntes av programmets resultat och avstämning mot programmets mål för de åtta projekt som ingick i etapp 1 avser perioden 1999–2003 och utgår därför ifrån läget och programmets intentioner som det formulerades i och med starten av första programetappen.

Programmet löper vidare i en andra etapp. Andra etappens mål har uppdaterats i förhållande till resultaten från programmets första etapp, den vetenskapliga utvärderingen av första etappen samt läget med avseende på de nationella miljö kvalitetsmålen och EU:s ramdirektiv för vatten. Det innebär att så långt det är möjligt fånga frågeställningar som har relevans för de åtgärder som kan aktualiseras av dessa.

Intentionen med första etappen

Första etappen av programmet *Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten* planerades och genomfördes i samverkan mellan Elforsk, Energimyndigheten, Naturvårdsverket och Fiskeriverket. Programmets första etapp hade en total budget på 20 MSEK och administrerades av Energimyndigheten.

Utgångspunkten var att vattenkraften ska kunna bedrivas effektivt efter anpassning till fastställda nationella miljömål och direktiv och att en högre grad av miljöanpassning än vad fallet var vid programmets start måste ske där så är möjligt. Även om vad detta konkret kan innebära antogs avgöras från fall till fall i samband med omprövningar, förutsattes att kunskap om verkan och kostnader för olika miljöförbättrande åtgärder i reglerade vatten kommer att vara central. Ett övergripande syfte med programmet är att etablera sådan kunskap.

Processen inom första etappen

I början på december 1999 inbjöd Energimyndigheten forskargrupper vid svenska högskolor och universitet att delta i programmet. Efter behandling i referensgrupp och programråd beviljade Energimyndigheten stöd till följande åtta av ett trettiotal inkomna ansökningar:

- 1 Emissioner av växthusgaser från kraftverksmagasin och reglerade sjöar i norra Sverige, Umeå universitet.
- 2 Indirekta effekter av vattenreglering på fågel- och fiskpopulationer, Umeå universitet.



- 3 Återställande av näringsbalansen, fisket och biologiska mångfalden i regleringsmagasinet Stora mjölkvattnet i Jämtland, Uppsala universitet.
- 4 Utveckling av modell för transport av kol och närsalter i vattenkraft-reglerade älvar, Uppsala universitet.
- 5 Genetiska och ekologiska konsekvenser av fiskutsättningar, Fiskeriverket.
- 6 Flödesregimåtgärder i reglerade vatten: Konsekvenser för vattendragets produktivitet och för samhället, Karlstad universitet.
- 7 Rehabilitering av vatten- och strandbiotoper genom ekoteknik – objektprioritering med stöd av fjärranalys, GIS och MKB, KTH.
- 8 Flödesregimens effekt på laxens vandring i ett "bypass"-system: observationer och modellering av förutsättningar för passage av kraftverksbyggnader, SLU Umeå och CTH.

Detaljer om projekten och deras resultat beskrivs i följande avsnitt. Här närmast är intentionen att sätta projekten och deras resultat i relation till mål och inriktning för programmets första etapp.

Avstämning mot första etappens mål

Mer specifikt har första etappen av programmet haft nedanstående långsiktiga och övergripande respektive strategiska mål.

Långsiktiga och övergripande mål:

- Att vattenkraften ska kunna bedrivas effektivt efter anpassning till nationella miljömål och direktiv avseende vattenkvalitet, fiske, biologisk mångfald och genetisk variation.
- Att ta fram ett gemensamt vetenskapligt underlag för bedömning av vattenkraftens miljöpåverkan, kopplat till olika grader av miljöanpassning.

Strategiska mål:

- Att vid högskolor och universitet öka kompetensen inom programmets prioriterade områden samt att främja samarbetet mellan högskolor, universitet, forskargrupper och företag nationellt och internationellt. Ett nätverk mellan inblandade forskargrupper bör därför etableras. Samarbete med projekt inom ramen för EUs FoU-program är av särskild vikt.
- Att projekten ska ha sådan vetenskaplig kvalitet att resultaten publiceras i vetenskapligt granskade tidskrifter.
- I slutet av etapp 2 bör vidare minst tre disputationer per år företas inom området.
- Pröva hypoteser och teoretiska studier i försöks- och pilotanläggningar samt i naturliga vatten.

I april 2002 uppdrog Energimyndigheten tre personer att utvärdera programmets första etapp. Utvärderarna fastslog att programmet är ägnat ett viktigt och relevant ämnesområde, att forskarna representerar en avsevärd potential och att medel bör ställas programmet till förfogande för en andra etapp.

Vid tillfället för utvärderingen ansågs det inte vara att förvänta att projekten skulle ha uppfyllt programmets mål efter första programetappens slut. Dessutom ansåg utvärderarna inte att de övergripande målen var mätbara.

Utvärderarna konstaterade att den förhoppning som fanns om att projekten skulle vara praktiska och åtgärdsinriktade samt att ett verkligt samarbete och en integrering mellan olika discipliner i bemärkelsen att samverkan skulle ske mellan forskargrupper vid olika institutioner inte fullt ut hade infriats.

Utvärderingen påpekade också vikten av att samarbetet mellan myndigheter, universitet och kraftindustri fortsätter att utvecklas för att en lyckad implementering av resultaten ska kunna säkras. Dessutom föreslogs programledningen säkerställa att resultat syntetiseras och sammanställs på ett sätt som underlättar spridning och därmed implementering av resultaten i industrin och samhället.

Med avseende på vetenskaplig kvalitet lyfte utvärderingen speciellt fram fyra av projekten som särskilt relevanta och med god vetenskaplig kvalitet.

När det gällde examinationsgrad gjordes inte någon explicit uppföljning i utvärderingen men forskningen inom programmet har bedrivits av ett tjugotal aktiva forskare varav ca tio varit anställda som doktorander.

Utvärderingens rekommendationer var bl a att ytterligare fokusera programmet på åtgärdsinriktad verksamhet baserad på relevanta och prövningsbara hypoteser.

Avstämning mot prioriterade frågor i programmets första etapp

Utvärderingen betraktade de övergripande målen som icke mätbara och de strategiska som för tidiga att utvärdera. Däremot ansåg utvärderarna att de sex områden som identifierats som prioriterade i inbjudan att inkomma med förslag till projekt till första etappen definierade syftet med forskningen väl.

Vid tiden för utvärderingen ansågs emellertid endast ett fåtal av de prioriterade frågorna ha blivit adresserade i tillräcklig omfattning. Baserat på nu tillgänglig slutrapportering från projekten inom första etappen har därför nedanstående sammanställning gjorts av projektens resultat i förhållande till de prioriterade områdena och frågorna i programmets första etapp.

Sammanställningen visar bl a:

- Att området om växthusgasemissioner från regleringsmagasin helt kan anses ha behandlats och att programmet har besvarat de där ställda frågorna.
- Att drygt hälften av de 19 prioriterade frågorna inom de sex områdena direkt har adresserats av programmet.
- Att området inriktat på att utveckla restaureringsmetoder för fiskevårdande åtgärder är mycket väl intäkt av aktiviteter med potential att svara upp mot de prioriterade frågorna inom området.
- Att områden av övergripande karaktär, där kostnadsbaserad prioritering mellan naturvärden eller mellan olika möjligheter att uppnå önskvärda naturvärden i hela avrinningsområden eller i olika vattendrag önskas, hittills inte har angripits i någon större omfattning.
- Att utveckling av miljökonsekvensbeskrivningar som verktyg vid omprövningsmål för vattenkraftsanläggningar inte har angripits av programmet.

*Prioriteringar och resultat från första etappen av
Vattenkraft – miljöeffekter, åtgärder och kostnader i nu reglerade vatten*

Prioriterade frågor och redovisade resultat	Prioriterade områden
<p>Prioriterade frågor</p> <p>A. Ange och rangordna de omgivningsfaktorer som är av betydelse för naturlig reproduktion av vandringsfisk.</p> <p>B. Utvärdera hur olika omgivningsfaktorer kan påverkas i önskvärd riktning i reglerade vatten.</p> <p>C. Identifiera faktorer som har stor betydelse för att i görligaste mån kunna förbättra den naturliga biologiska mångfalden i reglerade vatten.</p> <p>D. Kvantifiera hur ämnestransporter till havet påverkas av vattenkraftreglering.</p> <p>Redovisade resultat</p> <p>D: Programmet har gjort en ansats att uppskatta hur mycket transporten av näring och mineraler minskar i reglerade vatten och beskriva hur de kemiska processerna i naturen påverkas av ett förändrat vattenflöde. Projektet har jämfört den utbyggda Lule älv och den oreglerade Kalix älv. Med hjälp av flödesdata och vattenprovtagningarna har en databas byggts upp och en matematisk modell för näringstransporten tagits fram. En fortsatt bearbetning av frågan har inte prioriterats i programmets andra etapp.</p> <p>A, B och C: Ingen verksamhet inom programmet har direkt adresserat dessa frågeställningar.</p>	<p>Att ge underlag för att för hela avrinningsområden kunna ange och prioritera olika naturvärden inom vattensystemet</p>
<p>Prioriterade frågor</p> <p>A. Att definiera effekter av vattenkraftutbyggnad på biologiska system i relation till vattensystemens naturliga biologiska samhällsstrukturer, särskilt avseende storskaliga och långsiktiga effekter.</p> <p>B. Ange åtgärder för att minska hoten mot olika arter och att överslagsmässigt kostnadsberäkna dessa.</p> <p>Redovisade resultat</p> <p>A och B: Ingen projektverksamhet inom programmet har direkt adresserat dessa frågeställningar.</p>	<p>Att utveckla kunskap om hur arter, förekommande naturligt i miljöer som påverkas av vattenkraft, långsiktigt ska kunna leva vidare i ett för biotopen adekvat individantal för att den nödvändiga genetiska variationen ska kunna garanteras.</p>

Prioriterade frågor

- A. Att anpassa eller utveckla modeller som kopplar samman nivåvariationer och flödesregimer med fysikaliska, kemiska och biologiska faktorer i det reglerade vattnet.
- B. Att kostnadsmässigt kunna värdera nivåvariationer och flödesregimer, inklusive eventuellt förändrad magasinering.
- C. Att utifrån olika naturvärden inkl. fisk klassificera/rangordna de utbyggda vatten där relationen mellan miljöeffekter och energiförluster är förmånligast.

Redovisade resultat

A: Minskad syrehalt i bottensedimenten pga att vattnet stannar upp till tio gånger längre i en utbyggd älv har studerats med utgångspunkt från att bottenförhållandena är viktiga för reproduktionen av lax och öring. En fortsatt bearbetning av frågan har inte prioriterats i programmets andra etapp.

A: Påverkan på knott av vattenkraftsutbyggnad (av minskad syrehalt i lugnare utbyggt vatten) och hur det i sin tur påverkar andra arter och människan har undersökts. Resultaten visar att utbyggda älvar producerar färre knott. Fågelobservationer visar inte på någon stor skillnad på småfågellivet men svartvit flugsnappare får fler livskraftiga ungar när de häckar vid fritt strömmande älvar och att vattenanknutna fåglar är vanligare vid de reglerade. Vid undersökning av blodparasitförekomst var infektion av Leucocytozoon-parasiten genomgående högre för de fyra mest observerade fågelarterna längs den fritt strömmande Vindelälven än längs den reglerade Umeälven. En enkätundersökning visar att det i genomsnitt var 2,5 gånger fler läkarbesök med anledning av knottöverkänslighet vid fritt strömmande vatten än vid reglerade älvar. En fortsatt bearbetning av frågan har inte prioriterats i programmets andra etapp.

