

# NATURENS VÄV

I undervisningen används ofta kraftigt förenklade näringsvävar. Hur ser det ut i verkligheten, vem äter egentligen vem? Det försöker Tomas Roslin, professor i insektsekologi, och hans kollegor ta reda på. Kunskapen om arters interaktioner använder de bland annat för att undersöka hur miljöförändringar inverkar på ekosystemens funktion.

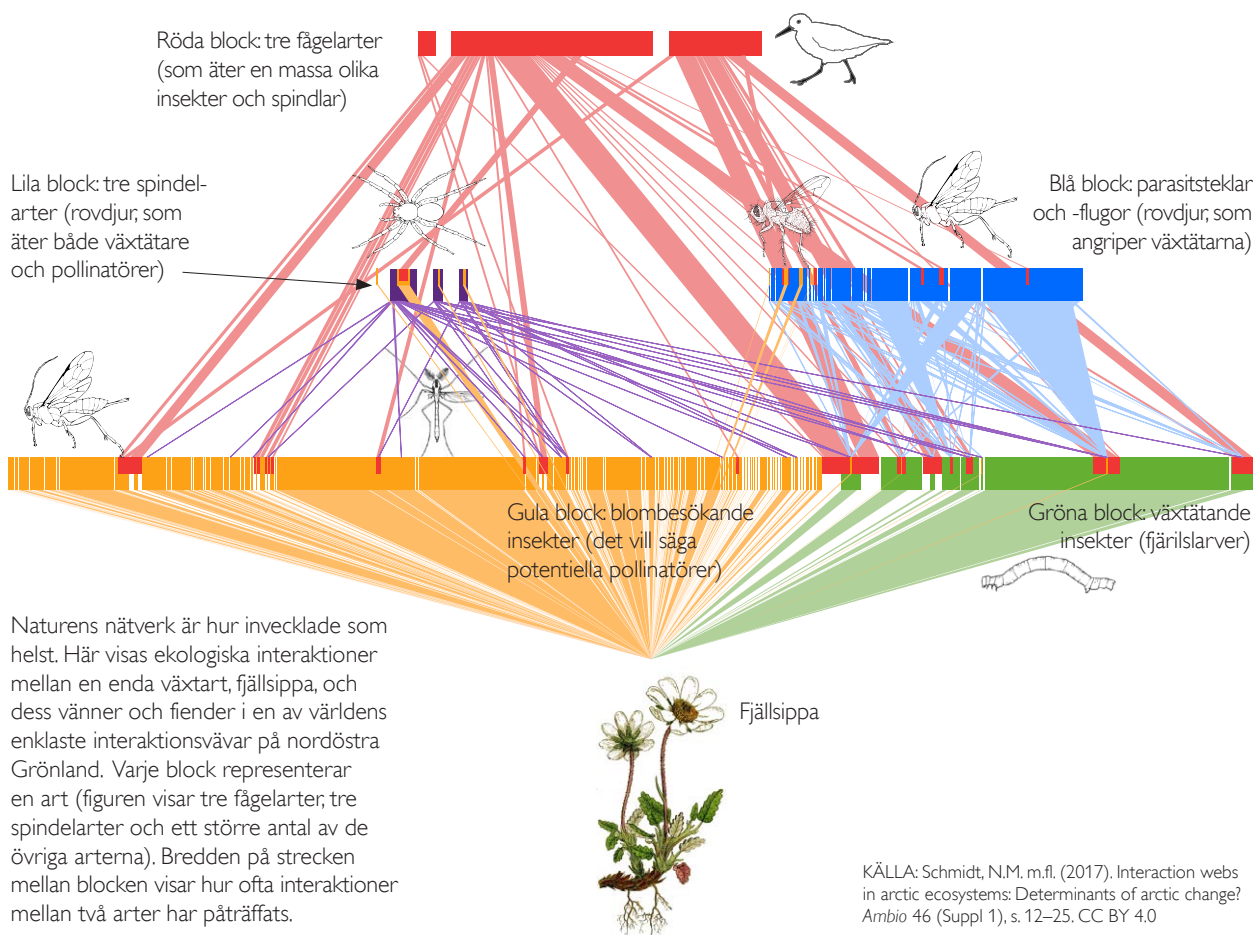
TEXT: Tomas Roslin, professor i insektsekologi vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), tomas.roslin@slu.se

