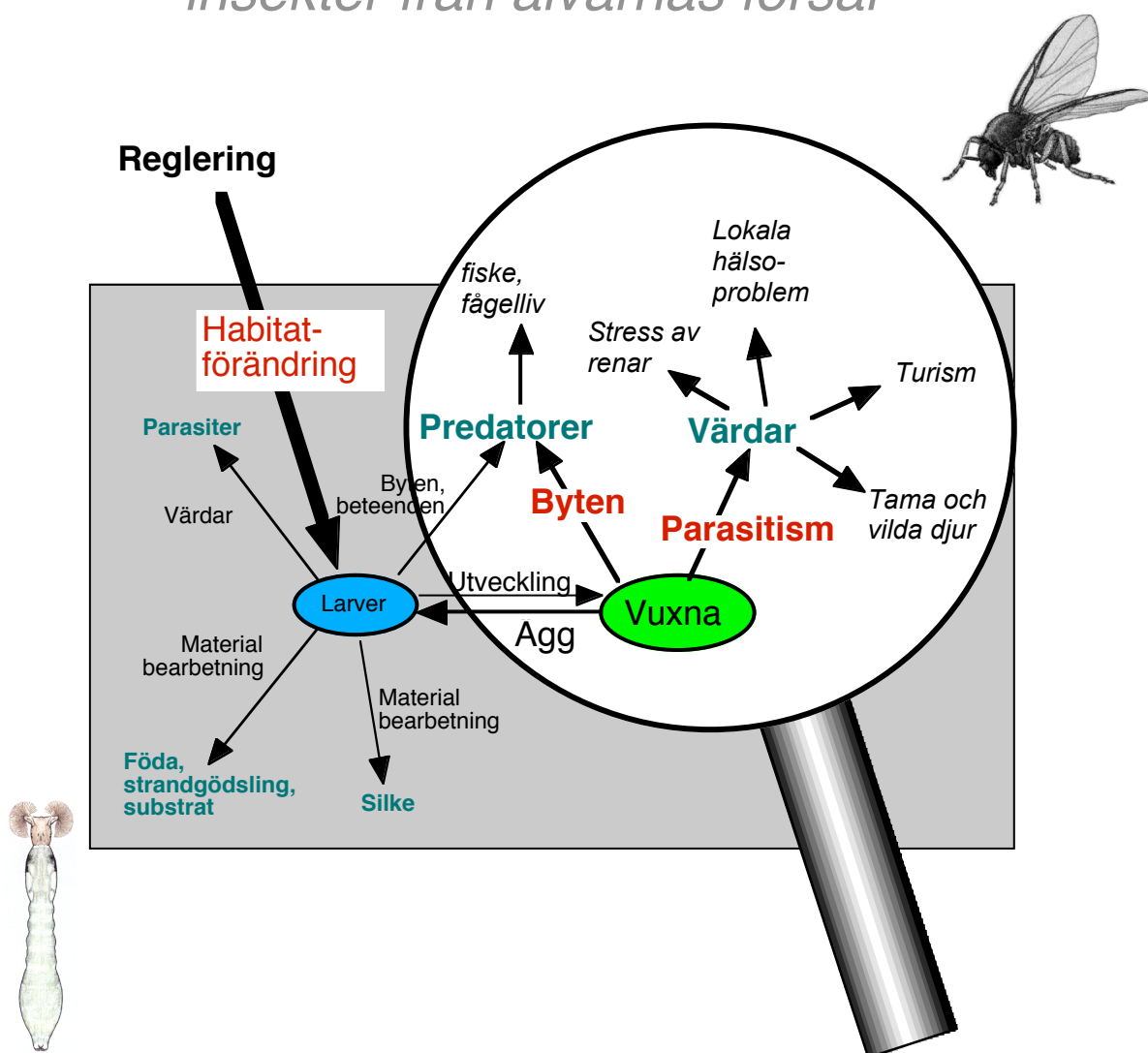


Slutrapport
november 2003

Indirekta effekter av älvregleringen i Sverige

*Inverkan på omgivande landekosystem
genom förlusten av massutvecklande
insekter från älvarnas forsar*



Projektledare: Björn Malmqvist (professor)
Darius Strasevicius (doktorand)
Ekologi och geovetenskap, Umeå universitet

Synopsis

Våra undersökningar visar att antalet knott minskar efter vattenkraftutbyggnad till följd av att larvernas livsmiljöer försvinner. Ofta förekommer arter i upp till 100 gånger högre tätheter längs de oreglerade älvarna. Detta beror till stor del på att hanarna stannar i närheten av de älvar från vilka de kläckts ut. För honorna är det annorlunda. För dem är inte bara parningen viktig utan i de flesta fall måste de även skaffa sig ett blodmål. Detta leder till en större spridning i landskapet vilket förklarar varför täthetsskillnaderna längs oreglerade och reglerade älvar ej är lika drastiska hos honorna. Beroende på älv, tidpunkt, art och undersökningsmetod är honorna bara 2-5 gånger vanligare längs de fritt strömmande älvarna än längs de reglerade.

En central fråga är huruvida dessa täthetsskillnader har någon betydande effekt. Våra data visar på flera uppenbara konsekvenser. Dessa gäller främst en högre infesteringsgrad av den till fåglar knottspridda blodparasiten *Leucocytozoon*. Enligt en enkätundersökning, konstaterades dessutom ett 2-3 gånger större antal sjukbesök p.g.a. knottbett vid vårdcentraler belägna längs fritt strömmande vatten. När det gäller fågeltätheter pekar undersökningarna inte på någon markant skillnad mellan reglerade och fritt strömmande älvar. Häckningsdata ger dock vid handen att vissa arter, exempelvis svartvit flugsnappare (insektsätare), uppvisade en något bättre produktion av ungar längs fritt strömmande älvar än längs reglerade älvar.

En banbrytande del av projektet visar att det nu är möjligt att identifiera vilka värddjursarter som knotten sugit blod från. I samarbete med Lunds universitet (docent Staffan Bensch och doktorand Olof Hellgren) har vi kunna koppla ihop värd- och parasitarter på ett sätt som betydligt ökar vår förståelse av hur de interagerar. Därmed kan också den storskaliga påverkan som älvregleringen har på naturliga populationer förstås bättre. Våra resultat visar att honornas jakt är inriktad på värddjur med stor kropps massa och/eller hög täthet. Vi kunde också konstatera att knottarter är specifika vid valet av däggdjur eller fåglar som värdar. Hos däggdjursparasiterande arter är det främst älg som förser knott med blod, men en grupp av knott angriper huvudsakligen sorkar. Bland fågelparasiterande arter, kanske de mest drabbas av älvregleringen, var skogshöns den viktigaste gruppen värddjur.

Vi konstaterar vidare att om man vill bekämpa knott är det absolut nödvändigt att väga in betydelsen av knottens larvstadier. Till skillnad från vuxna knott har nämligen larverna en övervägande positiv betydelse. Detta eftersom de kan fungera som föda för diverse rovdjur (t.ex. laxartade fiskar) men även för retentionen av organiskt material i älvarna (som vi tidigare rapporterat).

Våra resultat visar förutom på det faktum att knott är viktiga i älvlandskapet även på svårtolkade, komplexa mönster, exempelvis den stora variationen mellan olika år. Medan år 2000 hade en normal omfattning av knott var 2001 och i synnerhet 2002 relativt sett fattiga. Det föreligger även en stor heterogenitet med avseende på arters förekomst i tid och rum, väderleksförhållanden under datainsamlingen, mm. Trots dessa faktorer är detta ett synnerligen produktivt projekt. Hittills föreligger tre publikationer i internationella vetenskapliga tidskrifter och ytterligare ett antal är planerade. Projektet är ett doktorandprojekt vilket gör att det förhoppningsvis kommer att presenteras en avhandling som sammantaget med publikationerna kommer att utgöra ett gediget grundmaterial till nytta för naturvårdsarbete i Sverige.

Inledning

Projektet har löpt sedan sommaren 2000. Ordinarie slutdatum var 31 december 2002, men Statens Energimyndighet beviljade 2002-12-16 förlängd dispositionsrätt för detta projekt till och med 2003-11-30. Projektet är också ett doktorandprojekt och är i den meningen ännu ej avslutat. Tyvärr ändrades förutsättningarna för oss i och med att etapp II inte tillät ekonomiskt stöd för effektstudier av vattenkraftregleringen. Detta skapade problem, som ännu inte är lösta, nämligen finansieringen av projektets doktorand. Det var synnerligen beklagligt att vårt projekt, vid utvärderingen i april 2002, det enda med högsta betyg både för vetenskaplig kvalitet och originalitet inte kunde erhålla stöd för hela projektet. Detta problem till trots presenterar vi här en slutrapport där det framgår att en avsevärd mängd data genererats och att den vetenskapliga publiceringen kommit igång. Man bör dock beakta att vetenskaplig rapportering är en långsam process och att resultat från studien kommer att fortsätta presenteras under de kommande åren.

Projektets syften

Vår avsikt har varit att belysa en mindre känd effekt av vattenkraftregleringen i Sverige, nämligen att vissa insekter som tidigare massutvecklats reducerats kraftigt till följd av flödesförändringar orsakade av regleringen. Den insektsgrupp som kan tänkas ha störst betydelse i sammanhanget är knott, som tillhör familjen Simuliidae inom ordningen Diptera, eller 'tvåvingar'. I fritt strömmande älvar förekommer dessa insekters larver i oerhörda massor och har där stor betydelse för en rad ekologiska processer (se exempelvis Malmqvist m.fl. 2001 och bifogat manuskript). Genom att larvernas livsmiljö, snabbt strömmande vatten, förstörts antog vi att en naturlig följd skulle vara ändrade tillstånd när det gäller en rad olika ekologiska processer längs våra reglerade älvar. I älvnära system antog vi för det första att häckande fåglar skulle kunna vara påverkade. Detta skulle kunna vara en effekt dels av att knotten är blodsugande och sjukdomsspridande parasiter som kan skada fåglar och dels p.g.a. att de utgör potentiell föda för insektsätande arter. Både negativa och positiva effekter skulle alltså kunna uppträda hos fåglar. Även andra konsekvenser, såsom pollinering av växter, samt effekter på olika mänskliga aktiviteter som turism, jakt, fiske, husdjurskötsel och diverse utomhusarbete skulle kunna uppträda. För att balansera bilden av knotten som alltigenom negativa varelser kan man inte bortse från en rad fakta. Bland annat utgör deras larver viktig föda för varjehanda rovdjur, inklusive laxartade fiskar. Dessutom har de stor betydelse för bevarandet av organiskt material i vattendragen. Sammantaget har de i sin akvatiska fas en för ekosystemet övervägande positiv betydelse.

Vissa norrländska älvar är kraftigt utbyggda och består i princip av serier av magasin längs stora delar av sina lopp. Samtidigt finns det andra ännu outbyggda älvar. Dessa förhållanden har gjort att vi kunnat utforma studien som ett storskaligt experiment. Här har de oreglerade, fritt strömmande älvarna fungerat som kontroller och de reglerade älvarna som experimentella system, där de massutvecklande knotten "manipulerats bort". Därvid har Vindelälven, Piteälven, Kalixälvens, samt i någon mån Torneälven, fått representera oreglerade kontrollälvar. Dessa har studerats parallellt med Umeälven, Skellefteälven och Luleälven som "experimentella", reglerade älvar med i stor utsträckning kraftigt reducerade knottbestånd.