B och C: Ingen verksamhet inom programmet har direkt adresserat dessa frågeställningar.

Att för ett givet vatten ge underlag för att tekniskt och ekonomiskt kunna värdera olika möjligheter för att uppnå önskvärda mål för naturmiljön och på basis härav prioritera de åtgärder som ger lägsta långsiktiga kostnad.

Prioriterade frågor

- A. Naturvårdande åtgärder i reglerade vatten, särskilt avseende förbättrade förhållanden för akvatiska organismer.
- B. Ekologisk och genetisk karakterisering av laxartade fiskar.
- C. Fiskevårdande åtgärder i reglerade fjällmagasin.
- D. Utveckla metoder för att etablera vandringsvägar.
- E. Effekter av avelsstrategi och ökad naturlig reproduktion på den genetiska variationen hos lax och havsöring.
- F. Hur berörda fiskarters krav på reproduktions- och tillväxtförhållanden kan tillgodoses

Redovisade resultat

A, D och F: Programmet har studerat laxens väg förbi den reglerade nedre delen av Umeälven till Vindelälven. Resultaten visar bl a att vattenflödet är så högt från själva kraftverksutloppet att fiskarna har svårt att känna av den svagare strömmen som visar vägen till den gamla älvfåran. Endast en tredjedel av fisken från Östersjön som passerar Umeå når slutligen fisktrappan. Modelleringar visar vilka strömförhållanden som fiskarna föredrar och den nya kunskapen kan i förlängningen ligga till grund för att ta fram tekniska lösningar. I programmets andra etapp fortsätter projektet att utveckla flödesmodellerna och studera nedströmsvandringen men det går också vidare med att testa olika tekniska lösningar vid ingången till fisktrappan för att leda fisken rätt.

A och D: En relativt ny stort passage, kallad omlöp, för fisk och andra djur utvärderas i Emån. De första resultaten tyder på att omlöpen fungerar bra eftersom en

Att utveckla restaureringsmetoder för att genomföra natur- och fiskevårdande åtgärder i reglerade vatten.

ökning av fiskyngel ovanför de nya fiskvägarna har noterats. Hösten 2001 var första gången på 50 år som havsöringar lyckades ta sig förbi Finsjö och leka på sträckan uppströms. I programmets andra etapp vidareutvecklas en samhälls-ekonomisk analys av omlöpen och arbetet med att söka en förklaring på varför ändå förhållandevis lite fisk når hela vägen upp genom omlöpen fortsätter.

B och E: Beteendet och utseendet hos odlad fisk har undersökts. Odlad öring har visat sig mindre aggressiv, ha mindre framgång vid parning och sämre försvar mot rovdjur. Resultaten visar bland annat att man kan producera odlade fiskar som har egenskaper som mer liknar vildfödda öringar. Att låta fiskarna växa upp i en mer naturlig miljö kommer att studeras vidare under programmets andra etapp.

C: Näringstillsats provas i Stora Mjölkvattnet, med syfte att restaurera djurlivet i ett regleringsmagasin. Ett års tillsats av fosfor och kväve gav snabba förbättringar. Det finns mer plankton i vattnet som kan föda smådjur och rödingen har blivit större. För att utveckla metoder och strategier för restaurering av utarmade ekosystem i utbyggda sjöar fortsätter uppföljningen av ytterligare näringstillskott i programmets andra etapp.

F: Programmet har även studerat betydelsen av vattenkvaliteten på lekbottnarna i tre älvar i Värmland som grund för eventuella flödesanpassningar under lekperioden.

Prioriterade frågor

- A. Utarbeta en struktur på MKB-dokumentet som ger berörda myndigheter ett tillräckligt bra underlag för beslut i enskilda ärenden.
- B. MKB-processen och möjligheter att i denna fånga upp lokalt viktiga frågeställningar.

Redovisade resultat

A: En ny metod har utvecklats som snabbt och till låg kostnad ger kunskap om hur den ekologiska kartan kring en älv ser ut, bl a som underlag för uppföljning och övervakning av naturvärden kring en reglerad älv. En fortsatt bearbetning av frågan har inte prioriterats i programmets andra etapp.

A och B: I övrigt har ingen projektverksamhet inom programmet har direkt adresserat dessa frågeställningar.

Att ta fram en struktur för miljökonsekvensbeskrivning (MKB) av effekter av vattenkraftsanläggningar vid omprövningsmål.

Prioriterade frågor

- A. Att skaffa underlag för att kunna bedöma om emissionerna är av sådan storleksordning att åtgärder måste vidtas.
- B. Utveckla mätmetoder som medger integrering över långa sträckor och tider.

Redovisade resultat

A och B: Koldioxidutsläppen från svenska regleringsmagasin har kartlagts. Resultaten visar att koldioxidutsläppen är jämförelsevis små. Regleringsmagasinen avger ungefär lika mycket koldioxid som en vanlig näringsfattig sjö, men den totala effekten blir ändå att utsläppen ökar eftersom vattenytan blir större. Totalt ger utbyggnaden av norrlandsälvarna en ökning av 50 000 ton koldioxid årligen enligt forskargruppens beräkningar (de totala utsläppen av koldioxid i Sverige var 54 800 000 ton 2002). Det motsvarar ungefär 1 procent av det som Sveriges alla sjöar tillsammans alstrar varje år. Programmet har givit svar på de ställda frågorna.

Att ha kännedom om emissionen av växthusgaserna koldioxid och metan från svenska kraftverksmagasin och reglerade sjöar.

Tillförsel av näring reparerar djur- och växtlivet i reglerade vatten

Övergödning av sjöar är ett välkänt miljöproblem. Anlagda regleringsmagasin i fjällen drabbas däremot ofta av det motsatta problemet – näringsbrist. Den näringsfattiga miljön ger en mager fiskstam och försämrade fiskemöjligheter. Detta projekt har för första gången i Sverige genomfört näringstillförsel i större skala för att återställa ett reglerat vatten. I Kanada och USA är det en vanlig metod för att stärka det biologiska livet i reglerade vatten och förbättra sportfisket. I Sverige har hittills endast mindre insatser i pilotskala genomförts i forskningssyfte. Resultaten efter ett års tillsats av fosfor och kväve i den reglerade fjällsjön Stora Mjölkvattnet visar på snabba förbättringar – det finns mer växt- och djurplankton och rödingen har bättre kondition.

Näringsförluster i reglerade vatten

De första åren sedan ett regleringsmagasin har anlagts är vattnet näringsrikt och fiskproduktionen hög. Näring från tidigare mark friläggs och bidrar till den gynnsamma miljön. Men efter ett tag minskar tillgången på näring. Dessutom så eroderas stränderna med tiden sönder och kvar blir endast en stenöken som inte kan bidra med näring till sjön. Det påverkar hela näringskedjan från växtplankton till rovfisken öring. Så är också fallet för sjön Stora Mjölkvattnet som reglerades på 1940-talet och som i detta projekt fått näringstillskott.



*Eroderad strandzon,
Stora Mjölkvattnet*

Projekt:

Restaurering av regleringsmagasin: optimering av fisk- och planktonproduktion genom balanserad näringstillförsel

*Uppsala Universitet,
Umeå Universitet samt
Mithögskolan, Östersund*

Göran Milbrink, professor i zoökologi vid Uppsala Universitet, är projektledare som har arbetat särskilt med fiskpopulationernas och bottenfaunans utveckling. I forskargruppen ingår limnologer, biologer och kemister från två universitet och en högskola.

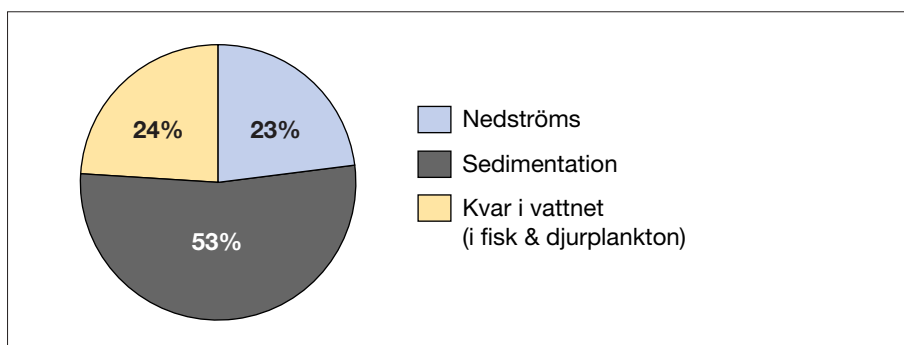
Projektets huvudmål är att utveckla metoder och strategier för restaurering av utarmade ekosystem i utbyggda sjöar. En förstörd strand kan dessvärre aldrig repareras, men tillsats av näring kan i någon mån kompensera förlusten av näring i det fria vattnet. I reglerade sjöar skulle

man då kunna återställa den biologiska mångfalden och upprätthålla en livskraftig stam av röding och öring till nytta för bland annat sportfisket. Innan metoden är helt färdigutvecklad är det viktigt att förstå hur de naturliga processerna i sjösystemet fungerar. Det krävs för att optimera näringstillräkningen så att den har en god effekt, samtidigt som negativa miljöeffekter både i sjön och nedströms undviks.

Tillsats av fosfor och kväve

Under de två första åren från projektstarten gjordes regelbundna vattenkemiska och biologiska undersökningar i två närbelägna reglerade sjöar av samma storlek, Stora Mjölkvattnet och Burvattnet. Syftet var att bättre förstå näringsämnenas omsättning, sjöarnas ekosystem och vad som händer med näringen efter reglering. Först det tredje året tillsattes näring i omgångar till den fria vattenmassan i Stora Mjölkvattnet. I Burvattnet tillsattes ingen näring, utan sjön är en referenssjö, där jämförelser kan göras med utvecklingen i Stora Mjölkvattnet.

Näringsämnena fosfor och kväve tillsattes under juli 2002 i form av ett rent gödningsmedel, upplöst i vatten i små portioner. Det rör sig om en svag justering av näringen i sjövattnet och Stora Mjölkvattnet skulle även efter tillsatsen klassas som en mycket näringsfattig sjö. Mängderna är anpassade för att motsvara den tidigare förlusten av näring på grund av regleringen. Samma provtagningar och undersökningar har skett parallellt i båda sjöarna under hela projektperioden. Av miljömässiga och ekonomiska skäl är det viktigt att så lite näring som möjligt av den tillförda mängden förs nedströms. Det mesta av näringen stannade dock i sjön – drygt 20 procent av den tillsatta fosfor har runnit nedströms ett år efter tillsatsen.



Efter ett år hade ungefär en fjärdedel av den fosfor som tillsattes 2002 tagits upp av fisk och djurplankton.