I naturen lever arterna i samspel med varandra. Olika arter äter, pollinerar, gynnar eller hämmar varandra. De konkurrerar och trängs med varandra. Att varenda art är beroende av alla andra är kanske en överdrift – men att arterna kopplas samman av en väv av levande interaktioner är alldeles sant. Tänk dig en spindelväv:

även om inte alla trådar leder till varandra så räcker det med att du drar i ett hörn för att hela nätet ska gunga. Och drar du tillräckligt hårt kan det bli en reva i hela strukturen.

Att vi förstår arternas samspel är avgörande för att vi ska kunna förstå hur olika miljöförändringar påverkar naturen. Vill vi förstå hur

det större ekosystemet förändras, då måste vi förstå hur arterna interagerar. Som utgångspunkt måste vi beskriva hur en arts förändringar fortplantar sig till de arter den växelverkar med, och hur miljöns förändringar kan bryta eller skapa växelverkan mellan arter. Därför jobbar vi intensivt med att undersöka vävarnas uppbyggnad.



” NATURENS VÄVAR  
ÄR OERHÖRT IN-  
VECKLADE, MEN  
MED DNA KAN VI UPP-  
TÄCKA TIOFALT FLERA  
INTERAKTIONER ÄN  
VI TIDIGARE TRODDE  
FANNS. ”



En snösparv med näbben full med insekter. FOTO: Tom Versluijs

Det som gör det så svårt att forska om vävarna är det enorma antalet möjliga interaktioner. Om alla arter i princip kan påverka varandra, då kan två arter knytas samman av en interaktion, fyra av sex ( $4 \times 3/2$ ), åtta av 28 ( $8 \times 7/2$ ) och så vidare. Enligt dagens uppfattning hyser Sverige drygt 60000 arter. Då kan den svenska naturen teoretiskt sett dölja interaktioner mellan nästan två miljarder artpar – innan vi beaktat bakterier med mera.

## DNA till hjälp

Det enorma antalet möjliga interaktioner gör det svårt att undersöka naturens vävar. Här har nya metoder skapat helt nya

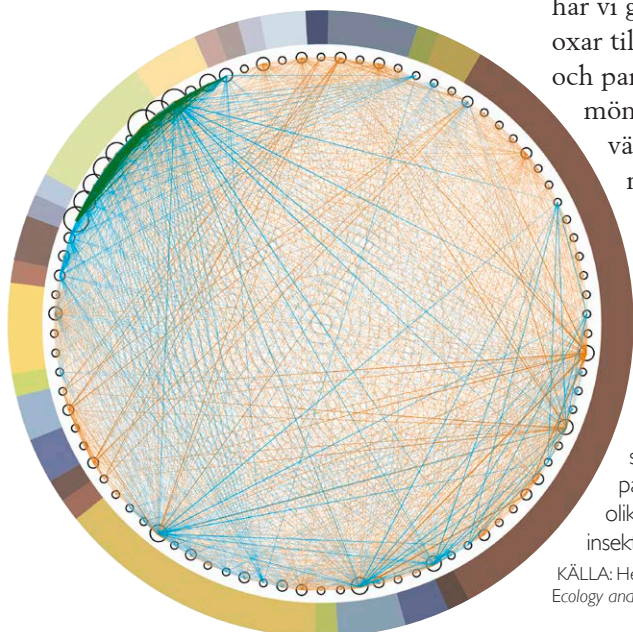
lösningar. Speciellt lovande är DNA-baserade metoder. För de flesta djurgupper är det svårt att uppfatta också enkla förhållanden, till exempel vem som äter vem. Tidigare har man utrett detta genom mikroskopbaserad dietanalys: man har helt enkelt sökt efter mikroskopiska rester av bytesdjur i rovdjurens maginnehåll eller avföring. Det här fungerar dock bara för ett litet antal artgrupper. För många av naturens allmännaste rovdjur (som spindlar, trollsländor och fåglar) blir maten en sås utan igenkännbara fragment. Det som oftast finns kvar är dock DNA. Vi kan alltså använda DNA-rester för att upptäcka vem som ätit vem. Det har vi gjort för allt ifrån muskoxar till trollsländor, spindlar och parasitsteklar. Det allmänna mönstret är enkelt: naturens vävar är oerhört invecklade, men med DNA kan vi upptäcka tiofaldigt flera interaktioner än vi tidigare trodde fanns. Se tre exempel på näringsvävar