Det finns drygt ett sextiototal arter knott i vår fauna (Adler m fl 1999). Vi har sett det som en angelägen uppgift att ta reda på vilka arter som är viktigast i de nordsvenska systemen. Detta är viktigt bl.a. därför att en del arter bara utvecklas i mindre vattendrag, som därmed inte berörs av regleringen, medan andra är specifika för storälvar. Det skall genast påpekas att mängderna av de arter som utvecklas i små vattendrag tycks vara mycket mindre än av dem som utvecklas i de stora, fritt strömmande älvarna. Detta är ett direkt resultat av vår undersökning.

Olika knottarters värdspecificitet har tidigare varit i stort sett okänd. Vårt arbete möjliggör, förutom att kunna koppla ihop art av parasit med art av värdjur, även att vi kan analysera mera övergripande konsekvenser av att storälvsarter förlorats. Vår tidigare forskning har visat i vilka miljöer knottlarverna av många olika arter utvecklas. Att känna till identiteten hos arter som påträffas i landskapet, deras värdspecificitet samt larvernas uppväxtmiljöer är nödvändigt för såväl eventuella framtida bekämpningsprogram som förståelsen av viktiga processer i naturen.

Projektets genomförande

Kvantifiering av knott

Kvantitativ insamling av knott har skett med två metoder. Dels har den utförts med hjälp av håv (0.5 x 0.9 m) monterad på biltaket som fångar alla typer av flygande insekter (Davies & Roberts 1980), dels genom användandet av s.k. CDC fällor (CDC = Center for Disease Control), som attraherar blodsugande insekter med hjälp av koldioxid.

Insamling med biltakhåv har genomförts huvudsakligen mellan kl. 8 på morgonen och midnatt under perioden juni t.o.m. augusti 2000-2002. Under år 2000 skedde de flesta insamlingarna längs tre delsträckor i vardera Umeälven (reglerad) och Vindelälven (oreglerad). För att testa om insamling skett vid tidpunkter på dygnet som knotten är aktiva utfördes under flera dygn vid olika tidpunkter under sommaren biltakhåvning med 3 timmars intervall. Projektets fältarbeten har genererat ett mycket stort material av flygande insekter. Insamling med håv på biltaket har skett på hundratals sträckor omfattande sammanlagt mer än 5000 km.

CDC fällor sattes upp på lokaler nära (ca 1 km) älvarna. År 2000 undersöktes Vindel- och Umeälvarna under 5 dygn i juni/juli. Från och med 2001 användes CDC-fällor parallellt i älvpår (reglerad/oreglerad) med nio fällor per älv längs 3-5 km sträckor. Längs Ume/Vindelälvarna användes fällorna 14-15 juni och 1-2 juli 2001 samt 1-2 juli 2002. Längs Skellefte/Piteälvarna utfördes CDC fångsten 19-20 juni och 11-12 juli 2001 samt 11-12 juli 2002. Slutligen skedde insamlingar längs Lule/Kalixälvarna 21-22 juni 2001 och 4-5 juli samt 7-8 augusti 2002. I samband med CDC fångst utfördes även biltakhåvning för att undersöka de två metodernas eventuella selektivitet.

Både biltakhåvning och CDC-insamling är väderberoende metoder och stor vikt har därför lagts vid att göra insamlingarna vid temperaturer över 12 grader, svag eller ingen vind samt uppehållsväder (Ussova 1964).

Artbestämning av knott

Knottens taxonomi och utbredning i Sverige är genom tidigare arbete av Carlsson (1962) samt av vår forskargrupp hyggligt kända. Att identifiera knott är emellertid både svårt och tidsödande. Vi åkte i januari 2001 till USA för att få hjälp av den världsledande specialisten på området: professor Peter Adler vid Clemson University. Genom att använda mikroskop med dubbla uppsättningar av okular kunde de artspecifika karaktärerna, särskilt detaljer i könsapparaten, demonstreras. Professor Adler har för övrigt varit behjälplig i många delar av projektet.

Under projektets gång har mer än 70,000 knott bestämts till art.

Identifiering av värdarter

Vissa knottarter suger blod från fåglar, andra från däggdjur. Ur etisk synpunkt är man numera förhindrad att utföra exponeringsexperiment i naturen, vilket annars kunnat bidra till att undersöka vilka arter av knott som är kopplade till olika djurarter. För att lösa detta problem har vi använt en alternativ metod: DNA analys av blodfyllda, vildfångade honor. Honor av knott flyger ogärna efter en blodmåltid. Därför har vi behövt fånga åtskilliga tusen djur (i genomsnitt hade 3 honor av 1000 blod i sig) för att få ihop två hundra med blod som vi sedan analyserat. Detta arbete har skett i

samarbete med molekylärekologen docent Staffan Bensch vid Lunds universitet och hans doktorand Olof Hellgren. Metodiken har varit att efter amplifiering jämföra sekvenser av mitokondrie-DNA (cytochrome *b* genen), som tagits fram med hjälp av universalprimers för vertebrater, och med kända vertebratsekvenser i databasen GenBank. För arter av ryggradsdjur som saknats i databasen har sekvensering utförts. Detta har gällt flera arter av trastar. Även vårt eget mänskliga DNA analyserades individuellt för att utesluta risken att vi kontaminerat de prover som gav utslag för mänskligt blod.

Kvantifiering av fåglar

Räkning av fåglar har skett med hjälp av två metoder. Dels har tätheten uppskattats genom punktmetoden: vi har lagt ut sträckor längs med vilka punkter slumpvis placerats ut. I varje undersökningsområde har 30 punkter undersökts, 15 på varje sida av älven. På varje punkt har alla fågelobservationer registrerats under 5 minuter och varje observation har avståndsbedömts. Genom att anpassa detektionsfunktioner för en art kan dess täthet uppskattas. Fåglar på större avstånd än 200 m är ej medtagna. För detta ändamål använder vi programmet DISTANCE (Buckland m fl 2001). Vi har även utfört linjetaxering av vattenanknutna fåglar (t.ex. änder och vadare). I dessa fall har ett antal sträckor inventerats och antalet individer av olika arter registrerats. Dessa data har sedan justerats med hänsyn till de inventerade strändernas sinuositet genom att dividera strandlängd med älv längd. Fågelräkningarna utfördes under juni 2000 och 2001. Under 2000 undersöktes vid två tillfällen tre områden längs Ume- och Vindelälvarna. Under 2001 undersöktes även Skellefte- och Piteälvarna samt Lule/Kalix och Torneälvarna. För att minimera risken för väderpåverkan och tidseffekter inventerades fåglarna i varje älvpar samtidigt av två inventerare under år 2001.

Häckningsdata för fåglar

Vidare har häckningsdata för fåglar samlats in. Under åren 2001-2003 följdes häckningen hos en insektätande art, svartvit flugsnappare, längs delar av Ume- och Vindelälven i 60 uppsatta holkar. Under 2002 och 2003 var ytterligare 60 holkar uppsatta längs Skellefte- och Piteälvarna förutom de vid Ume- och Vindelälven. Holkarna besöktes under häckningstiden flera gånger per vecka. De responsvariabler som undersöktes var bl.a. ägglägningsdatum, antal bebodda holkar, kläckningsfrekvens och ungmortalitet.

Knottspridda blodparasiter

Knott överför en rad olika blodparasiter till fåglar inklusive maskar (filarier), haemosporidier, fågelmalaria (*Plasmodium*) och andra malarialiknande parasiter (*Leucocytozoon*). Vi har undersökt förekomsten av dessa parasiter längs reglerade och fritt strömmande älvar. För att utveckla vår kompetens har vi även på detta område sökt samarbete med världsledande expertis. I detta fall besökte en av oss (Darius Strasevicius) specialisten på området professor Gediminas Valkiunas vid universitet i Vilnius. Vi har därefter analyserat förekomsten av blodparasiter hos sammanlagt 434 fåglar av 27 arter fångade med slöjnet längs Ume- och Vindelälvarna. Blodprov från dessa ströks ut på objektglas, lufttorkades och fixerades. Efter infärgning med Gimsa undersöktes förekomsten av blodparasiter vid hög förstoring. Knott överför parasiter inte bara till fåglar, utan även till däggdjur. Här rör det sig främst om maskar av släktet *Onchocerca* vilka orsakar flodblindhet, en allvarlig och vitt spridd sjukdom hos människor i vissa tropiska länder. Andra arter *Onchocerca*-arter orsakar hos oss

skador hos ren och älg. Dessa har dock inte studerats i detta sammanhang, men utgör ett möjligt och potentiellt intressant framtida forskningsprojekt. Även björnar parasiteras av andra maskar (*Dirofilaria*).

Påverkan på människor och husdjur

Förutom effekter på olika djur i naturen påverkas människor på våra breddgrader av knottbett. Detta beror inte bara på att betten kliar och irriterar. Många får kraftiga och ömmande bulnader. Ledvärk, feber och depression är andra effekter som kan uppstå efter knottbett. Många är också överkänsliga och tvingas uppsöka läkare för behandling. För att belysa denna aspekt skickade vi ut enkäter till samtliga (67) vårdcentraler och sjukstugor i Norrbottens och Västerbottens län. Det inkomna materialet har sedan analyserats med hänsyn till upptagningsområdets läge i förhållande till reglerade och fritt strömmande älvar.

I Sverige attackeras kor och hästar av knott och det händer inte sällan att det leder till lidande och död hos dessa husdjur. Störst problem tycks föreligga i Mellansverige, särskilt i området kring nedre Dalälven, men även på annat håll exempelvis i Skåne och i Västergötland. Enligt veterinärer vi kontaktat hålls i norr ofta husdjur inomhus, med vederbörlig dispens, när insektsplågan är som störst.

Ytterligare aspekter

För att belysa ytterligare för projektet relevanta aspekter har reproduktionsbiologin hos de arter av knott som lever längs älvarna undersökts, särskilt beträffande äggantal och äggstorlek. Dessa mått är viktiga ur evolutionssynpunkt, men är även användbara för modellering av viktiga arters populationsdynamik. Vi mätte antal och storlek hos 23 arter knott. Syftet var att mäta äggparametrar från minst 25 honor. Kroppsstorleken kan påverka resultatet och varierar dessutom under säsongen (minskar). Därför använde vi vinglängd som kovariabel vid analyserna. Vinglängden utgjorde då en approximation för kroppsstorleken och vi kunde på detta sätt eliminera dess betydelse i analyserna. Kartläggningen av äggbiometrin hos ett stort antal arter knott är den första syntes som hittills gjorts av denna viktiga aspekt hos denna insektsgrupp.

Internationell samverkan

Ett samarbete mellan internationella knottforskare har utmynnat i ett gemensamt manuskript (bifogat). Detta syntetiserar vad man vet om knottens olika ekologiska betydelser, både med avseende på de vuxna knotten i det terrestra landskapet och de strömvattenlevande larverna. Särskilt betonas vikten av dessa djur med hänsyn till det boreala biomet. Av manuskriptet framgår bl.a. vilka förutsättningar som måste gälla innan eventuell bekämpning sätts in. Medförfattare av denna skrift är förutom projektledaren och Peter Adler även professorerna Richard W. Merritt, Michigan State University, USA och Roger S. Wotton, University College London, UK samt docenten Kalevi Kuusela, Universitetet i Oulu, Finland. Samtliga medförfattare är ledande inom olika områden av knottbiologin. Andra utländska forskare som vi diskuterat projektet med och fått viktiga synpunkter av är bl.a. Dr. Osmo Rätti, Lapplands universitet, Rovaniemi och Dr. Jan Ciborowski, Windsor University, Kanada.

Publikationsstrategi

En av projektets huvudmålsättningar har varit att producera ett antal artiklar i internationella vetenskapliga tidskrifter. En annan viktig målsättning är att Darius Strasevicius skall färdigställa sin doktorsavhandling inom ämnet.