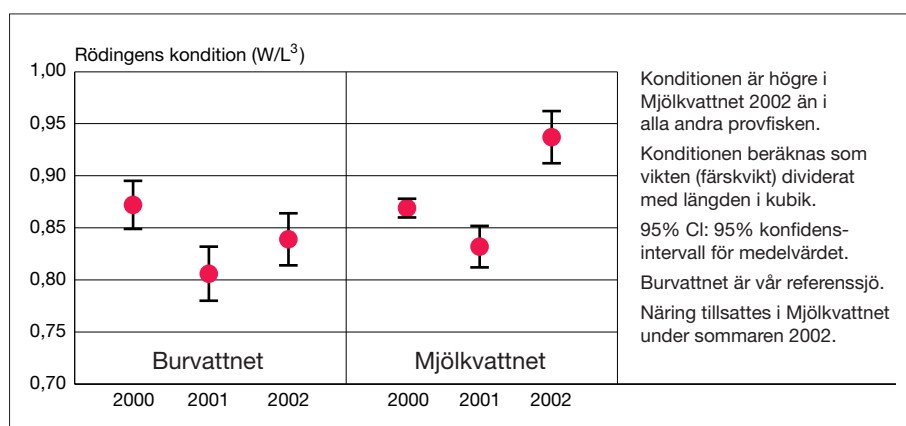
Mer plankton och röding

En tydlig ökning av mängderna växt- och djurplankton har konstaterats i Stora Mjölkvattnet efter näringstillräkningen. Däremot förändrades inte sammansättningen av planktonarter, framförallt gynnades inga oönskade arter. Tillväxten av plankton ökade främst vid tillsats av fosfor i Stora Mjölkvattnet. Fler djurplankton, som hjuldjur och hinnkräftor, innebär mer mat till småfisk som i sin tur utgör föda för större fiskar. Innan näringstillräkningen visade provfisken att sjön innehöll en fåtalig fiskstam i dålig kondition. Redan sju veckor efter näringstillräkningen ökade



Provtagning,
Stora Mjölkvattnet

rödingen sin kondition med ungefär tio procent. Att förändringarna inträffade så snabbt visar att transporten av näringsämnen i näringskedjan går mycket snabbt. För öringen, som främst livnär sig på småröding, dröjer det längre innan man kan märka lika tydliga effekter.



Rödingens kondition i
sjöarna Burvattnet och
Mjölkvattnet åren
2000–2002

Under efterföljande två år får Stora Mjölkvattnet ytterligare näringstillskott (sammanlagt tre år) och forskargruppen kommer att följa vad som händer i sjön. Projektet kommer att ge ökad kunskap om vilka processer som gör att en reglerad sjö utarmas på näring. Dessutom kommer näringsämnenas kretslopp i ekosystemen vid Stora Mjölkvattnet att studeras – från vatten till växter och djur till sjösedimenten. Innan försiktig näringstillförsel kan tillämpas i större skala med tanke på kostnad och miljöeffekter, så måste gödningsmedel utvecklas som har optimal kemisk sammansättning och dessutom en metod som gör att näringen tillförs kontinuerligt i låg dos.

På 1950-talet fångades ungefär 350 ton lax i Sveriges älvar. Trettio år senare var fångsten endast en tiondel. Mycket av nedgången beror på utbyggnaden av vattenkraft som har hindrat vandrande fisks naturliga fortplantning. Odling och utsättning av lax och öring har använts för att kompensera förlusterna av fisk, vilket har fungerat för att upprätthålla fisksamhällen i älvarna. Nackdelen med odlad fisk är att den skiljer sig från den vilda i till exempel utseende och beteende. På längre sikt riskerar därför odlingen att påverka fiskens hela utveckling som art. Syftet med Fiskeriverkets forskningsprojekt är att bestämma hur fiskodling påverkar ekologin, beteende och genetik i vilda populationer. Med utgångspunkt från det vill man skapa riktlinjer för hur fiskodling bör bedrivas för att minska negativa effekter.

Resultaten visar att uppväxtmiljön spelar en avgörande roll för öringens beteende, utseende och överlevnadsförmåga. För att lyckas upprätthålla en varierad och livskraftig fiskstam med hjälp av odling och utsättning är det därför viktigt att fisken har en naturlig uppväxtmiljö och att utnyttja ett stort antal föräldrafiskar, med regelbunden inblandning av genetiskt material från den vilda stammen.

Odlad fisk sämre anpassad till ett vilt liv

Varje öringsamhälle är präglat efter den älv där de fötts och växt upp. Under årtusenden har därför varje älv utvecklat egna öringstammar som är genetiskt skilda från andra älvar. Vid odling har ofta flera delsamhällen slagits samman från en älv, vilket innebär att man får en ny stam som inte är anpassad till någon del av vattendraget. Eftersom fisken växer upp i trygga bassänger med god tillgång på mat är de inte helt anpassade till livet i ett naturligt vatten. Därför klarar sig odlad fisk sämre än sina naturliga gelikar när de väl släpps ut i friheten. Fiskeriverkets tidigare forskning har visat att odlade öringar är mindre aggressiva, har mindre framgång vid parning och sämre försvar mot rovdjur.

Fiskeriverket har analyserat arvsmassan hos vild och odlad Dalälvsöring. Tidigare har man sett att det finns genetiska skillnader mellan den vilda stammen och den odlade, trots att vilda och odlade fiskar borde leka och få gemensam avkomma i älvarna. Fiskeriverkets studie av arvsmassan visar dock att den genetiska skillnaden är mycket liten. 80 procent av generna hos viltfödda öringar är av odlad ursprung. I princip är det ingen större skillnad på odlad och vild Dalälvsöring. Fiskeriverket drar därför slutsatsen att de skillnader som man sett förut är sådana som uppstår på en generation, och att olikheterna snarare beror på att de olika uppväxtmiljöerna utvecklar olika egenskaper, även genetisk olikhet.

I ett annat försök sattes romkorn ut i en försöksbäck vid Fiskeriförsöksstationen i Älvkarleby både från vilda och odlade öringar. De båda stam-

Projekt:

Genetiska och ekologiska konsekvenser av fiskutsättningar

Fiskeriverket samt
Uppsala Universitet

Torbjörn Järvi på Fiskeriverkets Sötvattenlaboratorium har varit projektledare. Han arbetar främst med fiskevård och bevarandefrågor. I projektet har även biologer och genetiker från Uppsala Universitet medverkat.



Anordning för att mäta fiskens reaktionsförmåga mot rovdjur. Lägg märke till hägertrappen.

marna klarar sig lika bra när de växer upp. Någon skillnad på avkomman från vild och odlad fisk som får leka i det vilda syns inte heller. Däremot syns det att det spelar mycket stor roll för överlevnaden vilka föräldrafiskarna är, både för den vilda och odlade stammen. I vissa familjer överlevde en fjärdedel, medan det i andra familjer inte fanns någon avkomma kvar efter fem månader. Slutsatsen från dessa resultat är att ett större antal föräldrafiskar bör användas i odlingen för att undvika att ett fåtal föräldrafiskars anlag dominerar efter ett antal generationer. Fiskeriverket jämförde också överlevnaden hos odlade öringar som sattes ut efter ett år och vildfödda öringar. Det var betydligt färre av de odlade öringarna som överlevde.

	Årsklass	April år 1	Oktober år 1	April år 2	Oktober år 2
Utsatt rom (antal)	1999	1 134	1 058	945	977
Odlad fisk (antal)		4 037	798	745	475
Utsatt rom (antal)	2000	1 130	997	887	251
Odlad fisk (antal)		3 930	718	689	366

Överlevnaden över sommaren är betydligt lägre för odlad fisk som sattes ut efter nästan ett år jämfört med fisk som sattes ut som romkorn.

Försöken visar också att öringen anpassar sitt utseende efter uppväxtmiljön och därför har vild och odlad öring små, men tydliga skillnader i form och proportioner. Laxfiskars form förändras efter omgivningen och förmodligen gäller det särskilt under den första tiden i livet. Skillnaderna mellan odlad och vild öring kunde kvarstå i ett helt år i det vilda.

Förbättrad odling

Odlingen kan förbättras ur flera aspekter, överlevnaden hos utsatt fisk borde kunna ökas och fisken som sätts ut bör vara mer anpassad till ett liv i det fria. Försöken visar att uppväxtmiljön har en stor betydelse för fiskens egenskaper och överlevnad. Att sätta ut romkorn är en metod som skulle skapa förutsättningar för en starkare och bättre anpassad fiskstam i utbyggda älvar. Ytterligare ett sätt är att skapa en så naturlig



uppväxtmiljö som möjligt med strömmande vatten, varierande tillgång på föda och så vidare. Det senare kommer Fiskeriverket att studera vidare under etapp 2. Förmodligen ökar kostnaden per fisk med båda föreslagna åtgärder, men å andra sidan kanske färre fiskar behöver sättas ut eftersom andelen som överlever ökar och fisken mår bättre både under och efter odlingen.

Öring

Åtgärder för att gynna den vilda fiskstammen i utbyggda älvar

När ett vattenkraftverk anläggs får det allvarliga konsekvenser för fisken i vattendraget, särskilt för de arter som är beroende av älven för sin fortplantning. Kraftverken hindrar lekande fisks vandring till lekplatserna. Redan i början av det förra seklet anlades fisktrappor för att underlätta fiskens lek i utbyggda vattendrag, men de fungerar oftast inte tillräckligt bra. Det ändrade flödet i en reglerad älv kan dessutom försämra vattenkvaliteten i bottenzonen, som är vital för rommens utveckling. Målet för detta projekt är att bättre kunna anpassa de tekniska lösningarna i utbyggda vattendrag till det biologiska livet. I förlängningen handlar det om bättre fiskpassager och rutiner för att kunna optimera vattenflödet under lek och romutveckling.

En relativt ny typ av fiskpassage, ett så kallat omlöp, har utvärderats i projektet som letts av Karlstads Universitet. De två studerade omlöpen ligger i Emån och de första resultaten tyder på att denna typ av fiskvägar har en god funktion, eftersom antalet fiskyngel har ökat ovanför omlöpen. Projektet har även studerat betydelsen av vattenkvaliteten på lekbottnarna i tre älvar i Värmland. Erfarenheterna från den senare delen av projektet kan senare ligga till grund för åtgärder som skapar en bättre vattenkvalitet under lekperioden genom att anpassa flödet.

Ny vandringshjälp för fisk

Emån tillhör de artrikaste vattendragen i Sverige med över 30 sötvattensfiskar, bland annat den sällsynta malen. Emån har många kraftstationer, varav fyra ligger i huvudfåran nedströms Högsby. Vid kraftverken i Finsjö installerades hösten 2000 en ny fiskpassage på två ställen. De nya passagerna liknar ett naturligt vattendrag mer än traditionella fisktrappor och har slingrande väg och låg lutning. Det finns också gott om viloplats för fisken. En tro är att en sådan utformning kan göra att fler arter och individer lyckas ta sig förbi kraftverken, och inte bara starka simmare som i en fisktrappa. Emån byggdes ut i början av 1900-talet vilket snabbt minskade förekomsten av lax och havsöring uppströms det första kraftverket. Vandringsvägar anlades redan från början, men de fungerade dåligt och underhölls inte och därför vandrade få fiskar uppströms. Lax och öring har dock de senaste tio åren kunnat föröka sig naturligt sedan utsättning av odlad fisk har upphört.