framtagna med hjälp av DNA på sidorna 16, 17 och 18.

## Förenklade modeller

Trots alla förfinade metoder kvarstår utmaningen med det enorma antalet interaktioner. Om vi ska bläddra igenom alla världens triljoner interaktioner mellan arter, en i taget, kommer vi inte långt. Därför ställer många forskare sitt hopp till att vi ska kunna urskilja allmänna regler för vilka arter som växelverkar med varandra, och hur starkt de arterna påverkar varandra. Kan vi sluta oss till detta utifrån ett mindre antal egenskaper hos arterna ifråga? Med detta för ögonen har man försökt skapa enkla modeller, och jämfört dessa med strukturen i riktiga vävar.

Bland vattenlevande organismer verkar individens storlek vara avgörande. Dieten styrs ofta av hur stor mun rovdjuret har, jämfört med hur stort bytesdjuret är. Tänk dig själv en rovfisk, typ en gädda. Ett litet gäddyngel äter först bara djurplankton, men



Arterna i även den enklaste högarktiska näringsväv är tätt sammanvävda av gemensamma rovdjur. Bilden visar olika arter av bytesdjur (svarta cirklar) som sammanbinds av en och samma rovdjursart (via linjer i olika färger: fåglar i blått, parasitsteklar och -flugor i grönt och spindlar i orange). Observera att det finns flera olika rovdjursarter som representeras av samma linjefärg. Bytesdjuren tillhör olika insektsfamiljer, som visas i olika färger längs den stora cirkelns omkrets.

KÄLLA: Helena K.W. m.fl. (2015). Exposing the structure of an Arctic food web. *Ecology and Evolution*, 5(17), s. 3842–3856. CC BY 4.0



En gädda som försökt svälja en för stor gös frös fast i den klara isen i sjön Valloxen i Knivsta, utanför Uppsala. Eric Svensson tog bilden då han passerade på långfärdsskridskor i januari 2022.

sedan blir det insektslaver och småningom andra fiskyngel. En stor gädda äter allt, från andra gäddor till grova abborrar (och gös – se bilden ovan!). Enligt en modell äter individen allt som ryms in i munnen, enligt en annan äter den allt som är så-och-så mycket mindre än dess egen kroppsstorlek, dock inom ett bestämt intervall (till exempel "från en tredjedel till en femtedel"). Att mun- eller kroppsstorleken inte kan avgöra allt står klart när vi tänker på till exempel vissa pyttesmå insekter som äter på jättestora träd. De tugar ju bara i sig små, små bitar av sitt byte – som ett blad eller bitar av det. Därför letar forskarna nu efter mindre uppsättningar egenskaper eller regler som kan forma olika slags interaktioner mellan olika organismgrupper. Kanske följer vattenlevande rovdjur helt andra regler än rovdjur på land när de väljer vem de växelverkar med – och kanske gäller olika regler för landlevande växtätare, parasiter,

pollinatörer, och så vidare? Även om reglerna vore specifika för varje interaktionstyp vore detta fortfarande bra mycket bättre än att tvingas bena ut alla interaktioner var för sig.

## Miljö, tid, temperatur

Utifrån vävens struktur kan vi vinna nya insikter i hur olika miljöförändringar påverkar naturens hela uppbyggnad. Det kan de göra på många olika vis.