Vi har en ambitiös plan att projektet till slut skall ha genererat nio vetenskapliga publikationer. Eftersom publicering är en tidsödande process och mycket analysarbete återstår kommer denna publicering knappast att kunna fullbordas förrän efter ungefär en period av tre år. Två manuskript är under tryckning, ett är under vetenskaplig bedömning och två är under bearbetning.

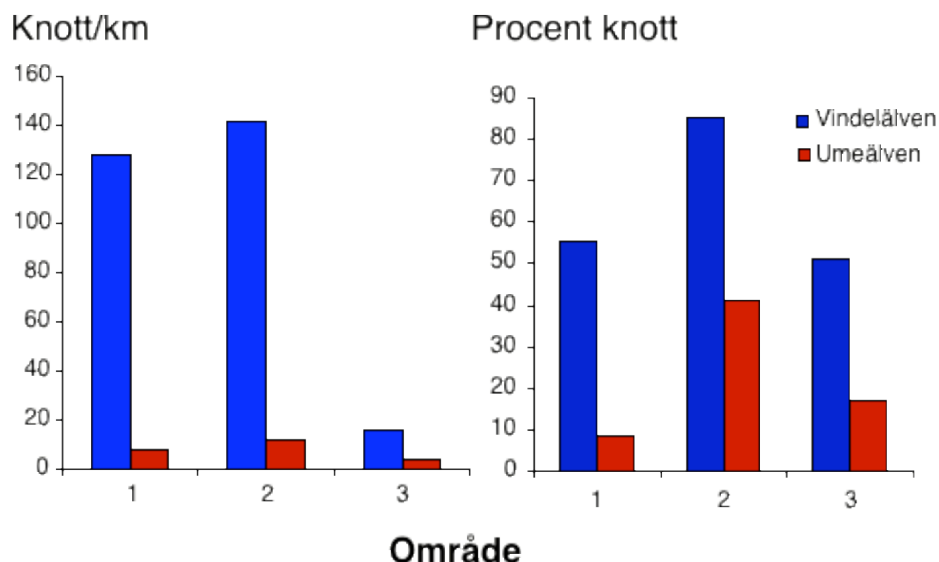
Lista på producerade och planerade uppsatser, preliminär titel, författare:

1. Habitat use of adult blackflies in northern Sweden (BM, Peter Adler & DS).
 2. Testing hypotheses on egg number and size in blackflies (BM, DS & Peter Adler). Tillsänd (i oktober 2003) *Journal of Vector Ecology*
 3. The diel activity of blackfly flight (DS & BM).
 4. Birds and river regulation in northern Sweden (DS & BM).
 5. Blackflies' distributions: river regulation as an experiment (DS & BM).
 6. Vertebrate host specificity of wild-caught blackflies revealed by mtDNA in blood (BM, DS, Staffan Bensch, Olof Hellberg & Peter H. Adler). *Biology Letters* (under tryckning)
 7. Nesting success of the pied flycatcher along regulated and free-flowing rivers (DS).
 8. Blood parasites in birds along regulated and free-flowing rivers (DS & BM).
 9. Black flies in the boreal biome: key organisms in both terrestrial and aquatic environments (BM, Peter H. Adler, Kalevi Kuusela, Richard W. Merritt & Roger S. Wotton). *Ecoscience* (under tryckning)
-

Resultat

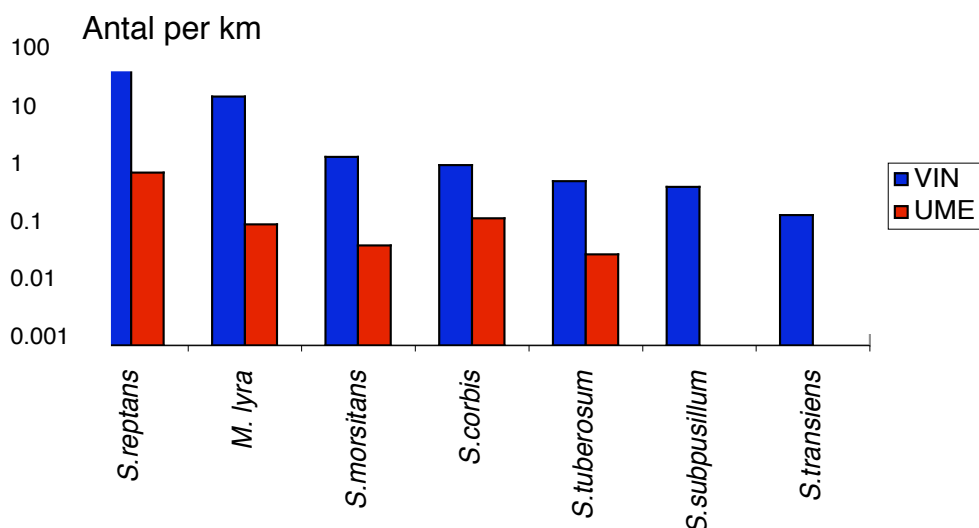
1. Tätheten hos knott längs reglerade och oreglerade älvar

Den kvantitativa uppskattningen av knotten gav en rad mycket tydliga resultat. Först och främst bekräftade analyserna den förväntade skillnaden mellan reglerade och fritt strömmande vatten. Tydligast var denna skillnad år 2000 då Ume- och Vindelälvarna



Figur 1. Totala tätheten knott (vänster) samt knottens andel av alla flygande insekter (höger) i tre områden längs Ume- och Vindelälvarna. Område 1 är i nedre delen av älvarna och område 3 högst upp. Data från år 2000. Umeälven är reglerad och Vindelälven oreglerad.

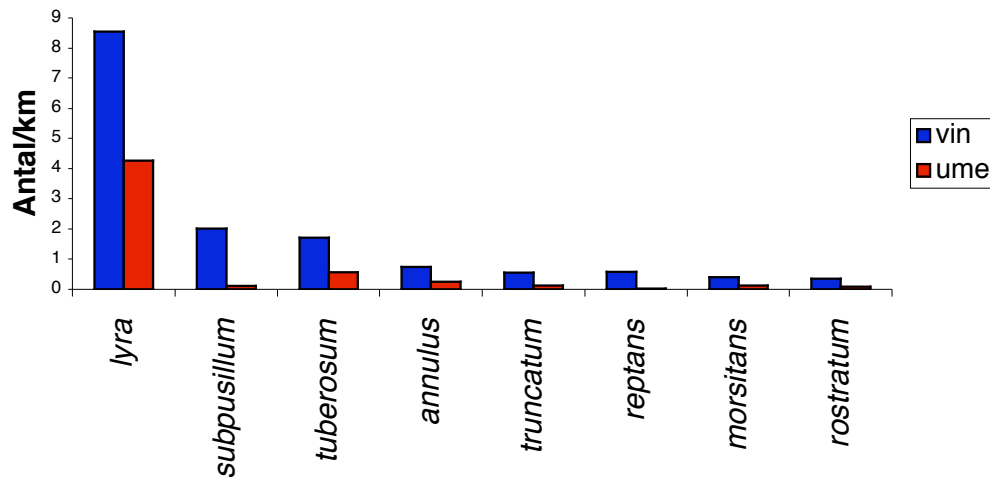
undersöktes (Fig. 1-3). Exempelvis fångades mer än tio gånger så många knott per ansträngning längs den fritt strömmande Vindelälven än längs den reglerade Umeälven (Fig 1 vänstra delfiguren). Det fanns en viss variation mellan de tre undersöknings-



Figur 2. Tätheten av hanar längs Vindel- och Umeälvarna. Observera att skalan är logaritmisk.

områdena längs älvarna med överlag högre tätheter av knott i de två nederst belägna områdena. En intressant och viktig iakttagelse är att trenden med tätare bestånd av knott längs oreglerade älvar var mycket starkare när man bara betraktar hanarna (Fig.

2) men svagare när man betraktar honorna (Fig. 3; notera att endast honor suger blod). Av arterna som visas i Figur 2 var hanarna synnerligen sällsynta längs den reglerade älven. Knotten verkar på många håll ha varit fåtaligare under 2001 och 2002. Trenden från år 2000 kvarstår dock, men är svagare 2001 (Fig. 4-5). År 2001 baserades undersökningen på data från sju älvar (tre reglerade och fyra fritt strömmande älvar). Att de reglerade älvarna uppvisar reducerat knottantal är statistiskt signifikant (variationsanalys; $P < 0.01$).



Figur 3. Tätheten av knottthonor av de vanligaste arterna längs Ume- och Vindelälvarna år 2000.

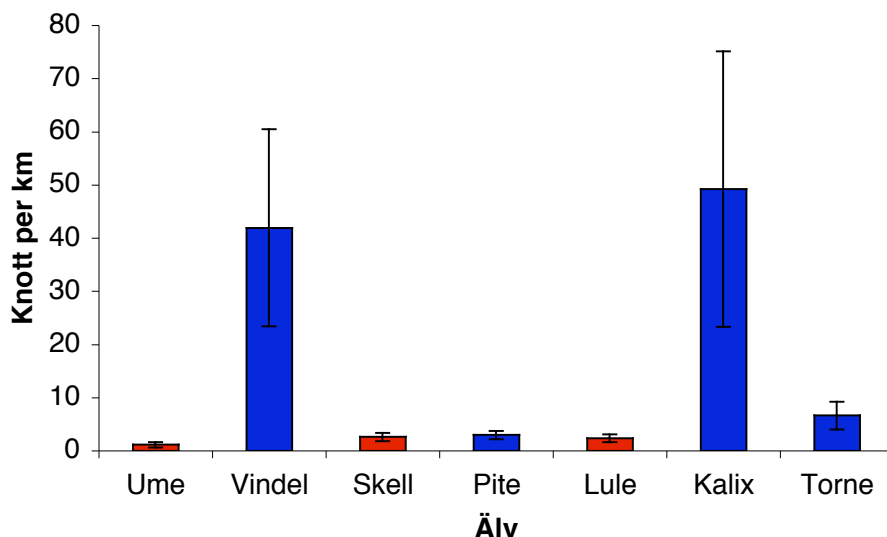
De knottarter som tycks vara viktigast längs de norrländska större älvarna är *Simulium reptans* och *Metacnephia lyra*. Sammantaget utgör dessa två arter hela 88% av fångsten (2001). Den senare arten flyger koncentrerat i tiden i slutet av juni till början av juli och är parasitisk på fåglar. Till skillnad mot *M. lyra* är *Simulium reptans* aktiv framför allt under juli månad och är däggdjursinriktad (se nedan). Hanar av dessa två arter fångades i stort antal längs de fritt strömmande älvarna. Däremot var honorna generellt mindre vanliga, vilket torde bero på att de sprider sig långt från älvarnas närhet. Hanar och honor har alltså olika strategier där det är fördelaktigt för hanarna att stanna kvar vid hemälven för att maximera sin parning. För honorna är det däremot nödvändigt att göra stora förflyttningar i samband med jakt på blodvärd och för att återvända till älven för att lägga sina ägg. Bland dessa fångade vi flest individer av arterna *M. lyra*, *Simulium subpusillum* och *S. tuberosum*.

Olika arter uppträder helt klart vid olika tidpunkter under säsongen. De första arterna, sådana som övervintrat i larvstadiet (hit hör t.ex. *Prosimulium hirtipes*, *Simulium annulus* och *S. ornatum*), börjar flyga i maj. Vi fann dock få knott med våra insamlingsmetoder först omkring en vecka in i juni. Minst 27 olika arter erhöles vid biltakhävningen. Dessa redovisas i Tabell 1 på sidan 15.