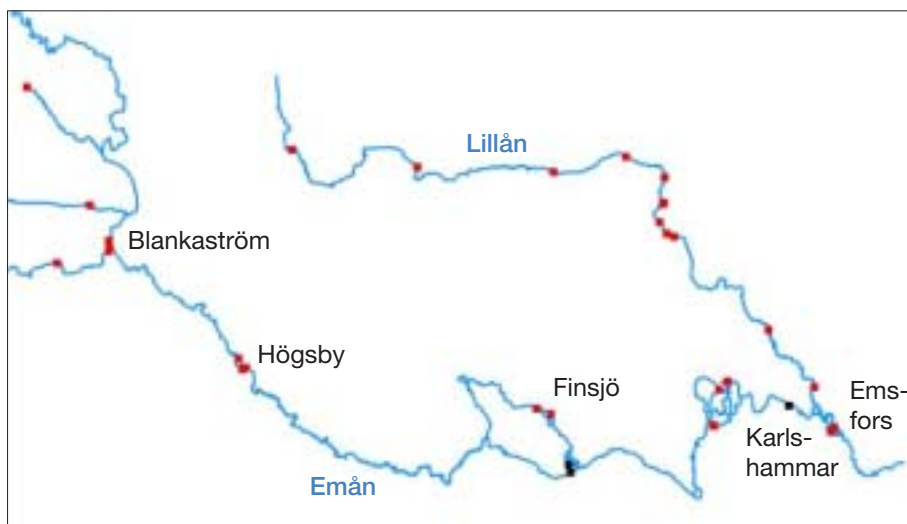
Tidigare erfarenheter visar att fiskarna har svårt att ta sig förbi de två kraftverken i Finsjö och där provas nu omlöpen. De innebär att fisken kan leka på ytterligare 24 kilometer av Emån, upp till Högsby, vilket ökar lekbottnarnas yta för laxfiskar med ungefär en femtedel. Forskargruppen har märkt fisk vid Karlshammar (Se karta) och sedan med hjälp av mätstationer vid de nya passagernas ingång och utgång kunnat räkna antalet fiskar som lyckas passera kraftverken. Nu passerar årligen cirka 200–400 fiskar Karlshammar, en nedgång från början av

Projekt:

Fiskvägar som restaureringsåtgärd för fragmenterade fiskpopulationer i reglerade vattendrag

Karlstads Universitet samt Linköpings Universitet

Larry Greenberg är professor vid Institutionen för natur och miljö vid Karlstads Universitet och projektledare. Hans forskning är inriktad på fiskbiologi och ekologi i vattendrag. Biologer, hydrologer och sociologer samarbetar i projektet.



Emåns nedre delar med kraftverken längs sträckan. De röda och svarta punkterna motsvarar kraftverk som saknar respektive försetts med fiskväg.

1990-talet som beror både på att utsättning av odlad lax upphörde och på en epidemi bland öringen. Det visar sig att endast ungefär 16 procent av den lax och öring som märktes vid Karlshammar tar sig vidare till inloppet vid den första passagen vid Nedre Finsjö. Få karpfiskar (färna och vimma), endast 2 av 33, har tagit sig till passagens ingång. Mindre tid har dock ägnats åt undersökningar av karpfisk, jämfört med laxfisk och dessutom är karpfiskars vandringsbeteende betydligt mindre känt.

Svårt hitta ingången

Omkring 30 procent av de fiskar som lyckas ta sig till ingången vid Finsjö simmar tillbaka nedströms, en femtedel stannar till på vägen mellan omlöpen och ungefär hälften går hela vägen förbi även den andra passagen. Orsaken till att så få fiskar faktiskt når omlöpet i Finsjö är inte helt klar. Det kan bero på att fisken inte hittar ingången till passagen, men troligtvis är det så att fisken hittar lekplatser nedströms Finsjö. I nästa etapp av projektet ska fiskar märkas med radiosändare så



Omlöpet vid Nedre Finsjö.

att deras vandring kan följas mer i detalj och då hoppas forskargruppen få en bättre bild av varför fisken inte når hela vägen. Hösten 2001 var emellertid den första gången på 50 år som havsöringar lyckades ta sig förbi Finsjö och leka på sträckan uppströms. Även för lax konstaterades att lek skett uppströms Finsjö år 2001. Det är goda tecken på att den nya passagen fungerar bra. Dessutom verkar det som att de vuxna laxfiskar som vandrat uppströms genom omlöpen vid Finsjö också använder dem för nedströms vandring.

Forskargruppen har utifrån denna, och övrig forskning, kommit fram till några generella riktlinjer för att förbättra fiskens passage i utbyggda vatten:

- Fiskvägar med låg lutning och utan höga fall är att föredra
- När en fiskväg projekteras bör ingången placeras nära den fåra där vattenföringen är högst.
- Ingången bör inte placeras intill ett annat utlopp med högt flöde, eftersom det kan göra det svårt för fisken att ta sig fram och upp i fiskvägen.
- Varje kraftverk kräver sin egen lösning, men också en och samma fiskväg kräver olika lösningar vid olika flöden och olika årstider.

Syrebrist hotar rommen

Det förändrade vattenflödet i utbyggda älvar gör också att vattnets kemiska sammansättning förändras. Lax och öring gräver ner sin rom i bottenskiktet, där älvvattnet blandas med grundvatten. När flödet är lågt så minskar syrehalten och vattenkemin förändras, på grund av att grundvattnets inflytande ökar. Detta kan försämra rommens möjligheter att överleva och det har tidigare noterats att laxhonor föredrar platser som har en tillräckligt hög syrehalt för rommen. Projektet har undersökt vattenkemin under ett år i Mangälven och Järperudsälven, två reglerade älvar och Tobyälven, en oreglerad älv i Värmland. Det visar sig att flödesregleringen skapar bottnar med syrebrist. Vid låga flöden riskerar därför rommen att skadas. Men med bättre kunskap om var lekbottnarna finns och hur flödet påverkar vattenkemin i grusbädden kan man ange hur vattenflödet bör styras för att säkerställa reproduktionen.

Samhällsekonomisk analys

Uppskattningsvis en procent av alla svenska manliga fiskare är specialiserade på laxfiske. Alltså bör det finnas en marknad för utökade fiskemöjligheter i södra Sverige, med efterfrågan både från svenska besökare och från övriga Europa. Den tredje delen av projektet handlar om att genomföra en samhällsekonomisk analys av åtgärderna kring Emån. Arbetet har påbörjats och kommer att fortsätta i etapp 2. Frågan som ska få svar handlar om huruvida ökade intäkter från sportfiske och turism överstiger kostnaderna för de nya omlöpen vid Finsjö, och hur lång pay-off tiden är för de investeringar i fiskevägar som gjorts. Att kunna värdera olika intressenters nytta och kostnader inom ett avrinningsområde är en mycket aktuell fråga eftersom detta är en viktig del i den pågående implementeringen av EUs vattendirektiv.

Havsöringshanne fångad i fisktrappan vid Karlshammar.



Vägledning av vild lax i reglerade älvar

Idag riskerar många vilda fiskarter utrotning. Vandrande fiskarter som lax, havsöring och sik har förlorat stora områden för lek och yngeltillväxt på grund av utbyggnad av vattenkraft. Till exempel så är mindre än 15 procent av all lax i Östersjön idag född och uppvuxen i vilt tillstånd. Dammar, kraftanläggningar och regleringen av vattenflödet hindrar både fiskens väg upp till lekplatserna i inlandet och de uppvuxna ynglens väg ner till havet där de blir fullvuxna. Sedan länge har fisktrappor använts för att hjälpa fisken förbi vandringshindren. Men det är inte klart hur bra trapporna fungerar och därför måste kunskapen om fiskens vandring förbättras för att möjliggöra en livskraftig stam av vild fisk i älvarna. Detta projekt, som leds av SLU, syftar till att öka kunskapen om laxens vandring både uppströms och nedströms och hur vattenflödet i älven påverkar vandringen. Vet vi hur laxen väljer väg och tidpunkt för sin vandring och därmed hur passagera bäst bör byggas så kan vattenkraftens effekter på fisken minimeras och en livskraftig fiskstam tryggas.

Mot strömmen

Under försommaren börjar den fullvuxna laxen att vandra upp i älvarna för att i oktober leka i lugnare vatten, där ynglen sedan kläcks och växer upp. Efter ett till tre år under maj och juni beger sig ynglen, eller *smolten*, i sin tur ner till havet. Fisken i naturligt tillstånd väntar på vårfloden för att vandra upp i älven. De orienterar sig sedan uppför älven med hjälp av vattenflödets styrka och riktning. I brantare och stenigare partier, som forsar, måste det finnas tillräckligt med vatten för att fisken ska kunna passera, men samtidigt inte för starkt strömmande vatten. Mer detaljerad kunskap om vilka flödesförhållanden som styr laxen under vandringen saknas dock idag.

Projektet har studerat laxens väg förbi den reglerade nedre delen av Umeälven till den orörda Vindelälven med tre delmål för arbetet.

- Att kartlägga laxens lekvandring från älvmyningen till fisktrappan i Norrfors under olika stora vattenflöden
- Att studera smoltens vandring till havet
- Att skapa tredimensionella modeller av flödet i älven för olika flöden från kraftstationen

En tredjedel når trappan

Kraftverket Stornorrfors i Umeälven har den näst största produktionskapaciteten i Sverige med en effekt på 591 MW. Umeälvens vilda lax försvann helt på 50-talet, men i det fritt strömmande biflödet Vindelälven kan vild lax föröka sig. Kraftverket spärrar dock vägen upp till Vindelälven från havet. Stornorrfors har Sveriges längsta fisktrappa på 240 meter förbi dammen vid Norrforsen. Regleringen av vattenflödet och olika vandringshinder gör dock att fisken har svårt att hitta rätt väg

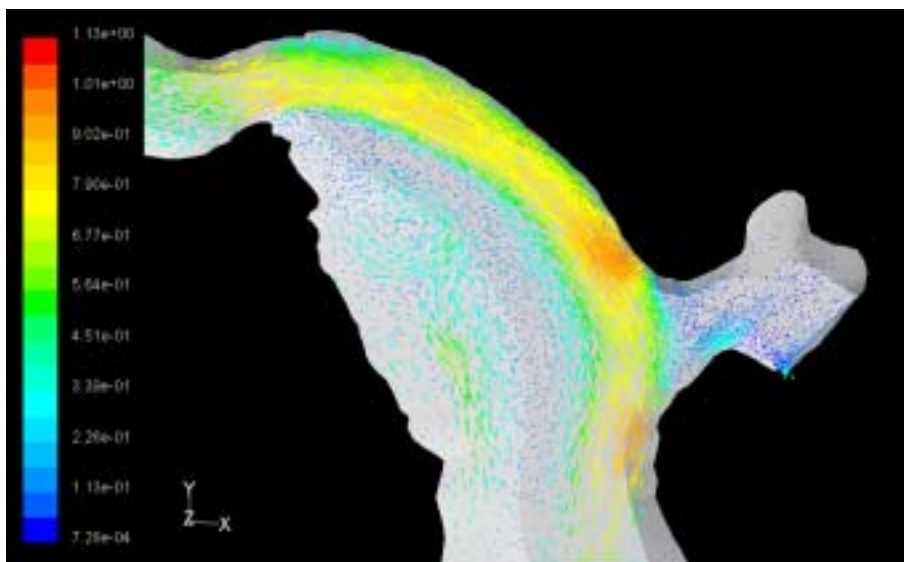


Projekt:

Flödesregimens effekt på laxens vandring i ett bypasssystem: observationer och modellering av passage av kraftverksbyggnader

SLU, Umeå samt Chalmers, Göteborg

Projektledare är **Hans Lundqvist**, professor i fiskbiologi vid Vattenbruksinstitutionen, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU). Projektet är tvärvetenskapligt och i gruppen ingår fiskbiologer, matematiker och hydrologer. Arbetet fortsätter i etapp 2 av programmet med att utveckla tekniska lösningar för laxens passage och att vidareutveckla de generella flödesmodellerna.