För att två arter ska kunna växelverka med varandra måste de ju träffa varandra. Den absoluta majoriteten av de två arterna i världens alla möjliga artpar har aldrig uppträtt på samma plats. Men nu leder den globala miljöförändringen till att arternas utbredning ändras snabbt. Det händer allt oftare att två arter som aldrig träffats för sammanstrålar på en ny plats. Då kan nya interaktioner uppstå. Samtidigt kan förändringar i arternas utbred-

ning bryta tidigare interaktioner. Om en art drar iväg längre än andra, då kan den komma loss från sina tidigare fiender. Ett typiskt exempel är invasiva arter som sprider sig med människan, eller arter som snabbt sprider sig norrut. Utan rovdjur kan de nå höga antal och kraftigt påverka sina nya grannar. Hur arter inlemmas i nya artsamhällen är nu ett hett forskningsområde.

En annan effekt av miljöförändringar uppstår genom förändringar i naturens kalender, det vill säga i arternas fenologi. För att två arter ska kunna växelverka (till exempel för att en insekt ska pollinera en blomma, ett rovdjur ska äta en bytesart, och så vidare) räcker det inte med att de förekommer på samma plats – de måste dessutom träffas vid en bestämd tidpunkt. Men om kalendern för olika arter förändras i olika takt, då kan det leda till en förändring i hur ofta arterna träffas. Två arter som tidigare uppträtt vid samma tidpunkt kan nu råka i otakt med varandra. Här finns en uppsjö av studier som visar att talgoxens häckning kan råka i otakt med insekternas kalender – och de insekternas behovs för att talgoxen ska kunna mata sina ungar.

Speciellt drastiska och storskaliga förändringar i naturens kalender har vi kunnat påvisa i en studie som omfattar halva Europa och halva Asien. När vi jämförde förändringar på olika nivåer inom näringskedjor, upptäckte vi att



Näringsväv mellan tolv olika insektsätande arter: en fågel, fem fladdermöss och sex trollsländor. Varje box i övre raden är en insektsätare och varje streck i den nedre raden är en bytesart. Strecken förbinder rovdjuret med de bytesarter som upptäckts genom DNA-analys av insektsätarens spillning. Färgen anger vilken ordning bytesarten tillhör (gula: tvåvingar, mörkrosa: fjärilar, och så vidare).

KÄLLA: Vesterinen, E.J., Kaunisto, K.M. & Lilley, T.M. (2020). A global class reunion with multiple groups feasting on the declining insect smorgasbord. *Scientific Reports* 10, 16595. CC BY 4.0

själva klimatet förändras snabbast, medan den levande naturens kalender hasar efter.

Långsammast förändras rovdjurens tidtabell, därefter kommer växtätarnas och snabbast är växternas.\* Detta beror antagligen på att olika organismgrupper tajmar sin aktivitet utifrån olika miljöfaktorer. Växterna kan exempelvis vara speciellt känsliga för när snösmältningen infaller, medan växtätarna oftast är växelvarma djur (till exempel insekter) och därmed temperaturkänsliga.

Vi ska heller inte glömma att miljöförändringar kan påverka själva interaktionen mellan arter, även om arterna möts som förut. Två arter som förekommer på samma plats vid samma tidpunkt kanske är aktiva vid olika temperaturer. Det här gäller till exempel olika arter av jordlöpare (skalbaggar) och spindlar, som är speciellt viktiga rovdjur i åkermiljöer. De äter gärna bladlöss – men också varandra. Förändras temperaturen förändras arternas växelverkan. Även en förändring i vegetationen kan leda till att två arter som tidigare levde sida vid sida nu uppträder längre från varandra och/eller har svårare att få syn på varandra.

## Brådskande att få svar

Det faktum att världen förändras så snabbt gör det ytterst angeläget att utreda naturens nätverk. Samtidigt är forskningen inne i ett mer spännande skede än någonsin. Vi har tillgång till nya metoder för att fastställa vem som växelverkar med vem. Vi forskar aktivt om vilka egenskaper som skapar regelbundenheter i dessa interaktioner. Och allt detta gör vi under en enorm tidspress, medan klimatet blir varmare och livsmiljöer förändras världen över, medan hela naturens väv omformas och ekosystemens funktion förändras.