Knott parasiterar inte bara på olika varmblodiga djur utan utgör potentiellt även byten för olika insektsätare, främst spindlar, skalbaggar och vissa fåglar (t.ex. flugsnappare, sångare, piplärkor). Det är därför anmärkningsvärt att knotten utgjorde en så stor andel av alla flygande insekter i fångsterna från år 2000 (Fig. 1, högra delfiguren). Deras höga andel av samtliga flygande insekter torde betyda att de kan vara mycket viktiga i terrestra näringskedjor och därmed vara en viktig energetisk länk mellan älv

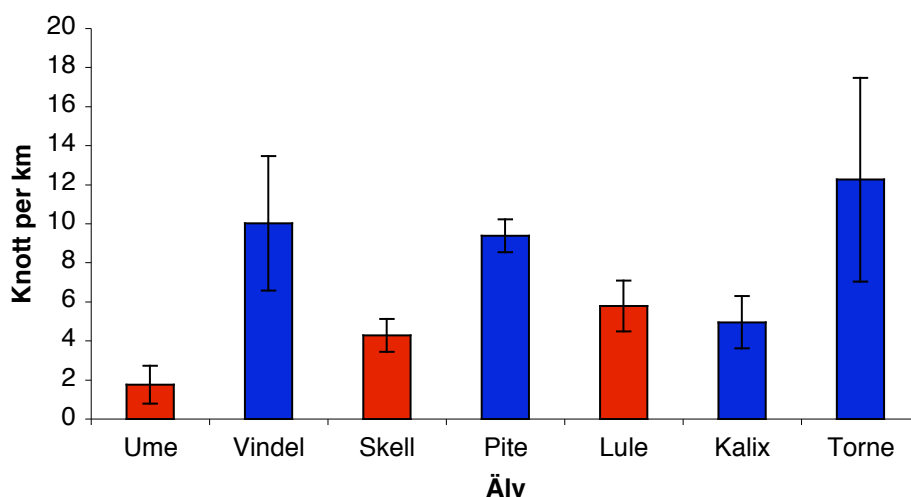
och omland (Nakano m.fl. 1999; Malmqvist 2002). Att närmare undersöka deras betydelse i terrestra födovävar är alltså ett potentiellt viktigt framtida forskningsområde.

Sekvensen av arter gör att det nästan alltid finns blodsugande arter i farten från juni t.o.m. augusti. Under milda höstar kan man fortfarande finna knott fram i oktober månad. Vissa arter är kapabla att inta upprepade blodmål och utveckla successiva generationer av ägg i s.k gonotrofiska cykler. Upprepade blodmål är en förutsättning för att knotten skall fungera som vektorer för blodparasiter.



Figur 4. Tätheten av flygande hanar från de sju älvarna år 2001. Blå staplar representerar oreglerade, röda reglerade älvar.

Förekomsten av olika arter varierar även geografiskt. Exempelvis är *M. lyra* relativt mera allmän i de nedre delarna av älvarnas lopp, men förekommer i en bred

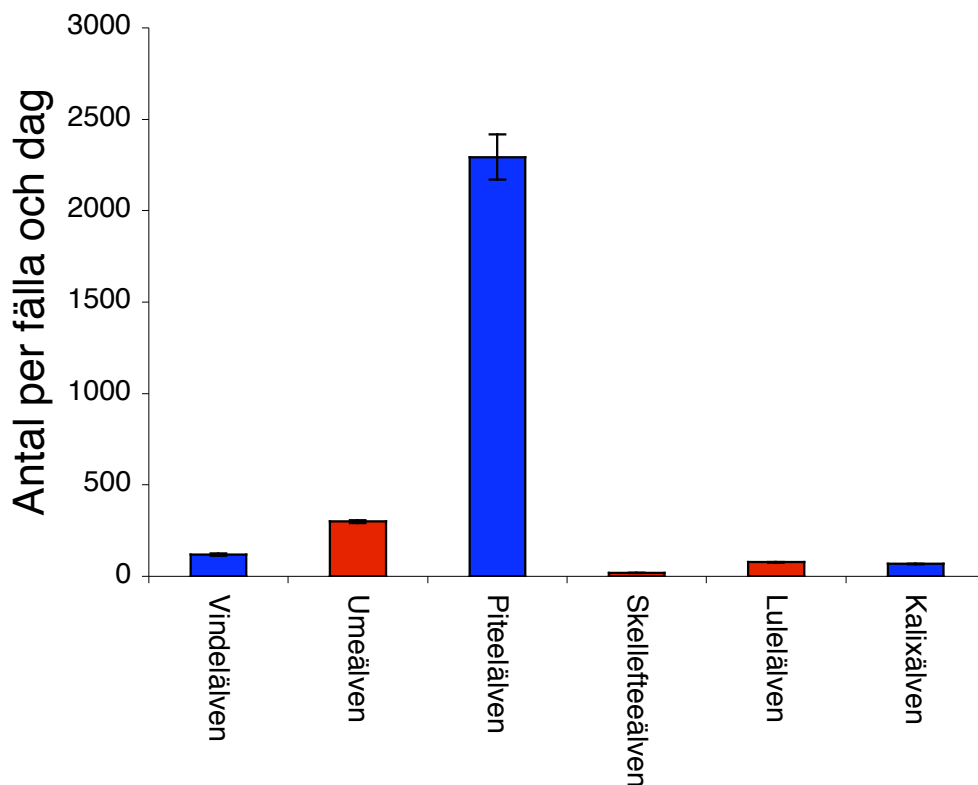


Figur 5. Tätheten av flygande honor från de sju älvarna år 2001.

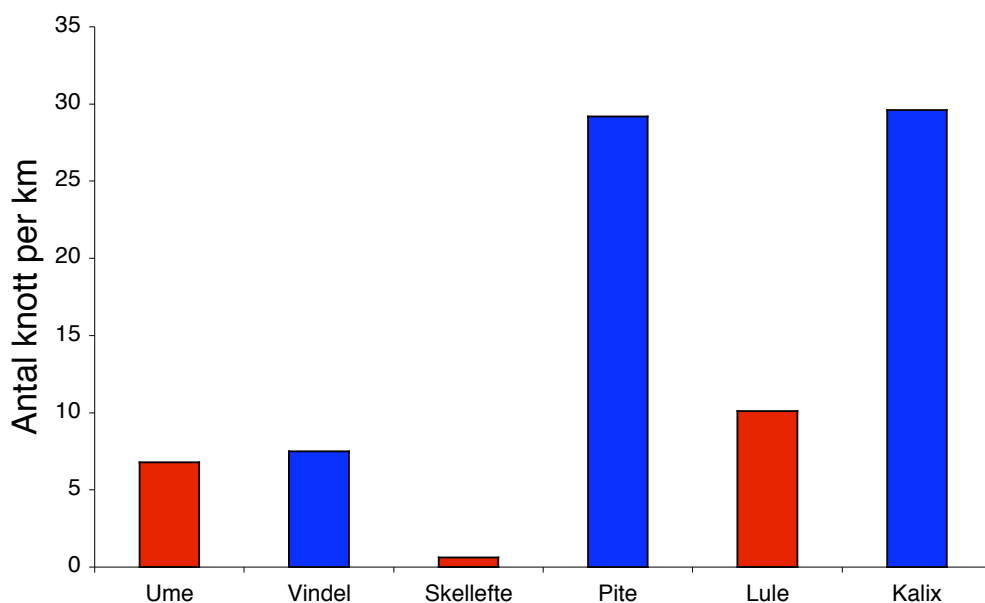
nordsydlig gradient åtminstone från Voxnan i söder till Torneälven i norr.

Resultat av fångster med attraherande fällor (CDC)

Förutom fångst med biltakhåv använde vi även CDC-fällor. Denna fälltyp attraherar blodsugande insekter med hjälp av koldioxid, som är en mekanism för dessa att finna sina värddjur. De användes under 2001 och 2002. Vi redovisar bara resultaten från 2002 här. CDC-fällorna attraherade tidvis mycket stora mängder både knott och mygg. Störst antal, 10,773 honor av knott fångades i en av fällorna vid Piteälven den



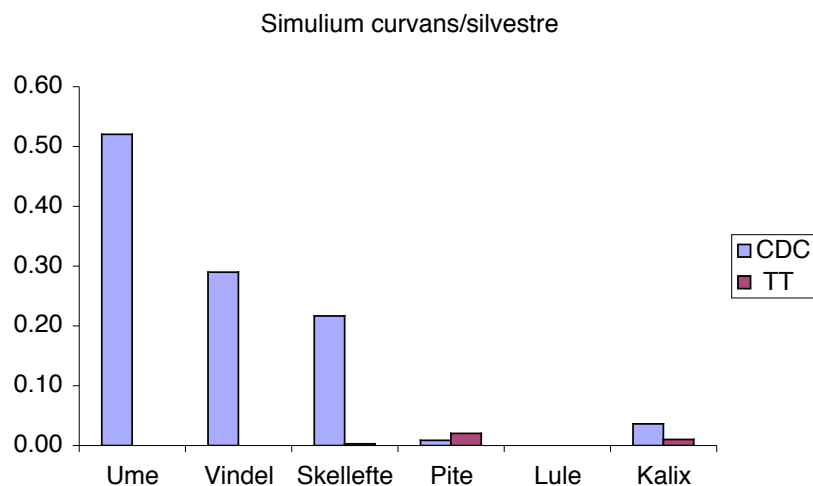
Figur 6. CDC fångst per fälla med standardfel angivet. Data från 2002.



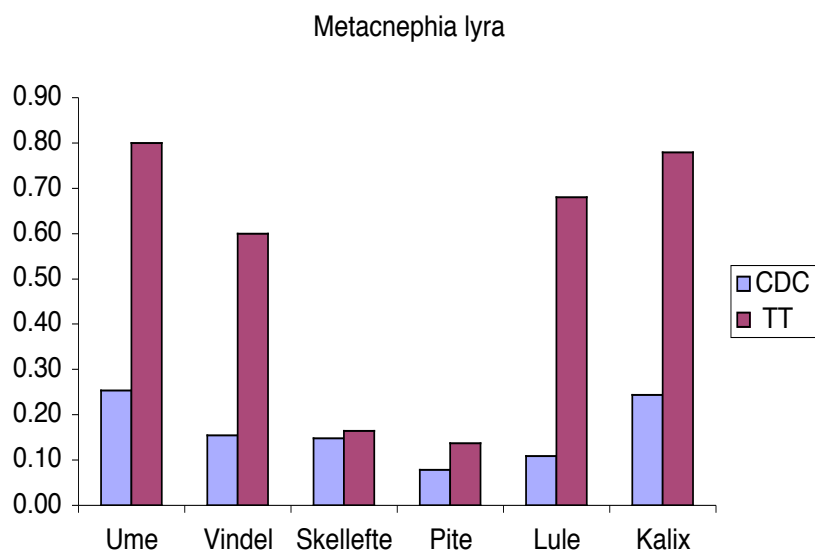
Figur 7. Biltakhävning i samma områden och samma datum som CDC-fångsterna i Fig. 6.

11-12 juli. Av okänd anledning fångades färre knott vid den reglerade Umeälven detta år. Både Vindel- och Kalixälvarna uppvisade detta år förvånansvärt låga fångster vid CDC-provtagningen (Fig. 6). Parallell provtagning med takhävning visade vid aktuellt datum även relativt låga tal för Vindelälven. Annars visade fritt strömmande älvar starkare svar i förväntad riktning med denna provtagningsmetod (Fig. 7).