Matematisk flödesmodell som visar strömförhållandena i en del av Ume älv.

genom den gamla älvfåran, vidare till fisktrappan och lekområdet i Vindelälven på 23 mils avstånd från älvmynningen (se karta). Resultaten från projektgruppens arbete visar att vattenflödet är så högt från själva kraftverksutloppet att fiskarna har svårt att känna av den svagare strömmen som visar vägen till den gamla älvfåran. Dessutom måste fisken ta sig förbi en svår passage i den gamla älvfåran vid Baggeböleforsen. Undersökningarna visar bland annat att en stor andel laxar återvänder till havet när strömmen inte kan styra dem rätt. Endast en tredjedel av fisken från Östersjön som passerar Umeå når slutligen trappan. Projektet har gjort genetiska undersökningar för att utesluta att det handlar om främmande lax som simmat fel och därför vänder på vägen.

Projektgruppen har märkt fisk och spårat laxens rörelsemönster upp för älven, dvs. fiskens tvådimensionella position, med hjälp av radiopjeling. Framöver kommer det också vara möjligt att mäta fiskens djupläge med ett särskilt ekolod. Om flödet samtidigt mäts och tredimensionella matematiska flödesmodeller skapas genom beräkningar, så kan de förhållanden under vilka fisken hittar rätt väg identifieras. Modelleringen visar vilka strömförhållanden som fiskarna föredrar och resultaten kan därför användas även i andra älvar som liknar Umeälven och Vindelälven. I förlängningen så ska den nya kunskapen användas för att konstruera bättre laxtrappor och passager i reglerade älvar. Nästa steg i projektet är att testa olika tekniska lösningar för att öka strömmen vid ingången till fisktrappan för att leda fisken rätt. Dessutom kan den nya kunskapen hjälpa vattenkraftföretagen att planera för ett mönster av vattenflödet som underlättar för fiskens vandring. Både för hur vattnet bör strömma och under vilka tidpunkter under året som flödet bör vara högt.

Ett annat problem vid Norrforsen och andra kraftverk är att många laxar när de väl tagit sig upp för fisktrappan faller tillbaka över utskoven om kraftbolaget just då måste tappa vatten (så kallat spillvatten). Hur stort problemet är har man idag ingen klar uppfattning om. Projektet



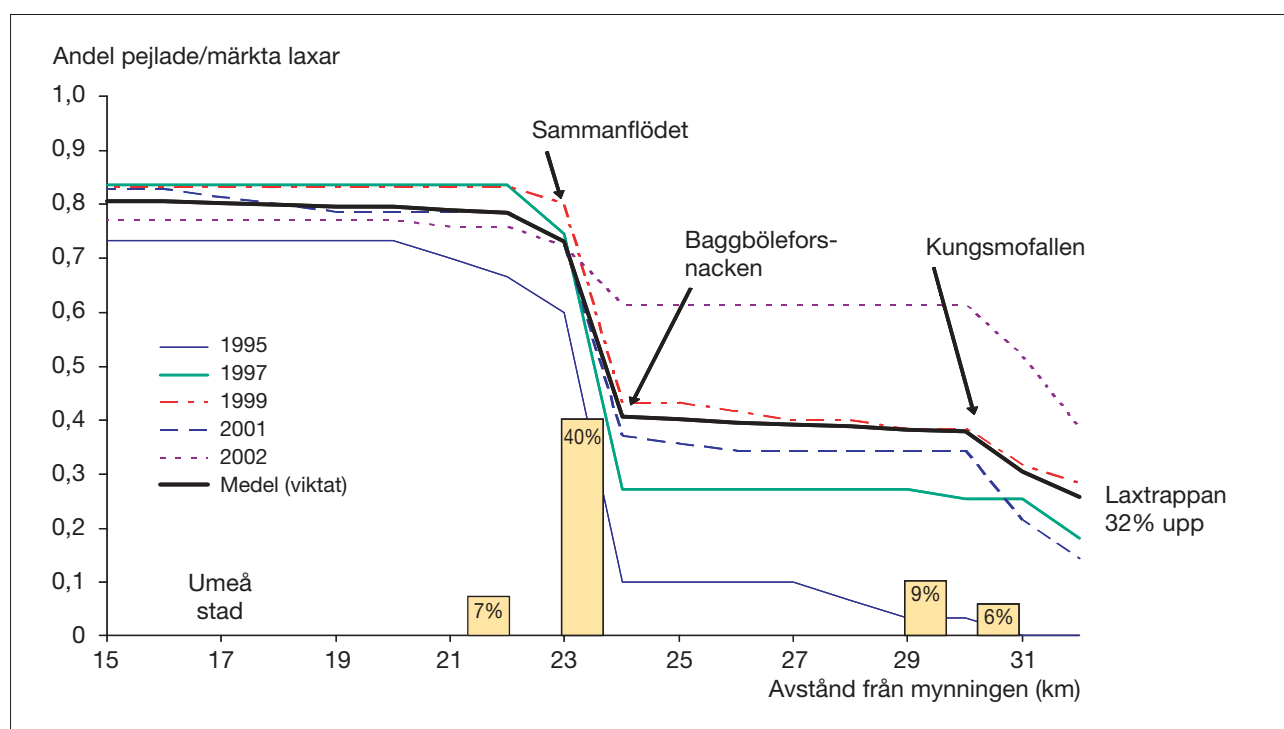
kommer att även följa laxens uppströmsvandring när de lämnar fisktrappan. Bättre kunskap om hur flödet påverkar fiskens rörelsemönster kan användas för att skapa lösningar vid dammen som gör att laxen leds vidare uppströms efter fisktrappan.

Smolten följer den starkaste strömmen

Projektet har även påbörjat kartläggning av smoltens rörelser nedströms från reglerade vattendrag, både i Umeälven och Piteälven, eftersom det idag saknas grundläggande biologisk kunskap om vad som styr tidpunkt och väg för färden. Radiomärkta fiskar har släppts ut ovanför dammen och deras väg nedströms har följts med radiopejling. Rörelserna har kopplats till vattenflödet och bottenens utseende. Det visar sig att laxynglen följer den starkaste strömmen med följden att de oundvikligen passerar kraftverkets turbiner där många laxsmolt skadas eller dör. Genom att konstruera dammen och trappan på ett sådant sätt att strömmar bildas som leder smolten bort från huvudströmmen och ner i fisktrappan så skulle fler laxsmolt överleva färden till Östersjön. Projektgruppen fortsätter sitt arbete att studera den nedströmsvandringen under etapp 2.

Sammantaget bedömer projektgruppen, som tillsammans med amerikansk expertis utvärderat laxens tillstånd i Umeälven, att det totalt ger större effekt på återväxten att sätta in åtgärder som förbättrar den vuxna fiskens vandring uppströms, än smoltens nedströms vandring. Forskargruppen uppskattar att om andelen lax som passerar laxtrappan ökar till hälften, mot dagens tredjedel, så kommer antalet uppvandrande fisk om 10–15 år att öka med flera hundra procent.

Sammanställning av fem års radiopejling av lax. Figuren visar andelen pejlade laxar i olika partier av älven. De genomsnittliga förlusterna är markerade med staplar.



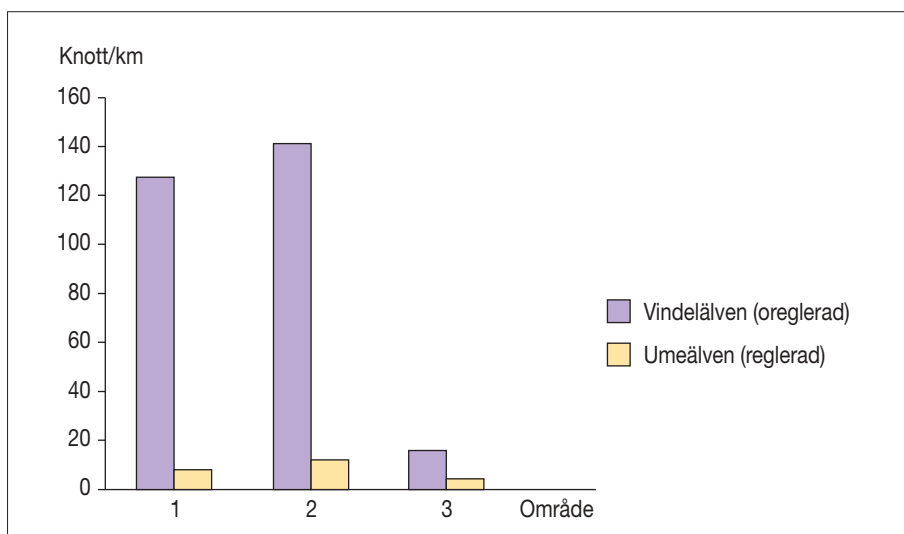
Knott, stor betydelse av liten fluga

Det är välkänt att vattenkraftverk påverkar ekosystemen i strömmande vattendrag. Däremot vet man mycket lite om konsekvenserna av älvregleringar för djur och växtliv på land. Umeå Universitets forskningsprojekt syftar till att undersöka i första hand hur knott, en viktig länk i näringsväven vid norrländska älvar, påverkas av vattenkraftsutbyggnad och hur det i sin tur påverkar andra arter och människan. Knotten har flera roller i ekosystemet; föda till fisk och fågel, sjukdomsspridare, med mera.

Projektet har jämfört mängd och arter av knott vid reglerade och oreglerade älvar, samt arter och mängd fåglar och förekomsten av blodburna parasiter som sprids med knottbett. Dessutom har projektet undersökt knottens hälsopåverkan på människor vid fritt strömmande och utbyggda älvar.

Miljarder knott

Knott består av flera olika arter små flugor, de flesta blodsugande, som är betydelsefulla aktörer i ekosystemen runt älvar. För varje kilometer fritt strömmande älv kan upp till en miljard knott produceras under vår och sommar. Knotten lever den första delen av sitt liv som larver vid botten i strömmande vatten där de livnär sig på partiklar i vattnet.



Total täthet knott

De medverkar till att hålla kvar näringen längre i älvarnas näringsfattiga vatten, vilket gör knotten till en nyckelaktör för själva basen i älvekosystemet. I en reglerad älv försvinner dock många forsar och vattnet blir mer stilla – en sämre miljö för larvernas överlevnad.