\* Förändringarna sker främst på grund av så kallad fenotypisk plasticitet, vilket innebär att egenskaper som tillväxt, aktivitet och morfologi hos en individ kan variera utifrån olika miljöfaktorer; till exempel temperatur. Variationen orsakas då inte av genetiska förändringar.

## HUR FUNKAR DET MED TROFINIVÅER?

Vi föreställer oss ofta näringskedjor där arterna står staplade på varandra – men om individer av en och samma rovdjursart stoppar i sig helt olika bytesdjur beroende på hur stora de själva är (se avsnittet under rubriken "Förenklade modeller" på sidan 17) så grumlas bilden betydligt. Under livets gång kan till exempel en och samma gädda röra sig uppåt längs näringskedjan, i takt med att den skiftar sin diet från byten som själva ligger på andra steget i näringskedjan (såsom växtätande djurplankton) till tredje nivån (till exempel en strömming som själv ätit djurplankton) eller fjärde nivån (såsom en abborre som ätit en strömming). Vilken trofisk nivå ska vi då lägga gäddan på?

Det hela blir inte enklare av att gäddor och andra rovdjur (som spindlar eller jordlöpare) ofta glufsar i sig en hel massa andra rovdjur – inklusive artkamrater; genom ren kannibalism. Interaktioner av det här slaget kallas *intraguild predation* och är av stor betydelse för att förstå hur naturens vävar fungerar. Om rovdjuren ofta ger sig på varandra så kan det faktiskt gynna bytesdjuren, eftersom predationstrycket mildras av att rovdjuren tar kål på varandra.

En ofta citerad regel är att ungefär tio procent av den energi som finns bunden i organismerna på en viss trofinivå går vidare till nästa nivå. Det här är bara delvis sant – och mestadels en grov förenkling. Av den energi som en konsumentart (ett rovdjur som fångar ett byte, en växtätare som gnager på en växt, och så vidare) stoppar i sig blir förvisso bara en liten del till ny biomassa på nästa trofiska nivå. Det här beror på att energi går förlorad i flera steg. För det första kan konsumenterna inte smälta all sin mat – vilket vi lätt kan konstatera, då en del kommer ut ur ändan på konsumentindividerna. Av den mat som faktiskt smälts går en annan del till spillo när konsumenten använder sin mat för att bygga egen biomassa. Konsumentens egen kropp har oftast en annan sammansättning än den mat som den ätit. Speciellt tydligt är detta bland annat hos växtsugare som bladlöss. Växtsaven består mest av kol och väte, men bladlusen bygger sin kropp av proteiner – och för det behöver de även kväve. För att få i sig tillräckligt med kväve behöver bladlöss suga i sig stora mängder söt växtsav. Men de gör sig faktiskt av med det mesta av saven genom att spruta ut en hel massa överloppssocker i form av "honungsdagg", det kletiga under växter med bladlöss. Tala om matsvinn!

I naturen smälter olika trofinivåer alltså helt glatt in i varandra, och hur stor del av energin som förs vidare till nästa nivå kan variera hur mycket som helst mellan olika interaktionstyper. Svinnet är minst när konsumenten är växelvarm (för då behöver den inte använda energi för att värma upp sig själv) och då konsumenten är köttätare och inte växtätare (för då ligger matens sammansättning nära konsumentens egen kroppssammansättning). Skillnaderna i svinn har viktiga tillämpningar när vi funderar på hållbara lösningar. Till exempel vore det en riktigt god idé för oss människor att äta insekter snarare än kor; eftersom insekter är växelvarma och har betydligt högre omvandlingseffektivitet än till exempel nötkreatur!

En näringspyramid med trofinivåer som ska illustrera att det endast är en liten del av energin som går vidare från en trofinivå till nästa, till exempel från producent till primär konsument. Men vad handlar det om för procentsats – och på vilken nivå ska en viss konsument placeras? Det kan variera hur mycket som helst!

TERTIÄR  
KONSUMENT

SEKUNDÄR  
KONSUMENT

PRIMÄR  
KONSUMENT

PRODUCENT