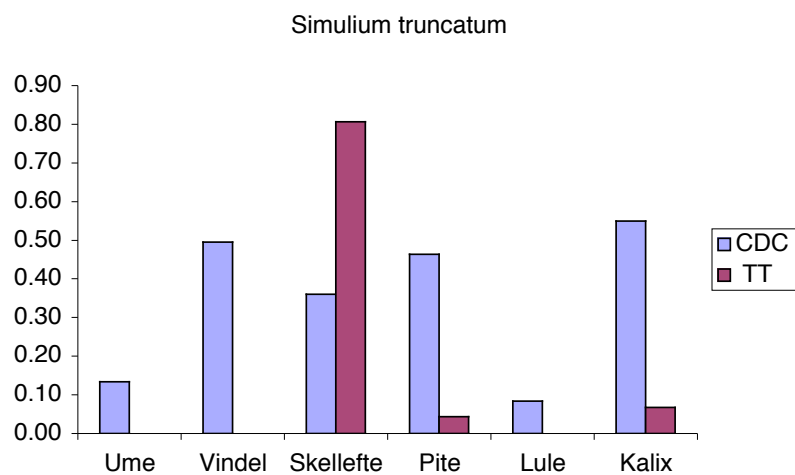
Denna fångstmetod gav resultat som delvis avvek från dem som erhöles vid samtidig insamling med biltakhåv. Vi ger i figurerna 8-11 några exempel på detta från år 2002. Dessa är baserade på två fångstdygn per älv med nio fällor per lokal och en total fångst av ca 14.000 knott. Figur 8 visar *Simulium curvans* alternativt *silvestre* (honorna av dessa arter är oskiljbara), som uppvisade en tydligt minskande trend mot norr. Denna art fångades proportionellt i mycket högre utsträckning i CDC-fällorna än i takhåvarna. Vad som också framkommer av figuren är att det inte finns någon direkt koppling till reglering. Detta är inte förvånande, eftersom dessa knott utvecklas i mindre vattendrag medan de nästan helt saknas i större älvar. I Figur 9 visas däremot *Metacnephia lyra*, en art vars larver uteslutande utvecklas i stora, snabbt strömmande vatten (Malmqvist 1999). Här fungerade tydligen båda metoderna, men proportionellt sett utgjorde *M. lyra* en större del av fångsten vid takhävning än genom CDC-fällfångsterna. Ett tredje exempel är *Simulium truncatum* (Fig. 10), en art vars larver utvecklas i sjöutflöden men även i större älvar. För denna art verkar CDC-fällorna ha fungerat bäst. Intressant nog avviker förhållandet på så sätt att längs Skellefteälven fångades arten tämligen rikligt även med takhåv. Slutligen, i Fig. 11, visas *Simulium murmanum*, en art vars larver finns i stor mängd i stora älvar och ofta i medelstora vattendrag. Vid undersökningstidpunkten utgjorde arten en förhållandevis mycket högre andel av knottfaunan längs Piteälven än längs de andra älvarna. Överensstämmelsen mellan de två insamlingsmetoderna var god i detta fall.



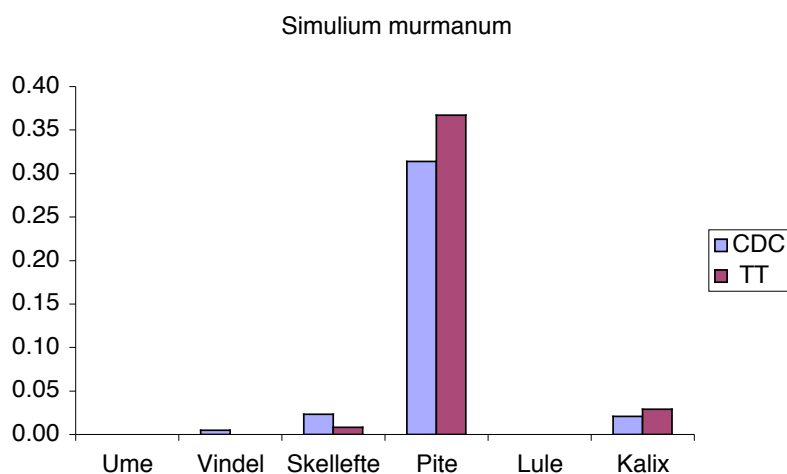
Figur 8. Andel knott av arterna *Simulium curvans/silvestre* (y) av alla arter fångade med attraktionsfällor (CDC) resp. takhäv (TT).



Figur 9. Andel knott av arterna *Metacnephia lyra* av alla arter fångade med attraktionsfällor (CDC) resp. takhåv (TT) 2002.



Figur 10. Andel knott av arterna *Simulium truncatum* av alla arter fångade med attraktionsfällor (CDC) resp. takhåv (TT).



Figur 11. Andel knott av arterna *Simulium murmanum* av alla arter fångade med attraktionsfällor (CDC) resp. takhåv (TT).

Cnephia pallipes
Greniera sp.
Metacnephia lyra
M. salieri
Prosimulium hirtipes
Simulium annulus
S. aureum
S. bicornis
S. crassum
S. curvans
S. dogieli
S. equinum
S. intermedium
S. lundstromi
S. morsitans
S. murmanum
S. noelleri
S. ornatum
S. paramorsitans
S. reptans
S. rostratum
S. subpusillum
S. transiens
S. truncatum
S. tuberosum
S. verum
Stegopterna sp.

Tabell 1. Lista på de 27 påträffade arterna tillhörande sex släkten av knott. I själva verket finns flera arter representerade men vissa närstående arter kan ej identifieras med hjälp av morfologiska karaktärer. Namnen på de arter som vi vet är vanligast från kromosomanalyser anges här.

Knottens reproduktionsbiologi: kompromisser mellan äggantal och äggstorlek

I det material som insamlats under projektet fanns många honor som bar på ägg. Materialet analyserades bl.a. med syftet att undersöka reproduktionsstrategier hos olika förekommande knottarter. Djurs reproduktionspotential och –strategier kan ge viktig information som kan bidra till förståelsen av populationsdynamiken och arters relativa abundans i naturen.

Bland arterna i vårt material finns både sådana som övervintrar i äggstadiet och sådana som övervintrar som larver. De senare arterna hade signifikant fler och större ägg än de förra, vilket tycks hänga samman med att arter som övervintrar i larvstadiet helt enkelt har större kroppar och därmed mer utrymme. Däremot fann vi inga äggbiometriska skillnader mellan fågel – respektive däggdjursparasiterande arter, trots att blodkvalitén är mycket olika mellan dessa två djurgrupper. Multivoltina arter (sådana som har flera generationer per år) hade mindre men ej färre ägg än univoltina (en generation per år) arter. Arter med litet äggantal hade generellt stora ägg och vice versa (Fig. 12). Mera om dessa och andra resultat från äggstudien finns redovisade i det bifogade manuskriptet.

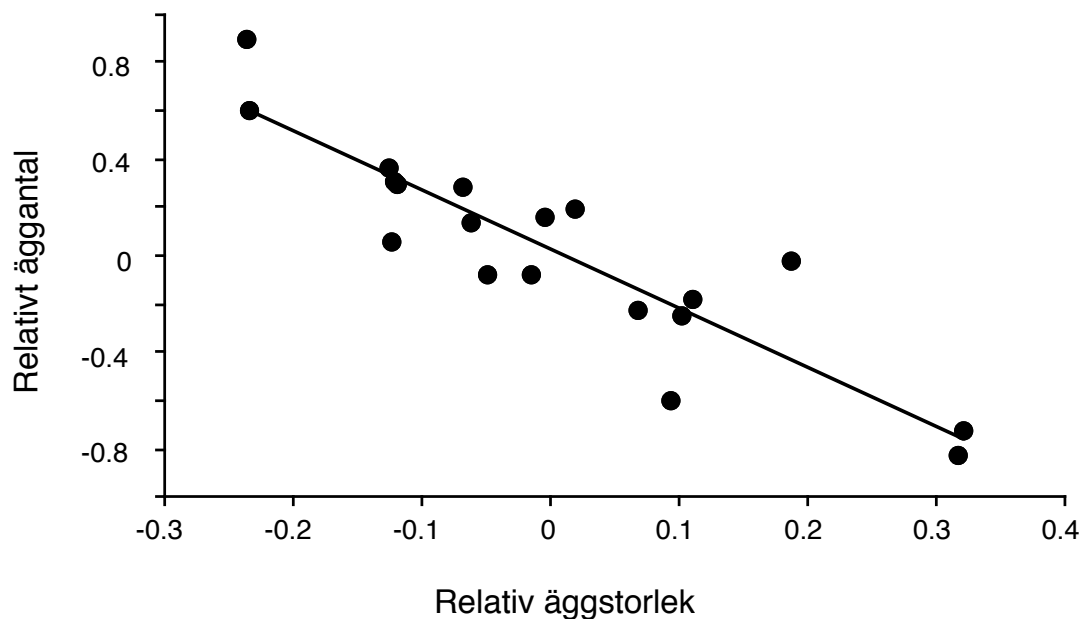
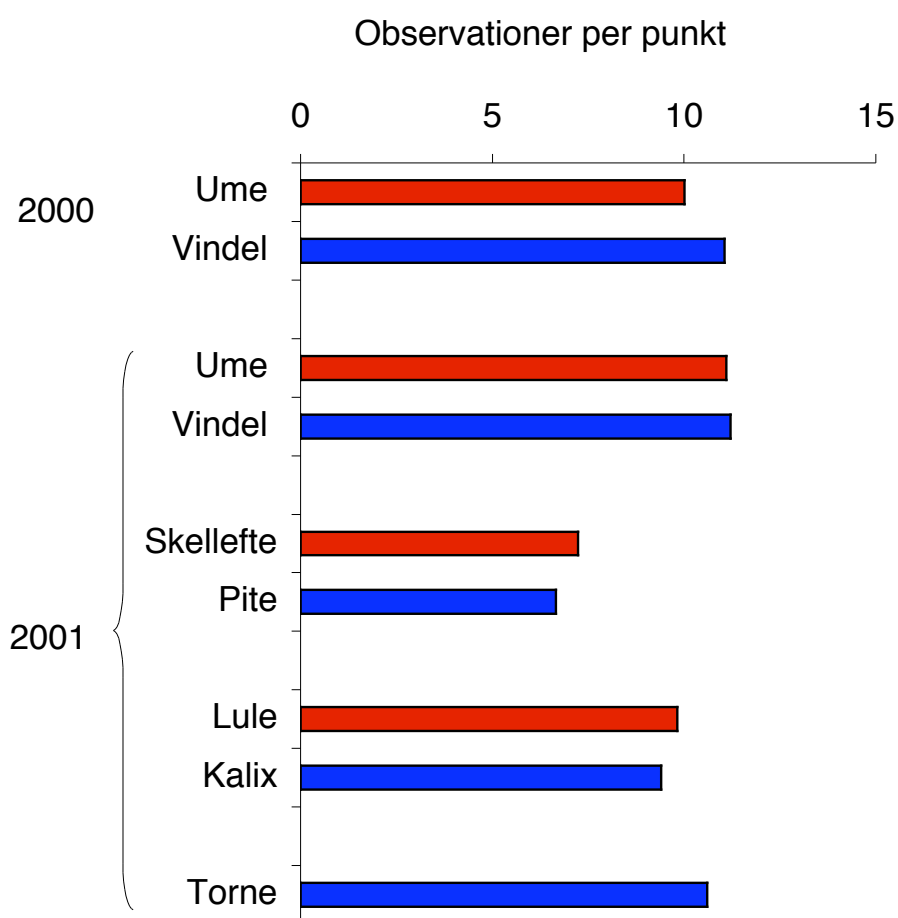


Fig. 12. "Trade-off" kurva som visar att arter med många ägg samtidigt har små ägg och vice versa (varje punkt representerar en art). Resultatet kan tolkas som att kroppsstorleken sätter gränserna för hur stor investering som kan göras i ägg medan olika arters livshistoriestrategier avgör om få och stora ägg är bättre än många och små.