Forskargruppen har med hjälp av en håv som monteras på biltak samlat och räknat knott samt kartlagt arterna vid de oreglerade Vindelälven, Piteälven och Kalixälven, samt de reglerade Umeälven, Luleälven och Skellefteälven. Resultaten från undersökningarna visar tydligt att utbyggda älvar producerar mindre antal knott. En orörd älv kan ha upp

Projekt:

Indirekta effekter av älvregleringen i Sverige. Inverkan på omgivande land-ekosystem genom förlusten av massutvecklande insekter från älvarnas forsar

Umeå Universitet samt
Lunds Universitet

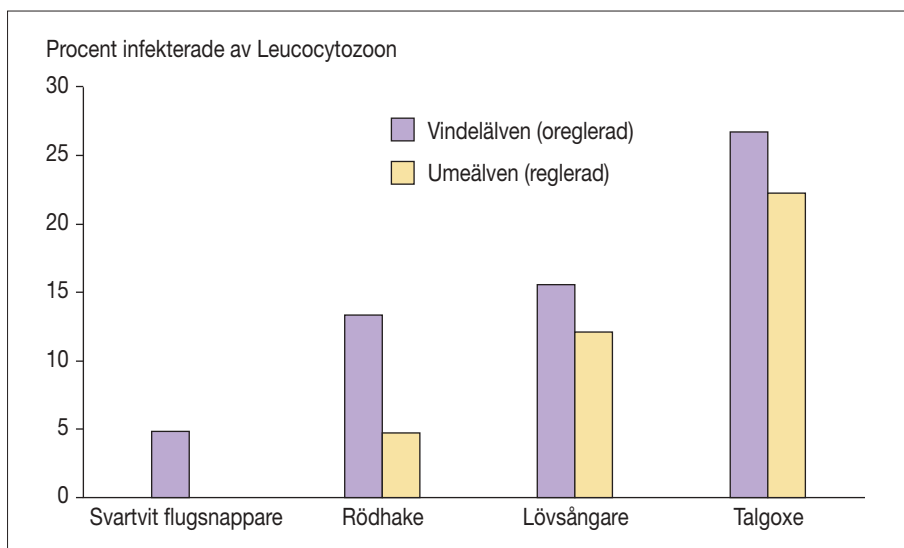
Projektledare är **Björn Malmqvist**, professor i ekologi vid Institutionen för ekologi och geovetenskap vid Umeå Universitet. Hans specialintresse är ekologi i strömmande vatten. En doktorand i ekologi har arbetat i projektet och dessutom finns samarbete med molekylärekonologer från Lunds universitet och utländska forskare.

till 100 gånger mer knott. Under insamlingen identifierades ett 25-tal olika arter av de ungefär 60 kända svenska arterna. Nästa fråga var om skillnaden i antalet knott påverkar landekosystemet på något sätt. Knotten är föda för till exempel andra insekter, fåglar och fisk. Fåglar som äter knott borde därför missgynnas av att knotten minskar. Å andra sidan kan knottens bett försvaga fåglar. Både negativa och positiva effekter skulle alltså kunna synas hos fåglarna kring en reglerad älv där knotten är färre.

Större häckningsframgång vid orörd älv

Forskargruppen har identifierat fågelarter och räknat fåglar vid samma älvar som ovan. Resultaten från fågelobservationerna visar preliminärt inte på att det är någon stor skillnad på småfågellivet vid reglerade och oreglerade älvar. Däremot får svartvit flugsnappare, en art som äter knott, fler livskraftiga ungar när de häckar vid fritt strömmande älvar jämfört med de par som häckar vid reglerade älvar. En orsak kan vara att flugsnappare vid oreglerade älvar har bättre tillgång på föda tack vare att det finns mer knott. Vattenanknutna fåglar, t.ex. änder och måsar, är dock vanligare i de reglerade älvarna, vilket troligtvis beror på att de reglerade älvarna liknar en sjö, snarare än på mängden insekter.

Ibland smittar knotten sina värddjur med blodparasiter som kan göra djuret sjukt. I så fall skulle vissa fågelarter vid reglerade älvar kunna gynnas av knottens nedgång. Betydelsen av dessa parasiter har uppmärksamats först på senare år. Därför jämfördes också om fler fåglar vid orörda älvar än vid utbyggda älvar är infekterade med blodparasiter. Resultat visar på mindre skillnader än förväntat, till följd av skillnaderna i antalet knott. För de fyra mest observerade arterna (svartvit flugsnappare, rödhake, lövsångare och talgoxe) var dock infektion av Leucocytozoon-parasiten genomgående högre längs den fritt strömmande Vindelälven än längs den reglerade Umeälven. Resultaten visar också tydligt att det är stora skillnader i hur vanligt blodparasiterna förekommer mellan olika fågelarter.



En högre andel parasitinfekterade fåglar påträffades vid den oreglerade Vindelälven.

Knotthonorna, som suger blod inför äggläggningen, föredrar vissa värd-djur. För att öka förståelsen för hur knotten interagerar med ekosystemet har forskargruppen kartlagt vilka djur som olika knottarter föredrar. Tillsammans med Lunds Universitet har DNA-analyser på blodet från infångade knotthonor utförts. Det är en metod som gör att man för första gången kan identifiera vilka djurarter som specifika arter av blod-sugande insekter bitit. Grovt kan knottarterna delas upp i två huvud-grupper, en som föredrar däggdjur och en som föredrar fåglar. En för-kärlek för stora arter var tydlig (som älg, ren, tjäder, orre) men knotten suger också blod från mycket vanliga mindre arter som sorkar och löv-sångare.

Fler läkarbesök vid orörda älvar

Vi människor kanske främst av allt märker av knott när vi blivit bitna. Betten kliar och irriterar och många får kraftiga och ömmande bulnader. Endel är också överkänsliga och tvingas uppsöka läkare för be-handling. En enkätundersökning visade att det i genomsnitt var 2,5 gånger fler läkarbesök vid fritt strömmande vatten än vid reglerade älvar. Enkäten skickades till samtliga vårdcentraler och sjukstugor i Norrbottens och Västerbottens län.

Det är mycket komplexa samband som binder samman arter och deras livsmiljöer i ekosystemen. Faktorer som väder, årstid, årssvängningar, övriga arters antal påverkar i hög grad förekomsten av knott. Detta projekt har emellertid gett flera viktiga pusselbitar till bilden av kopp-lingen mellan olika ekosystem, det i älvens vatten och det på land. Den ökade kunskapen ger ytterligare underlag för bedömning av miljöpå-verkan som vattenkraften kan orsaka.



Artbestämning av knott.

GIS och satellitdata för kartering av älvsträndernas natur

Växt- och djurlivet i landskapet kring en reglerad älv påverkas av de konstruerade vattenmagasinen och det förändrade vattenflödet. Tidigare torrmark våtläggs och stränder som i en orörd älv regelbundet översvämmas blir torrare. Dessa förändringar krymper livsutrymmet för många arter som är beroende av älvarnas breda strandzon. De olika naturtyperna kring älvstranden, biotoperna, ligger som ett lapptäcke i små öar i ett annars ganska kargt landskap. Därför är de helt beroende av kontakten med liknande ekosystem för att kunna överleva på lång sikt. KTH har utvecklat en ny metod som snabbt och till låg kostnad ger kunskap om hur den ekologiska kartan kring en älv ser ut. Syftet är att ge underlag för beslut om hur åtgärder för att restaurera naturen kring älvarna bäst sätts in.



Den sällsynta växten vattenaloe i en sjö som har förbindelse med Ljusnan.

Snabbare och billigare med digitala kartor

Genom att använda GIS, (geografiska informationssystem) och satellitdata istället för tidskrävande fältinventeringar så kan stora områden kartläggas till en låg kostnad. Dessutom förenklas kontinuerlig uppföljning och övervakning av naturens status kring älvarna. Den traditionellt använda metoden att inventera ute i fält ger tillförlitliga data, men kräver mycket arbete och tar lång tid. Modellen som utvecklats i projektet är en grund till ett praktiskt verktyg som kraftföretag, länsstyrelser och myndigheter kan använda till beslutsunderlag för miljöåtgärder, övervakning av miljötillståndet och bedömning av naturvärden kring en reglerad älv.

Projekt:

Rehabilitering av vatten- och strandbiotoper genom ekoteknik – objektprioritering med stöd av fjärranalys och GIS

*Kungliga Tekniska
Högskolan, Stockholm*

Gunno Renman, docent vid Institutionen för mark och vattenteknik KTH arbetar med ekoteknik och har varit projektledare för projektgruppen som består av ekologer, tekniker och lantmätare.

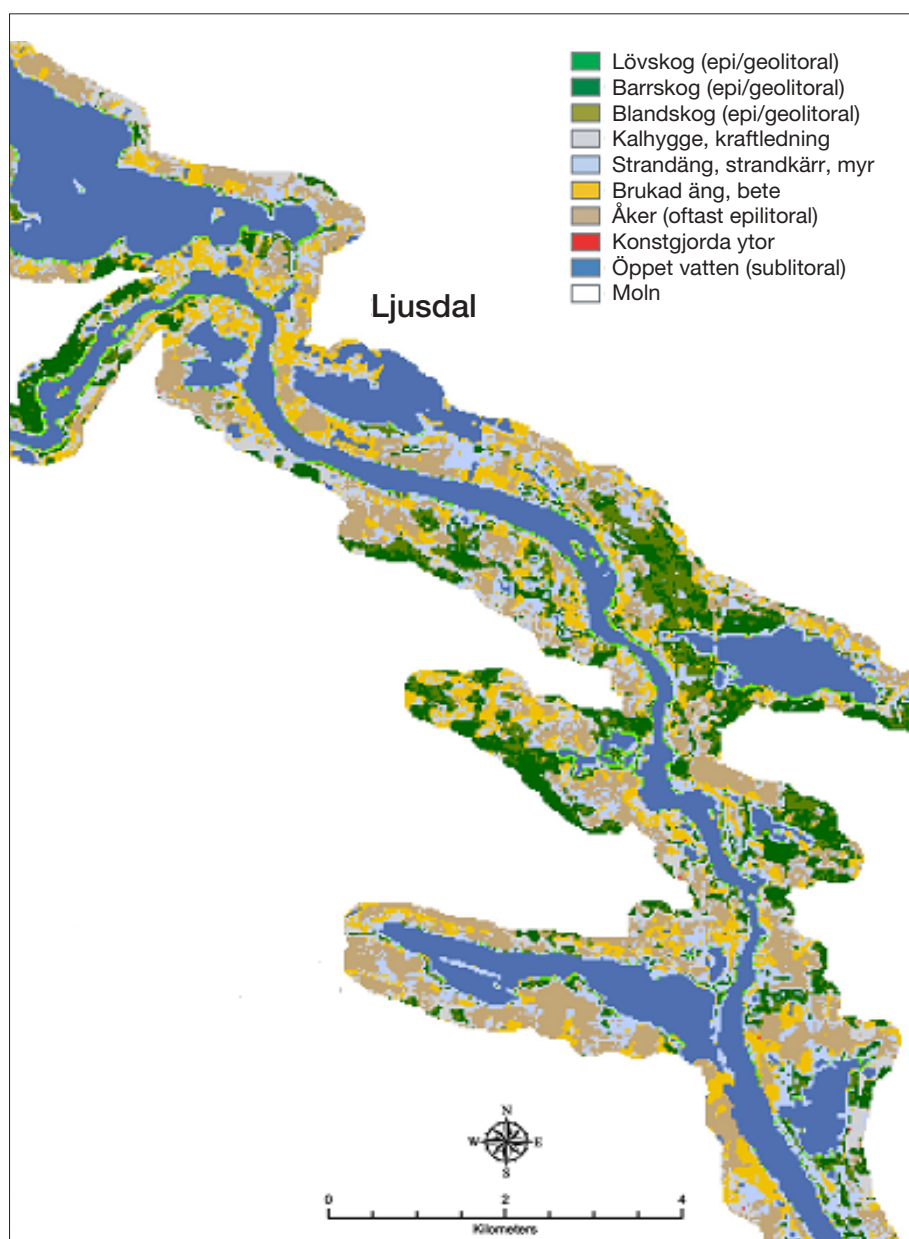
Övergången mellan olika biotoper i landskapet är sällan skarpa och tydliga för ögat, istället sker en gradvis övergång. Genom att kombinera data från satelliter, flygfoton och tidigare fältinventeringar så skapades digitala kartor indelade efter olika biotoper längs älven Ljusnan. Det finns sedan tidigare några metoder som använder GIS för att kartera naturen vid strandzoner, men dessa kräver ändå en ganska stor arbetsinsats i fält. Metoden som KTH har utvecklat kombinerar geografisk information från satelliter, digitala kartor och sk beslutsträdsanalys. Slutresultatet blir en kartering och klassificering av nio olika naturtyper kring älven. Metodiken som utvecklats i detta projekt är lämpad att använda för kartering av alla älvar i Norrland.

Studien har utförts på Ljusnan i Södra Norrland, en älv som varit reglerad sedan i början av 1900-talet och som idag har ungefär 25 större kraftverk. Älven kan sägas vara starkt påverkad av vattenkraftsutbyggnaden. 215 av älvens totala sträcka på 315 kilometer har kartlagts och delats in i nio olika klasser av naturtyper, biotoper. Området som har karterats kring Ljusnan omfattar SMHIs översvämningsskartor för det maximala flödet under en 100 års period, plus 200 meter. Det är ett mycket större område än de som vanligtvis kan täckas med en fältinventering. Upplösningen är hög på den digitala kartan – den minsta enheten en pixel motsvarar en ruta på marken som är 30 gånger 30 meter.

Med traditionell användning av satellitbilder tolkas markanvändningen genom att omforma långvågig strålning från jordytan. På senare år har tolkningsmöjligheterna utvecklats och allt mer avancerade databehandlingar och analyser är möjliga. För att studera naturtyper är data som geologi, jordart, topografi, grundvattenläge och närhet till vattendrag intressant. Med hjälp av expertkunskap tas kriterier för klassificeringen fram och dessa ligger sedan till grund för den slutliga databehandlingen och bedömningen. Med hjälp av beslutsträdsanalys, en matematisk modell, kombineras data så att de tillsammans ger underlag att klassificera biotoperna.

De nio biotopklasserna på den färdiga kartan är lövskog, barrskog, blandskog, kalhygge, strandäng/strandkärr/myr, betesäng, åker, bebyggda miljöer samt öppet vatten. Biotopkartan visar att stora områden fortfarande påverkas av älvens flödesmönster, trots att Ljusnan är ett reglerat vattendrag. Av detta framgår att en stor mångfald av biotoper fortfarande finns kvar trots utbyggnaden och kan utvecklas. Öppet vatten utgör nära 45 procent av den totala ytan, dvs undervattensbiotoper. 11 procent är åker, medan gruppen som innehåller biotoperna strandäng, strandkärr och myr motsvarar 12 procent av totala ytan. Betesmarken täckte hela 10 procent, vilket tillsammans med åkerytan visar att denna bygd i stort är präglad av jordbruk. De övriga biotoperna hade följande fördelning; barrskog 9 procent, kalhygge och kraftledningsgator 9 procent, blandskog 3 procent, lövskog 2 procent och slutligen övriga ytor som t ex vägar 0,1 procent.

Satellitdata har utvecklats under de senaste 30 åren och tekniken, både data från satelliter, analysmetoder och datatekniken, fortsätter att för-



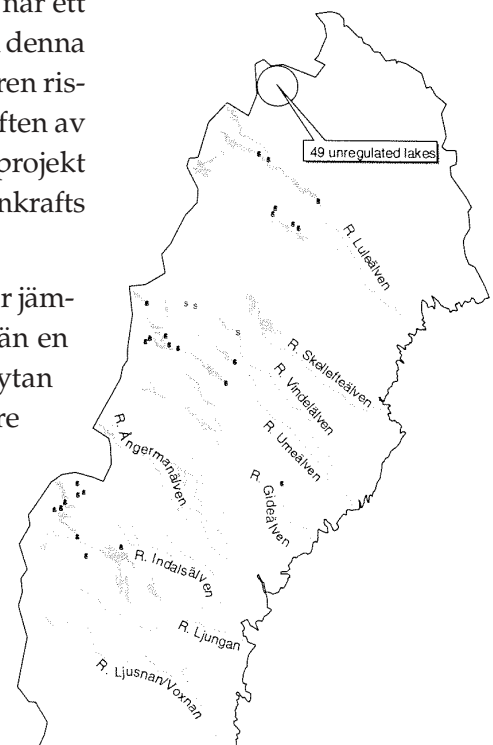
Ljusnan

finas. Det är även möjligt att göra kartor med många fler biotopklasser genom att ytterligare utveckla metoden. Den nuvarande klassificeringen är mindre detaljerad än den som kan erhållas från fältundersökningar. Med fler klasser är det möjligt att lägga in funktioner för att bedöma och prioritera platser för restaureringsåtgärder. Strategiska insatser som stärker samspelet mellan de splittrade biotoperna av samma klass kan då göras och åtgärder kan sättas in där det bäst behövs på ett kostnads-effektivt sätt. Exempel på en åtgärd kan vara anläggning av våtmarker i områden där små biflöden ansluter till huvudälven. På dessa platser är det möjligt att återskapa miljöer som har den fritt strömmande älvens naturliga vattenståndsvariation.

Utsläpp av koldioxid från regleringsmagasin

Utländska studier i bland annat Kanada och i tropiska områden har visat att den naturliga avgången av koldioxid kan öka betydligt när ett regleringsmagasin anläggs. Det är viktigt att få bättre kunskap om denna koldioxidavgång med tanke på att ökad koldioxidhalt i atmosfären riskerar att förändra det globala klimatet. Dessutom är ungefär hälften av elproduktionen i Sverige vattenkraft. Huvudsyftet med detta projekt var att ta fram bättre grundfakta för bedömningen av svensk vattenkrafts miljöeffekter.

Resultaten visar att koldioxidutsläppen från svensk vattenkraft är jämförelsevis små. Regleringsmagasinen avger inte mer koldioxid än en vanlig sjö, men utsläppen ökar ändå totalt sett eftersom vattenytan blir större. Svenska regleringsmagasin ger dock ifrån sig mindre koldioxid än magasin i andra områden på norra halvklotet. Med hjälp av resultaten från projektet kan utsläppen från svensk vattenkraft jämföras med utsläppen från vår elproduktion med fossila bränslen. Det visar sig då att vattenkraftens utsläpp i sammanhanget är små. Ökningen av koldioxidutsläpp som de utbyggda älvarna i norra Sverige orsakar motsvarar ungefär 1,5 procent av utsläppen från hela den svenska elproduktionen med fossila bränslen.



Ingen skillnad på sjöar och magasin

Det är processen när organiskt material bryts ned som gör att alla vattendrag, både naturliga och konstgjorda, avger koldioxid. Hur mycket varierar och beror på sjöns karaktär, till exempel hur näringsrik den är. Projektgruppen ville undersöka om det finns skillnader mellan naturliga sjöar och anlagda vattendrag. För att mäta koldioxidhalten, och därmed nedbrytningen, togs vattenprover i 26 större vattenmagasin i fjällen i södra, mellersta och norra Norrland. Resultaten jämfördes med utsläppen från fjällsjöar i Norrland. Dessutom gjordes likadana tester i Västerbotten, närmare kusten för att kunna göra motsvarande utvärdering för magasin i skogslandskapet.

Provtagningarna visar att vattnet är övermättat på koldioxid och att magasinerna, liksom sjöar, ger ett tillskott av koldioxid till luften. Naturliga fjällsjöar och vattenmagasinen i fjällen släpper ifrån sig ungefär lika mycket. Fjällmagasinen är näringsfattiga och avger därför mindre koldioxid per kvadratmeter än de allra flesta sjöar i övriga Sverige. Proven visar också att de magasin som är näringsrikast och innehåller mest organiskt kol ger ifrån sig mest koldioxid. Provtagningarna i vattendrag i skogslandskapet – i magasinet Skinnmuddselet och sjön Örträsket i Västerbotten – tyder på att det inte heller i skogslandskapet är några stora skillnader mellan anlagda och naturliga vatten. De svenska magasinerna har jämfört med andra magasin på norra halvklotet låga utsläpp, vilket beror på att de anlagts i fjällnära områden med liten

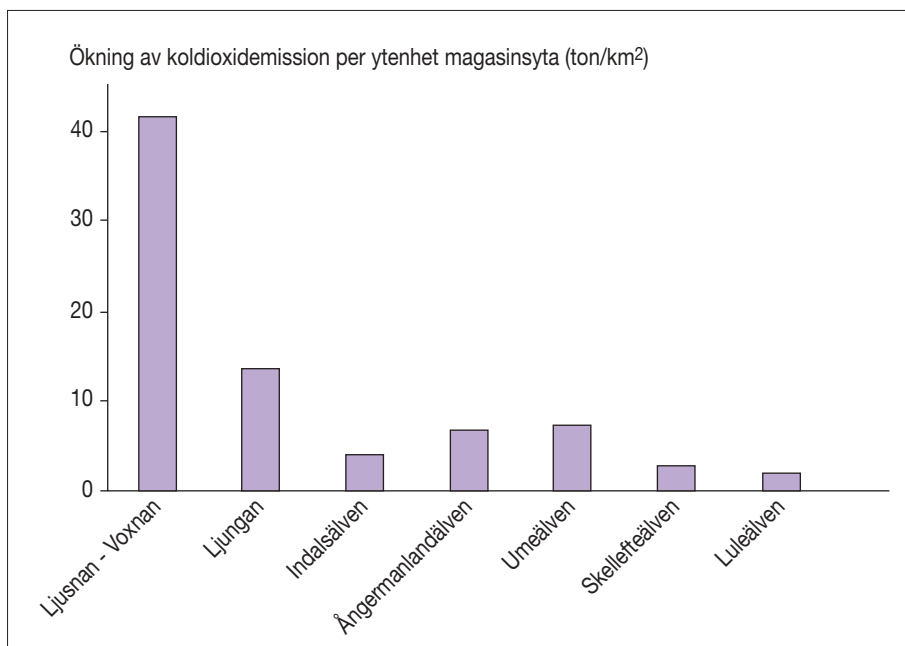
Projekt:

Emissioner av växthusgaser från kraftverksmagasin

Umeå Universitet samt Uppsala Universitet

Projektledare är Mats Jansson, professor i naturgeografi vid Umeå Universitet. Han arbetar med ekosystem och kolets kretslopp i sötvatten. Uppsala Universitet har också deltagit i projektet under ledning av professor Lars Tranvik.

växtlighet. Därför blir det också ett mindre tillskott av organiskt material när magasin anlagts på skogsmark. Dessutom har svenska magasin främst förlagts till redan befintliga sjöar, vilket betyder att ökningen av ny vattenyta inte blir så stor.