2. Fågeltätheten längs reglerade och oreglerade älvar

Materialet för fåglar är färdigbestämt och deras täthet analyserad med data-programmet DISTANCE. Här redovisar vi dels medelvärdena av antalet observationer per punkt från 2000 (360 punkter längs Ume- och Vindelälvarna) och 2001 (458 punkter längs studiens alla sju älvar), dels täthetsdata. Som framgår av Fig. 13 är antalet observationer tämligen lika mellan närliggande reglerad och oreglerad älv. Det preliminära intrycket är alltså att ingen påverkan föreligger, men för att slutgiltigt konstatera om så verkligen är fallet måste vi granska tätheterna.

Täthetsanalyserna när alla arter kombinerats visar att man inte kan finna något signifikant skillnad mellan reglerade och oreglerade älvar. Låt oss också påminna om att vissa arter kan påverkas negativt (se nedan) medan andra (insektsätare) kan gynnas. En minskning hos vissa arter skulle därför kunna gå hand i hand med en ökning hos andra. De täthetsdata vi hittills analyserat vidare gäller jämförelser mellan insektsätande fåglar (sångare, kungsfågel, piplärkor, rödhake mm) och icke-insektsätande arter (t.ex. finkar och trastar) längs oreglerade och reglerade älvar vid tidig och sen inventering under 2001. Jämförelsen avser å ena sidan de reglerade Ume-, Skellefte- och Luleälvarna och å andra sidan de fritt strömmande Vindel-, Pite- och Kalixälvarna. Resultaten visar på ingen skillnad mellan älvtyperna under den

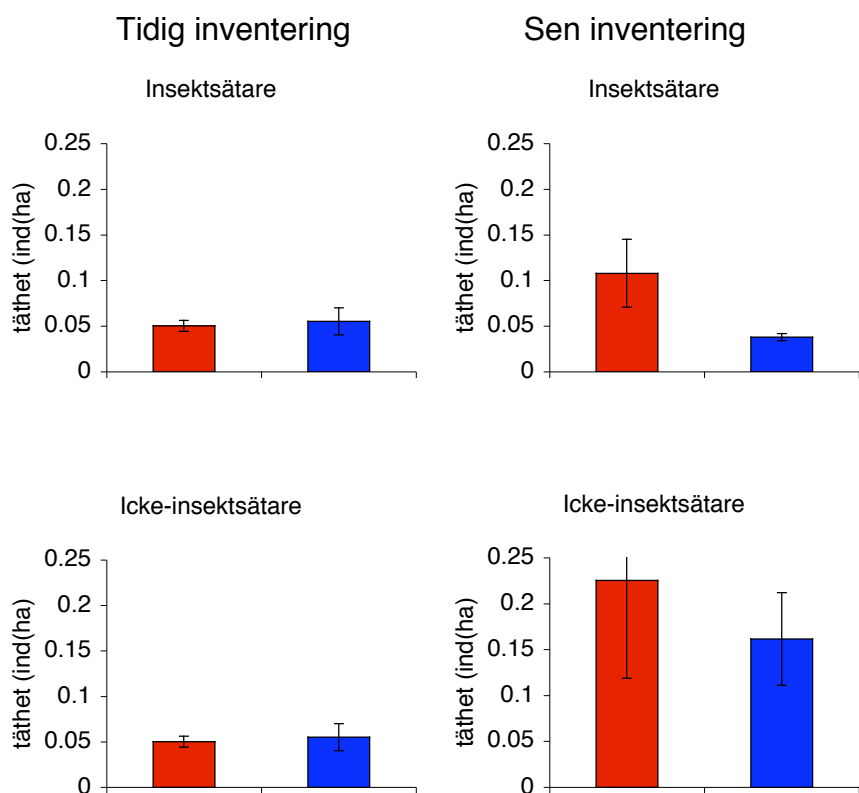


Figur 13. Antal observationer av fåglar per punkt. Materialet bygger på observationer från 818 punkter längs sju älvar och består av över 8000 observationer.

tidiga inventeringen (Fig. 14). Däremot finns det en tendens att det finns högre

tätheter längs de reglerade älvarna. Tendensen är oväntat större för insektsätande arter. Detta material behöver självfallet analyseras mer i detalj för att utröna de underliggande mönsterna för enskilda arter. Den undersökningen kommer att ske i Darius Strasevicius fortsatta doktorandstudier.

Materialet för vattenanknutna fåglar visade att reglerade älvar som regel hyser fler fåglar, vilket dock kan förklaras med dessa älvar, genom mera sjölika förhållanden, bättre passar många av dessa arter. Vi tror alltså inte att knottens roll har en avgörande betydelse för dessa fåglar.



Figur 14. Medelätheten med standardfel av insektsätande och icke-insektsätande fågelarter vid tidig respektive sen inventering under häckningssäsongen längs reglerade och oreglerade älvar.

3. Häckningsframgång hos fåglar längs reglerade och oreglerade älvar

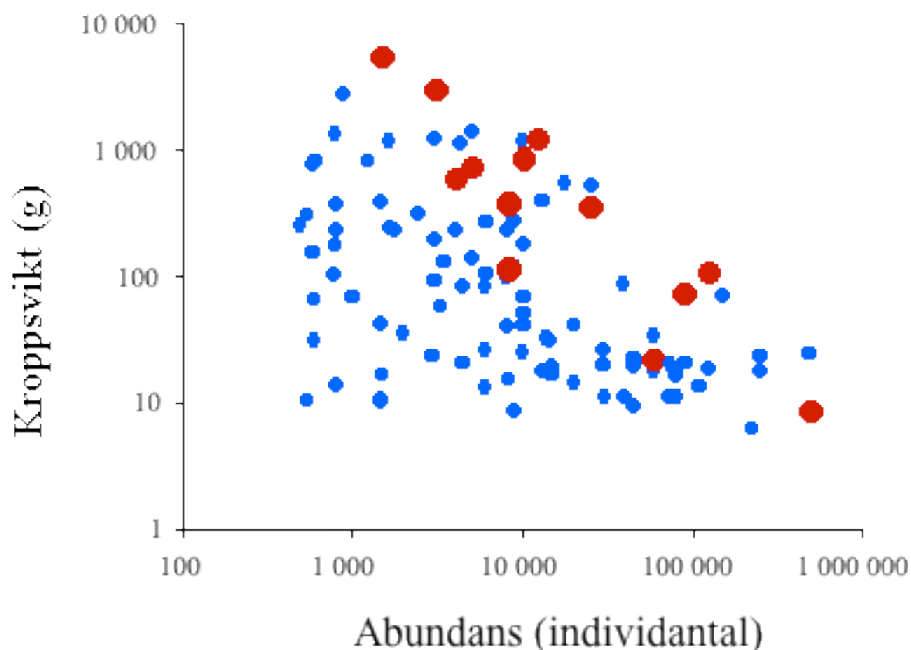
Vi har data från tre säsonger, den första från Ume- och Vindelälvarna och de två följande dessutom från Skellefte- och Piteälvarna. De parametrar som undersökts är bl.a. art, andel holkar som hyser häckande fåglar, dag för första ägg, äggantal, kläckningsframgång, ungförelvnad och ungvikt. I detta arbete använder vi svartvit flugsnappare som modell för insektsätare. Av resultaten kan särskilt framhållas att ungförelvnaden var klart högre längs Vindelälven än längs Umeälven under 2001 (Tabell 2). Under 2002 var förelvnaden snarlik mellan de två, medan Piteälven hade högre än Skellefteälven. Under 2003 återkom en stark tendens till bättre ungförelvnad längs de fritt strömmande älvarna. En holk vid Vindelälven år 2002 utsattes för total utslagning genom bopredation, vilket kan vara orsaken till att resultaten blev lika för Ume- och Vindelälvarna detta år. Ungförelvnaden är den parameter som vi bedömer som särskilt viktig och där födoresurser inklusive knott kan spela en avgörande roll. Det kan dock behövas mera data för att säkerställa om ett negativt samband med reglering gäller generellt.

Tabell 2. Häckningsdata från oreglerade Vindel- och Piteälvarna samt de reglerade Ume- och Skellefteälvarna från undersökningar av uppsatta holkar (30 per älv) under 2001 till 2003.

| | 2001 | | 2002 | | | | 2003 | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|--------|--------|--------|-----------|
| | Vindel | Ume | Vindel | Ume | Pite | Skellefte | Vindel | Ume | Pite | Skellefte |
| Antal par | 27 | 23 | 25 | 27 | 28 | 23 | 23 | 27 | 26 | 25 |
| % svartvit flugsnappare | 90 | 77 | 83 | 90 | 93 | 77 | 77 | 90 | 87 | 83 |
| Ägg/par | 5.93 | 5.87 | 6.42 | 6.26 | 5.93 | 6.35 | 5.88 | 6.04 | 5.14 | 5.10 |
| Tomma holkar | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 6 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| Andra arter | 2 | 4 | 2 | 0 | 1 | 1 | 4 | 1 | 1 | 0 |
| % kläckta ägg | 86.3 | 95.6 | 93.5 | 91.1 | 89.8 | 87 | 91.5 | 91.7 | 77.8 | 82.4 |
| % ungförelvnad | 98.6 | 82.9 | 92.4 | 92.9 | 98 | 76.4 | 99.4 | 91 | 97.5 | 82.6 |
| Första läggningdatum | 31-maj | 29-maj | 22-maj | 24-maj | 25-maj | 26-maj | 21-maj | 19-maj | 25-maj | 24-maj |
| Mediandatum | 03-jun | 02-jun | 29-maj | 30-maj | 31-maj | 01-jun | 27-maj | 27-maj | 29-maj | 31-maj |

4. Värddarter för knott

De flesta (ca 90%; Adler m.fl. 1999) av våra knottarter är anautogena, d.v.s. de behöver ett blodmål för att kunna utveckla ägg. Den kunskap som finns beträffande knottens värddval är begränsad och bygger mycket på tillfälliga observationer. De flesta studierna har utförts i Nordamerika och i Ryssland. Forskningsområdet, som vi nu har utvecklat med hjälp av nya metoder, är en mycket spännande och utvecklingsbar del av projektet. DNA-innehållet i blodmålet hos blodfyllda honor fångade längs våra älvar har i de flesta fall varit möjligt att analysera. Detta är första gången man använt DNA-teknik för att demonstrerar värddval hos blodsugande insekter och det var ingalunda självklart att detta skulle vara möjligt. En hel del utvecklingsarbete ligger bakom denna framgång. Resultaten publiceras nu av the Royal Society i deras nya forum: Biology Letters.



Figur 14. Fångade fågelparasiterande knott hade blod av vanliga och stora värddarter. Stora prickar (röda) visar dokumenterade värddarter, små (blå) arter som ej påträffats i blod hos knott.

Resultaten visar (Tabell 3) att: 1) honor av arter som har en extra tand på fotens klor är fågelparasiterande medan de med enkel tand parasiterar däggdjur. Troligen har dessa morfologiska karaktärer betydelse för knottens förmåga att ta sig igenom fjädrar och päls. 2) bland mammalofila arter dominerar älg mycket kraftigt som värddart för samtliga arter utom *S. tuberosum*, som uppenbarligen är mera inriktad mot mindre arter såsom ekorre och smågnagare. 3) även hos ornitofila arter finns en klar tendens att suga blod från stora arter (Fig. 15). Hit hör i norrlandsskogarna främst skogshöns (tjäder, orre, järpe, dalripa). På de flestas matsedel står tjäder och orre. 4) för båda kategorierna är stora bytesdjur rikligast företrädade, men även arter som är mycket vanliga, t.ex. lövsångare, är representerade. 5) fågelparasiterande arter var något mer generella i sitt värddval än däggdjursparasiterande. Att stora djur ofta parasiteras stödjer vår hypotes om att dessa är lättare än att lokalisera i terrängen. Antagligen hittar knotten sina värddar främst genom kemiska doftgradienter (t.ex. koldioxid), men troligen har de även i viss mån hjälp av visuella stimuli, särskilt inom kortare avstånd

(Sutcliffe 1986). Observationerna stödjer ett av våra tidigare arbeten som visat att orrar kan attackeras intensivt av knott (Ojanen m. fl. 2002).

Tabell 3. Värddart för 15 olika blodsugande knottarter baserat på analyser av mtDNA från takhåvning 2000-2002.

| | Knottart | Värddart |
|--------------------|-----------------------------|---|
| Ornitofila arter | <i>M. lyra</i> | Tjäder, orre, järpe, dalripa, trana, storspov, björktrast, bergfink, lövsångare, människa |
| | <i>S. annulus</i> | trana |
| | <i>S. curvans/silvestre</i> | lövsångare, tjäder, orre |
| | <i>S. dogieli</i> | knipa, kricka, människa |
| | <i>S. transiens</i> | tjäder, orre, järpe, lövsångare, människa, ko |
| Mammalo-fila arter | <i>S. murmanum</i> | älg |
| | <i>S. curvistylus</i> | älg, ren, ko, häst, människa |
| | <i>S. intermedium</i> | älg |
| | <i>S. noelleri</i> | älg |
| | <i>S. ornatum</i> | Ren, älg |
| | <i>S. subpusillum</i> | älg, åkersork, tjäder |
| | <i>S. reptans</i> | älg, ko, häst, get |
| | <i>S. rostratum</i> | älg, människa, gris |
| | <i>S. truncatum</i> | älg |
| | <i>S. tuberosum</i> | ekorre, vattensork, skogsork, åkersork, gråsidig, älg |

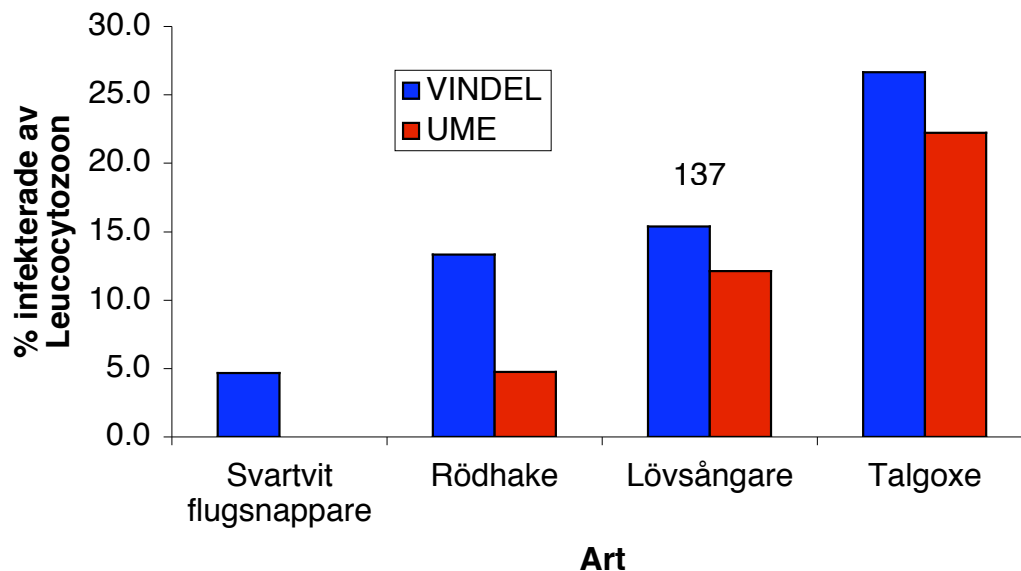
Av de tio arterna som vi fann suga blod på däggdjur var älg i åtta fall det mest populära värddjuret (älg utgjorde >90% av dessa arters värddjur). I stort sett var knotten antingen fågel- eller däggdjursparasitiska i enlighet med klomorfologin som nämnts ovan (se även Crosskey 1990). Avvikelser från detta mönster förelåg bara i ett par procent av observationerna.

5. Knottöverförda blodparasiter hos fåglar

Betydelsen av blodparasiter hos fåglar har varit i stort sett okänd, men en rad studier under den senaste 5-års perioden visar på att dessa parasiter kan vara viktiga för fåglarnas livsduglighet (Smith m. fl. 1998, Merino m.fl. 2000, Dunbar m.fl. 2003).

Vi analyserade blodet hos sammanlagt 434 fåglar tillhörande 27 fågelarter. Detta material kom från Ume- och Vindelälvarna och samlades in på sensommaren 2001 och 2002. Denna tidpunkt på året valdes därför att vi antog att de fåglar som då fångades tillhörde respektive älvs populationer och alltså ännu inte hade hunnit påbörja sin flyttning. Det betyder att den parasiteringsgrad vi fann kan hänföras till regleringstyp.

Våra resultat visar på mindre starka skillnader än förväntat mellan älvarna till följd av skillnaderna i antalet knott. För de fyra vanligaste ($N > 20$) arterna i slöjnetångsterna, svartvit flugsnappare, rödhake, lövsångare och talgoxe, var dock frekvenserna av *Leucocytozoon*-infekterade fåglar genomgående högre längs den fritt strömmande Vindelälven än längs den reglerade Umeälven, i enlighet med våra prediktioner (Fig. 16). Av figuren framgår att det helt klart föreligger stora skillnader beroende på art. Dessa kan bero på olika förhållanden, inklusive knottens artspecifitet, fågelartens storlek, livsmiljö och relativa vanlighet. Av övriga arter verkar exempelvis trastar, som tillhör de mest storvuxna av de insamlade arterna, vara mera benägna att bli infesterade (52%, $N=31$), liksom domherrarna (100%, $N=6$), än vad som är fallet hos mindre arter. Detta skulle kunna bero på att större arter oftare attackeras av knott (se avsnitt 4).



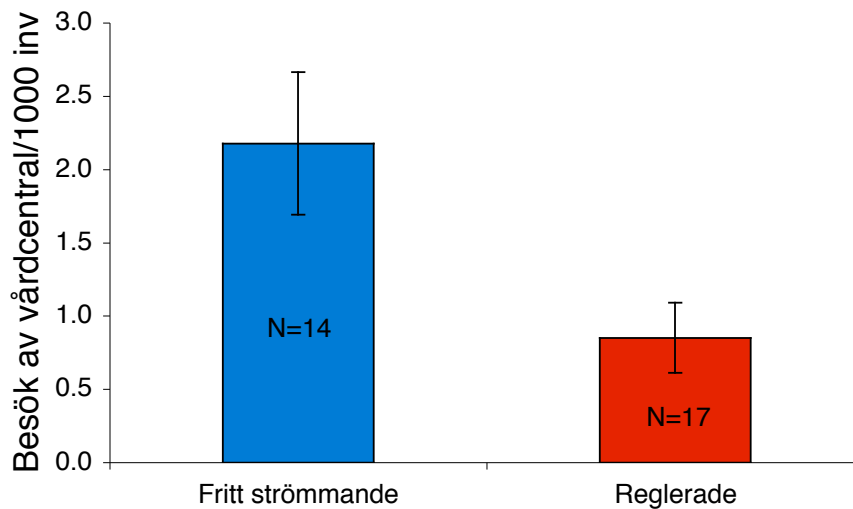
Figur 16. Infektion med knottspridd *Leucocytozoon* var något högre för de arter som var bäst representerade i det insamlade materialet. Siffrorna över staplarna visar hur många fåglar av respektive art vars blod analyserades.

Haemoproteus är en annan blodparasit som kan spridas genom andra mekanismer än via bitande knott, eventuellt genom att fåglarna äter knott (Osmo Rätti, Lapplands universitet, Rovaniemi, pers. medd.). Denna parasit förekom framför allt hos svartvit

flugsnappare (hos cirka hälften av alla), och i något högre grad längs den reglerade Umeälven.

6. Enkätundersökning om knottproblem

Svar erhöles från 49 vårdcentraler/sjukhus i Norr- och Västerbotten (= ca 75%). Dessa svar visade att antalet besökare vid vårdcentraler, som angett besvär till följd av knottbett, i genomsnitt var 2,5 gånger högre i upptagningsområden längs fritt strömmande älvar än i upptagningsområden längs reglerade älvar (kustområden ej medtagna) (Fig. 17). Skillnaden är statistiskt signifikant (t-test, $p=0.01$). Det var inte möjligt att göra motsvarande undersökningar med samma statistiska kraft när det gäller husdjur/veterinärer, eftersom inrättningar där dessa verkar är så få. Vi har dock intervjuat ett flertal veterinärer som verkar i de potentiellt intressantaste områdena i Norr- och Västerbotten. Vi har också varit lyhörda för rapporter i media. De senaste utbrotten av knott som resulterade i dödad boskap var 1999 i nedre Dalälvsområdet. Vi kunde då, genom samverkan med veterinär på plats (Lars Karlsson), konstatera att det rörde sig om en av de arter av knott som också är mycket vanlig exempelvis längs Vindelälven (*Simulium reptans*). Dödsfall bland boskap, främst kvigor, och hästar är ej ovanliga i vissa regioner.



Figur 17. Medelantalet (± 1 standardfel) besök hos vårdcentraler i Norr- och Västerbotten enligt enkätundersökningen. Vårdcentraler belägna nära kusten ej medtagna.

Det brev och de frågor som bildade underlag för enkätundersökningen bifogas (Fig. 18-19). Här redovisas bara resultatet för antalet som uppsökt vård för knottbett i förhållande till upptagningsområdets storlek. Av svaren på övriga frågor kan nämnas att knottbetten fått under alla tänkbara utomhusaktiviteter (knott biter inte inomhus). Det framgick även att vid de flesta fall som insekter orsakade vårdbehov gällde det getingar. I vissa områden angavs dock knotten som varande de värsta insekterna.

Till medicinskt ansvariga för vårdcentraler/sjukstugor i Norrbotten och Västerbotten

Enkät om knottbett

Undertecknad skulle vara mycket tacksam om ni kunde avsätta en stund för att fylla i bifogad enkät.

Jag driver sedan förra året ett forskningsprojekt som avser att klarlägga olika roller hos knott. Larverna av dessa insekter utvecklas i strömmande vatten, ibland i astronomiska mängder, som är fallet i våra oreglerade älvar. Bland annat utgör larverna viktig föda för rovdjur, såsom fisk, medan de vuxna insekterna kanske mest gör sig påmindas som blodsugare. Inte bara människor drabbas utan både fåglar och däggdjur tillhör "blodgivarna". Det är olika arter av knott som angriper fåglar resp. däggdjur (vi har drygt 60 olika arter knott i Sverige).

Projektet avser att belysa om knott har betydande effekter på fåglar, men även effekter på människor, husdjur och andra djur är av stort intresse. Om forskningen visar att de verkligen har svåra effekter bör fortsatta undersökningar avse om de goda egenskaperna väger upp de dåliga. Om de negativa effekterna överväger kan detta i sin tur leda till en utvärdering om eventuella åtgärder bör vidtagas.

Vi känner till att knottbett orsakar svullnader och klåda, men även att bitna patienter kan utveckla besvärliga allergiska reaktioner med åtföljande huvudvärk, illamående, ömma lymfkörtlar, ledvärk, feber och depression. Hos känsliga personer kan bett på fotlederna leda till vätskesvullnad och smärta, medan bett i ansiktet kan få ögonen att svullna igen. Vad man känner till sprider inte knott sjukdomar till människor på våra breddgrader, men blodparasiter och maskar sprids till både fåglar och vilt. I tropiska delar av världen sprider knott den fruktade sjukdomen flodblindhet, som man räknar med att mer än 10 miljoner människor lider av. Lyckligtvis är vi förskonade från sådana svåra sjukdomar, men knottens effekter på människan och naturen bör nog inte underskattas, i varje fall inte förrän vi tillägnat oss mycket bättre kunskaper om dessa än vi för närvarande har.