Ökning av koldioxidemission per ytenhet i de sju undersökta älvarna.

Tillskott av koldioxid

Totalt ger utbyggnaden av norrlandsälvarna en ökning av 50 000 ton koldioxid årligen till luften enligt forskargruppens beräkningar. Det motsvarar ungefär 1 procent av det som Sveriges alla sjöar tillsammans alstrar varje år. Men troligtvis blir den totala effekten av att anlägga en damm större än så. Anledningen är att det samtidigt försvinner växande mark som tar upp koldioxid från luften. Den kunskap som finns idag om upptaget av kol i mark är dock inte tillräckligt detaljerad för att kunna användas i beräkningar.

Magasinen i en utbyggd älv fungerar som ett förråd av energi som möjliggör att vattenflödet kan släppas på eller strypas beroende på hur mycket el som behövs för tillfället. Regleringen förändrar variationerna i styrkan på älvens vattenflödet – toppar och dalar jämnas ut. I en fritt strömmande älv skiftar flödet under året och är som allra störst när snön smälter i fjällen under våren. Vattnets strömmar spelar en viktig roll för ekosystemen kring älven. Det löser upp näringsämnen och mineraler och tar med sig sedimentpartiklar nedströms till havet. I en utbyggd älv är transporten av upplöst näring och mineraler mindre, bland annat på grund av det utjämnade flödet. Dessutom stannar en stor del av näringen kvar uppströms eftersom näringspartiklarna sjunker ner på botten i magasinen istället för att föras iväg med vattenflödet. Målet med detta projekt är att kunna uppskatta hur mycket som transporten av näring och mineraler minskar och beskriva hur de kemiska processerna i naturen påverkas av ett förändrat vattenflöde. Eftersom de flesta stora svenska älvar är utbyggda är det viktigt att få en bättre förståelse för hur produktionen av vattenkraft påverkar de storskaliga flödena av näring och mineraler. Den nya kunskapen som projektet gett upphov till kan ligga till grund både för att bedöma miljöeffekter av vattenkraftproduktion och för att planera för miljöförbättrande åtgärder i utbyggda älvar.

Orörd och utbyggd älv jämförs

Forskargruppen har jämfört den utbyggda Luleälven och den orörda Kalix älv. De har regelbundet tagit vattenprover längs älvarna under ett år för att undersöka hur vattenströmmarna påverkar transporten av olika ämnen. Halterna i vattnet av 18 olika metaller och ämnen har mätts och dessutom vattnets surhetsgrad, innehåll av syre och organiskt material kontrollerats. Med hjälp av flödesdata och vattenprovtagningarna har en databas byggts upp som innehåller alla uppgifter som krävs för att bedöma hur ämnena varierar under året på olika platser i älven. Dessutom har en matematisk modell för ämnenas väg i vattensystemen konstruerats. Modellen hjälper forskarna att få en bättre bild av hur halterna av olika ämnen har förändrats i den utbyggda Luleälven.

Luleälven är den största och viktigaste älven för vattenkraftsproduktion i Sverige, med 15 vattenkraftstationer. Här produceras ungefär en fjärdedel av svensk vattenkraft. Kalixälven är en av Europas största orörda älvar. Klimat och natur kring de båda älvarna är liknande och även om det finns skillnader i till exempel berggrund, så går det att göra vissa jämförelser.

Vattnet stannar längre i en utbyggd älv

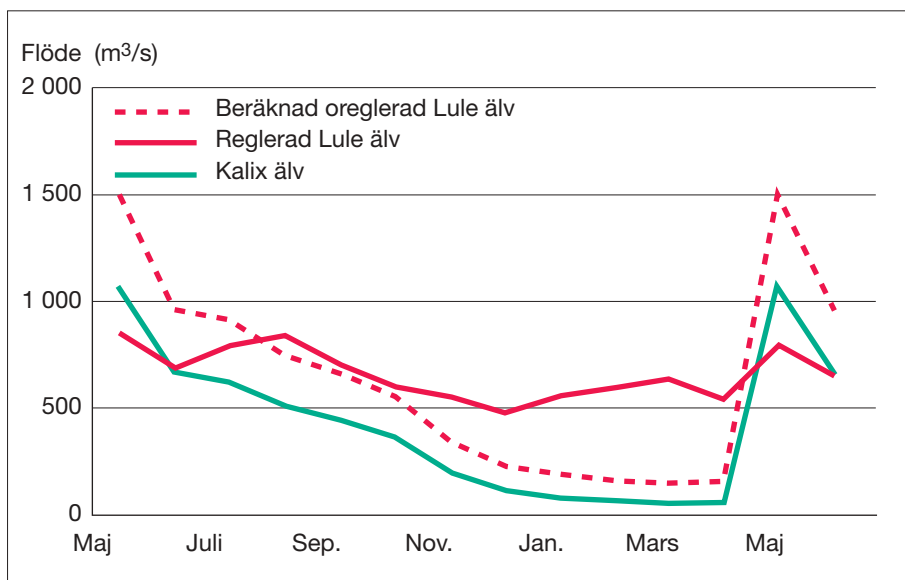
Resultatet av utbyggnaden i Lule älv är att flödet utjämnas över året - toppen vid vårfloden minskar och flödet under vinterhalvåret ökar.

Projekt:

Vattenkraftregleringens effekt på transporten av metaller och näringsämnen

SLU, Uppsala samt
Luleå Tekniska Universitet

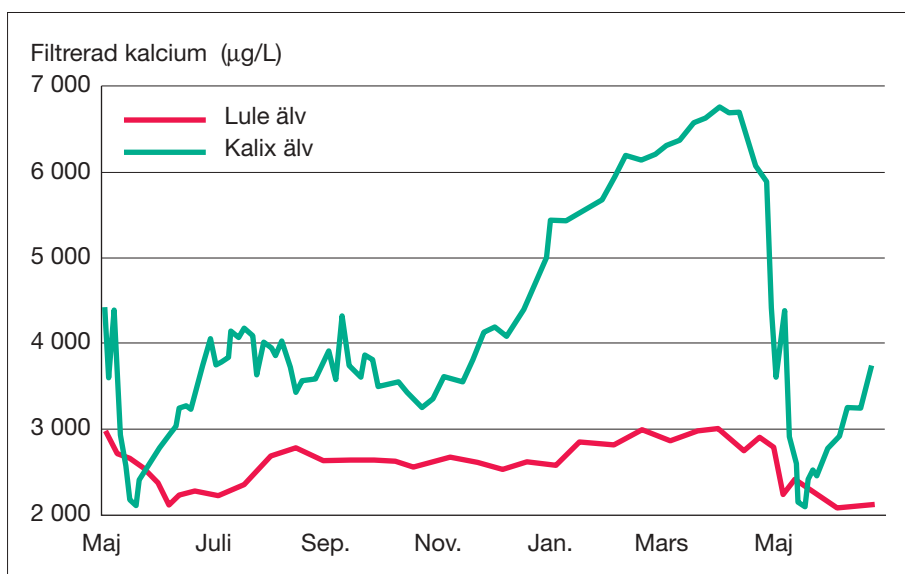
Anders Wörman, professor vid Institutionen för biometri och teknik vid SLU har varit projektledare för arbetet och utfört det tillsammans med Avdelningen för tillämpad geologi under ledning av Björn Öhlander på Luleå Tekniska Universitet.



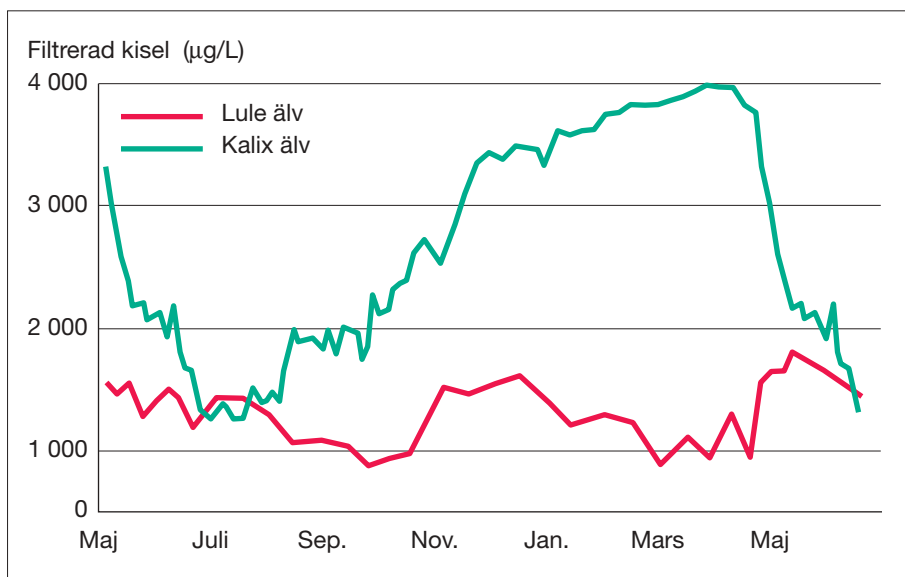
Jämförelse mellan flöde i Lule älv, Kalix älv samt en beräkning av oreglerad Lule älv.

Följden blir att vattnet alltid är väl blandat mellan ytan och botten, jämfört med de naturliga förhållandena i Kalixälven, där vinterhalvåret i vattnet präglas av stagnation och våren av turbulens. Forskargruppen har beräknat hur flödet varierade under året i Luleälven innan utbyggnaden och ser att flödestoppen under snösmältningen har halverats. En annan effekt av det reglerade vattenflödet är att vattnets uppehållstid i älven förlängs. Det innebär att olika kemiska och biologiska naturliga processer kan ske under längre tid i en utbyggd älv än i en orörd.

Med utgångspunkt från modellen och de regelbundna vattenprovtagningarna har forskargruppen kunnat uppskatta hur transporten av olika ämnen förändrats. När vattnet blir fattigare på näring och mineraler så kan det i sin tur få följder för växer och djur både i och längs älven samt i den kustnära zonen i Östersjön. Ett exempel är kisel. Kisel är ett viktigt ämne för vissa sorters alger, så kallade diatoméer. De bygger upp sitt skal av kisel och finns i både sötvatten och havsvatten. Vatten-



Koncentration av kalcium över ett år i Kalix älv och Lule älv.



Koncentration av kisel över ett år i Kalix älv och Lule älv.

provtagningarna visar att Lule älv har lägre halter av kisel jämför med Kalix älv, särskilt under vinterhalvåret. En sådan förändring skulle kunna ha betydelse för alg tillväxten, och påverka ekosystemet i älven eftersom alger är föda för smådjur och fisk.

Bottenvattnet förändras

Med hjälp av vattenprovtagningarna och modelleringar av flöden och ämnens rörelse och halter i älvvattnet så har forskargruppen även kunnat se hur den viktiga bottenzonen påverkas av förändrade vattenflöden. Vattnet stannar upp till tio gånger längre i älven till följd av utbyggnaden och syrehalten är lägre i botten sedimenten, där älvvattnet blandar sig med grundvattnet. Mindre syre innebär sämre miljö för djurlivet. Bottenförhållandena är viktiga bland annat för lax och öring som lägger sin rom i bottengruset och om syrehalten sjunker försämras rommens möjligheter att överleva.