Kontakta gärna undertecknad om ni vill diskutera det här mera i detalj eller om ni har annan typ av information som kan vara värdefull i sammanhanget.

Stort tack för er medverkan!

Det jag främst vill veta är följande:

1. Söker patienter överhuvudtaget vård för insektsbett?
2. Är det svårt att avgöra från vilka insekter betten härstammar?
3. Hur många (ungefär) söker läkarstationen (eller motsvarande) per år för knottbett?
4. Hur stort är läkarstationens (eller motsv) befolkningsunderlag?
5. Varierar problemet med knottbett mellan olika år?
6. Om "ja", när var senaste problemår?
7. Vilken månad är värst?
8. Söker patienter för andra bitande insekter såsom mygg, svidknott ('wsviare'), bromsar eller getingar? Bedöms någon av dessa vara värre än knott?
9. Vilken aktivitet var betten associerade med? Fiske, jakt, bärplockning, fjällvandring, trädgårdsarbete, skogsarbete, eller annat?

Använd gärna extra papper vid behov

Skicka svar senast den 15 november 2001 och glöm inte att ange vårdcentral/sjukstuga!

Skickas till:

Björn Malmqvist

Ekologi och geovetenskap

Umeå Universitet

90187 Umeå

Figur 18-19. Brev till vårdcentraler och sjukstugor samt frågorna som ställdes

7. Pollinering

Vid planeringen av forskningsprojektet antog vi att knott kan spela en stor roll för pollineringen av växter genom att de behöver socker för flygenergi. Genom att blåbär är en av de viktigaste nektarproducenterna i norrlandsskogarna under försommaren skulle fruktsättningen hos blåbär kunna gynnas av en rik knottförekomst, särskilt då vid närhet till oreglerade älvar. Pollineringsdelprojektet utgick emellertid av följande skäl: 1) flygperiodiken stämmer ej särskilt väl mellan de massförekommande arterna och blåbärens blomning. Åtminstone i östra Västerbotten blommar blåbären alltför tidigt. 2) nyligen publicerade resultat från Kanada visar att blåbär troligen bara spelar en begränsad roll för sockerintaget hos knott i jämförelse med honungsdagg (bladlusavföring) (Burgin & Hunter 1997). Ett fältexperiment har givit stöd åt denna hypotes (Hunter m.fl. 2000).

Vid Energimyndighetens utvärdering av vårt projekt i april 2002 föreslog utvärderingsgruppen att insatserna inom detta delprojekt inte borde inkräkta på de andra delprojekten, vilket vi tagit *ad notam*. Vi hade också misslyckats med att rekrytera en examensarbetare för delprojektet. Inte desto mindre kvarstår frågan om inte knott ändå skulle kunna vara viktiga i detta pollineringsammanhang, kanske inte när det gäller blåbär utan beträffande andra arter. Tidvis ser man stora mängder knott på exempelvis hundkäx och kvanne. Studier i framtiden kan komma att utvisa om denna funktion är viktig.

8. Bekämpning av knott

Vuxna knott uppvisar en rad negativa effekter för oss människor, våra husdjur samt vilda fåglar och däggdjur i naturen. Det kan därför ligga nära till hands att kräva åtgärder som mildrar deras effekter. Internationellt utförs bekämpning av knott på många håll och i stor skala. Detta sker både för att minska risken för sjukdomsspridning (flodblindhet) i tropiska länder, och för problem med djursuppfödning, bl.a. kalkoner i USA, men även för att de betraktas som så pass irriterande att bekämpning anses motiverad. Det sker både i Europa (exempelvis har befolkningen i ett område i södra England upplevt stora problem innan man började bekämpa den s.k. "Blandford fly"), men bekämpning sker i större skala i Afrika, Nord- och Sydamerika. I Sverige har man en annan, mycket mer tolerant, attityd till mygg och knott. Man använder sig av djungelolja eller liknande, klär sig ändamålsenligt eller helt enkelt uthärdar. Så vitt det är känt sprider inte knott några sjukdomar till människor i Sverige, vilket kan vara en förklaring till vår ovilja att använda en aktiv bekämpning.

Bekämpningsmöjligheter behandlas i den översiktsartikel om knottens betydelse i den boreala regionen som föreligger som manuskript och som bifogats denna rapport. Det är en artikel samförfattad med några av världens ledande forskare inom knottbiologin. Manuskriptet har accepterats för publicering av den kanadensiska tidskriften *Ecoscience*, som gärna publicerar ekologiska artiklar med inriktning mot den boreala regionen. I artikeln för vi fram att man, innan någon bekämpning utförs, noga måste undersöka om inte larverna av de inblandade arterna är positiva för det akvatiska ekosystemet. Dessa skulle nämligen kunna drabbas negativt av eventuella kontrollåtgärder. Annars tycks bekämpning med *Bacillus thuringiensis* var. *israeli* (Bti) vara en effektiv metod med små sidoeffekter, exempelvis på arter som inte avses bekämpas ('non-target' organismer), åtminstone i det korta perspektivet. Bti är det medel som använts vid myggbekämpning i nedre Dalälven under 2001-2002.

På grundval av våra uppnådda resultat finns det inte tillräckliga skäl för att bekämpning av knott i stor skala bör utföras i Sverige.

9. Slutsatser

Vår studie har genererat en avsevärd mängd data vilket gör att de slutsatser som föreligger är väl grundade. Resultaten kan tolkas utifrån åtminstone tre olika perspektiv. Det första är att **regleringen av våra älvar har okända men betydande effekter**. Vi tror att det krävs betydligt större kunskap om sådana indirekta effekter och vi har här bara skrapat på ytan av detta stora och intressanta miljöproblem. Det är angeläget att gå vidare med vetenskapliga studier såväl av insekterna som med andra dolda effekter. Detta är särskilt angeläget i ljuset av att så få älvar finns kvar som fortfarande har en naturlig flödesregim.

Vi visar även att **knott är betydande aktörer i svenska ekosystem**. Denna insektgrupp hyser en mängd olika arter som var och en har specifika effekter. Specialisering med hänsyn till värddjursarter är bara ett exempel. I den föreliggande rapporten koncentrerar vi oss på effekter i det terrestra landskapet. På samma sätt kan man anta att knotten spelar en avsevärd roll i sin larvmiljö, de strömmande vatten. En undersökning av deras roll i denna miljö med ett liknande komparativt perspektiv som i den här föreliggande rapporten skulle sannolikt förmedla en betydligt mer positiv sida av deras betydelse. För eventuell bekämpning är det ett krav att en balanserad bakgrund analyseras där både larv- och vuxenstadiernas betydelse beaktas.

Slutligen visar vårt tillvägagångssätt att **man kan utnyttja mänsklig påverkan av naturliga ekosystem för att studera ekologiska processer**. Om vi ville manipulera knottpopulationer för att studera deras storskaliga effekter skulle ett sätt kunna vara att försöka slå ut knotten regionalt och jämföra resultaten med kontrollområden. Vattenkraftregleringen har gjort just detta för oss. Ett sådant experiment skulle naturligtvis annars vara närmast ekonomiskt omöjligt att genomföra. Landskapsekologi är den nya vetenskap som studerar hur viktiga processer såsom flöden av energi, materia och organismer knyter samman olika typer av ekosystem. Den här redovisade studien är ett exempel på hur landskapsekologiska processer kan studeras i vårt land.

10. Referenser

Adler, P., Malmqvist, B. & Zhang, Y. 1999. Black flies (Diptera: Simuliidae) of Northern Sweden, with notes on their taxonomy, chromosomes, and bionomics. *Entomologica Scandinavica* 29: 361-382.

Buckland, S.T., Anderson, D.R., Burnham, K.P., Laake, J.L., Borchers, D.L. & Thomas, L. 2001. Introduction to distance sampling. estimating abundance of biological populations. Oxford University Press.

Burgin, S.G., & Hunter, F.F. 1997. Nectar versus honeydew as sources of sugar for male and female black flies (Diptera: Simuliidae). *Journal of Medical Entomology* 34: 605-608.

Carlsson, G. 1962. Studies on Scandinavian Black Flies. *Poussula Entomologica Supplementum* 21: 1-280,

Crosskey, R.W. 1990. The natural history of blackflies. Chichester: John Wiley,

Davies, L. and D.M. Roberts. 1980. Flight activity of female black-flies (Diptera: Simuliidae) studied with a vehicle-mounted net in northern England. *Journal of Natural History* 14: 1-16.

Dunbar, M.R., Tornquist, S. & Giordano, M.R. 2003. Blood parasites in sage-grouse from Nevada and Oregon. *Journal of Wildlife Diseases* 39: 203-208.

Hunter, F.F., Burgin S.G. & Woodhouse, A. 2000. Shattering the folklore: black flies do not pollinate sweet lowbush blueberry. *Canadian Journal of Zoology* 78: 2051-2054.

Malmqvist, B. 1999. Life history of *Metacnephia lyra*, a blackfly highly characteristic of large Swedish river rapids at the time of maximum discharge (Diptera: Simuliidae). *Aquatic Insects* 21: 89-99.

Malmqvist, B. 2002. Aquatic invertebrates in riverine landscapes. *Freshwater Biology* 47: 679-694.

Malmqvist, B., P.H. Adler, K. Kuusela, R.W. Merritt, R.S. Wotton. 2004. Black flies (Diptera: Simuliidae) in the boreal biome: key organisms in both terrestrial and aquatic environments. *Ecoscience* (in press)

Malmqvist, B. Adler, P.H. & Strasevicius, D. Testing hypotheses on egg number and size in blackflies (Diptera: Simuliidae). *Journal of Vector Ecology* (submitted)

Malmqvist, B., Adler, P. & Zhang, Y. 1999. Diversity, distribution, and larval habitats of North Swedish blackflies (Diptera: Simuliidae). *Freshwater Biology* 42: 301-314.

Malmqvist, B., Strasevicius, D., Hellberg, O., Adler, P.H. & Bensch, S. 2003. Vertebrate host specificity of wild-caught blackflies revealed by mtDNA in blood. *Biology Letters* (in press)

Malmqvist, B., Wotton, R.S. & Zhang, Y. 2001. Suspension feeders transform massive amounts of seston in large northern rivers. *Oikos* 92: 35-43.

Merino, S., Moreno, J., Sanz, J.J. & Arriero, E. 2000. Are avian blood parasites pathogenic in the wild? A medication experiment in blue tits (*Parus caeruleus*). *Proceedings of The Royal Society of London Series B* 267: 2507-2510.

Nakano S., Miyasaka H. & Kuhara N. 1999. Terrestrial-aquatic linkages: riparian arthropod inputs alter trophic cascades in a stream food web. *Ecology* 80: 2435-2441.

Ojanen, U., Rätti, O., Adler, P.H., Kuusela, K., Malmqvist, B. & Helle, P. 2002. Blood feeding by black flies (Diptera: Simuliidae) on the black grouse (*Tetrao tetrix*) in Finland. *Entomologica Fennica* 13: 153-158.

Smith, R.N., Cain, S.L., Anderson, S.H., Dunk, J.R. & Williams, E.S. 1998. Blackfly-induced mortality of nestling Red-tailed Hawks. *Auk* 115: 368-375.

Sutcliffe, J.F. 1986. Black fly host location: a review. *Canadian Journal of Zoology* 64: 1041-1053.

Ussova, Z.V. 1964. Flies of Karelia and the Murmansk Region. Academy of Sciences of the USSR.
