

A close-up photograph of a bumblebee on a cluster of light pink flowers. The bee is positioned in the center-left, facing left. The flowers are small and tubular, with some fully open and others as buds. The background is a soft-focus green and yellow, suggesting a garden or park setting.

BEE CONNECTED

GRÖNA KOPPLINGAR FÖR RESILIENTA STÄDER



Den här skriften har tagits fram av projektet C/O City. Ni får gärna använda materialet. Kom bara ihåg att ange källan.

C/O City är ett Vinnovafinansierat forsknings- och utvecklingsprojekt som arbetar för att ta fram kunskap och sprida metoder för hur stadsnatur kan bidra till mer hållbara städer. Projektet pågår till och med år 2017 och samlar 12 aktörer som representerar kommuner, arkitekter, byggaktörer, miljökonsulter och forskare.

Omslagsfoto: White arkitekter

BEE CONNECTED

Ekosystemtjänsten Pollinering

Gröna Kopplingar för Resilienta Städer



Studien är del av forskningsprojektet



Författare

Meta Berghauser Pont¹

Karin Ahrné²

Åsa Gren³

Lars Marcus¹

Anna Kaczorowska¹

¹ Chalmers University of Technology, Department of Architecture and Civil Engineering, Göteborg

² Swedish University of Agricultural Sciences, The Swedish Species Information Centre, Uppsala

³ The Royal Swedish Academy of Sciences, The Beijer Institute of Ecological Economics, Stockholm

Chalmers, Göteborg, November 2017

Finansiär

Chalmers University of Technology, Department of Architecture and Civil Engineering, Göteborg

Vinnova, Sveriges Innovationsmyndighet, Stockholm

Innehållsförteckning

Sammanfattning	6
Introduktion	8
Pollinatörer i staden	14
Lokala åtgärder för att gynna pollinerande insekter	18
Gröna kopplingar för att gynna artrikedomen	22
Skapa bättre förutsättningar för pollinering	32
Referenser	40

Sammanfattning

Inom stadsbyggnadspraktiken har vi de senaste åren sett många försök att svara på de miljöproblem vi ser ständigt nya bevis på. Ett tecken på detta är hur gröna områden i städer börjar spela en allt annan roll inom stadsbyggandet, bortom frågor om fritid och rekreation som de traditionellt tilldelats. Dessutom handlar det mindre om att integrera miljövänligare tekniska system som kan förbättra stadsformens prestanda, men istället om en mer direkt användning av stadens byggda form: Hur kan stadens form inte bara vara bärare av sociala och ekonomiska system som alltid har varit fallet, utan också ekologiska system. I forskningsprojekt 'Bee Connected', ett samarbete mellan Chalmers, SLU och Beijerinstitutet och del av C/O City (finansierad av Vinnova) är just detta den centrala frågan. Projektet fokus ligger på ekosystemtjänsten pollinering och hur stadsbyggnad kan stödja, skapa, forma och upprätthålla den viktiga funktionen, även i våra städer. Tillvägagångssättet i den här studien baserar sig å den ena sidan på resiliensteori med utgångspunkt i den kanadensiska ekologen C.S. Holling's arbeten och dels den riktning inom urbanmorfologin som kallas space syntax och utvecklats av Bill Hillier och Julienne Hanson. Syftet med att kombinera dessa forskningsområden i något som vi här kallar social-ekologiskt stadsbyggande, är just att översätta kunskap om resiliens, social-ekologiska system och ekosystemtjänster till stadsform.

Förekomsten av pollinerande insekter är avgörande för fröproduktion hos många vilda och odlade växter och är en betydelsefull ekosystemtjänst som är mer eller mindre omöjlig att ersätta på konstgjord väg. Dessutom har pollinerande insekter visat sig vara goda indikatorer på biologisk mångfald och artrika stadsområden har i sin tur visat sig vara hälsofrämjande.

De två viktigaste slutsatser av studien är att lokala gröna insatser som en högre blomrikedom gynnar främst antalet pollinerande arter och insatser som ökar tillgång till grönytor i omgivningen gynnar artrikedomen. Artrikedom i sin tur är viktigt för att säkerställa att själva ekosystemtjänsten finns kvar även om en viss pollinerande art skulle försvinna. Det bidrar alltså till ekosystemtjänstens resiliens. Tillgång till grönytor handlar om den totala mängden av grönytor inom ett vists avstånd, men det har visat sig att också synlighet mellan grönytor spelar en viktig roll. Det vill säga att gårdar som göms bakom hus eller högtrafikerade vägar påverkar artrikedomen av pollinatörer negativt.

Det är viktigt att påpeka att vikten av grönytor i omgivningen ska ses som ett viktigt komplement till grönytefaktor (GYF) verktygets logik. Fokus i GYF systematiken ligger på de lokala förutsättningar och mindre hur planeringen av en gård eller park relateras till eller påverkas av sin omgivning. Den här studien visar tydligt att det är viktigt att också ta hänsyn till omgivningens grönska och fragmentering av dessa grönytor på grund av en för stor metrisk avstånd samt osynlighet av grönytor sinsemellan.

Sverige satt upp ett mål att bygga 700 000 nya bostäder till år 2030 och global förväntas byggas lika mycket ny stad som det finns på jorden idag. För att minska koldioxid utsläpp, öka mer hållbara transporter och använda mark på ett effektivt sätt är förtätning ett viktigt instrument. Och när staden förtätas, ökar andelen bebyggd mark och grönytor tenderar att minska. Baserat på resultat av den här studien kommer detta att påverka artrikedomen negativt, men studien visar också att vi kan minska den negativa påverkan genom stadsbyggnad och skapandet av ett nätverk av grönytor.

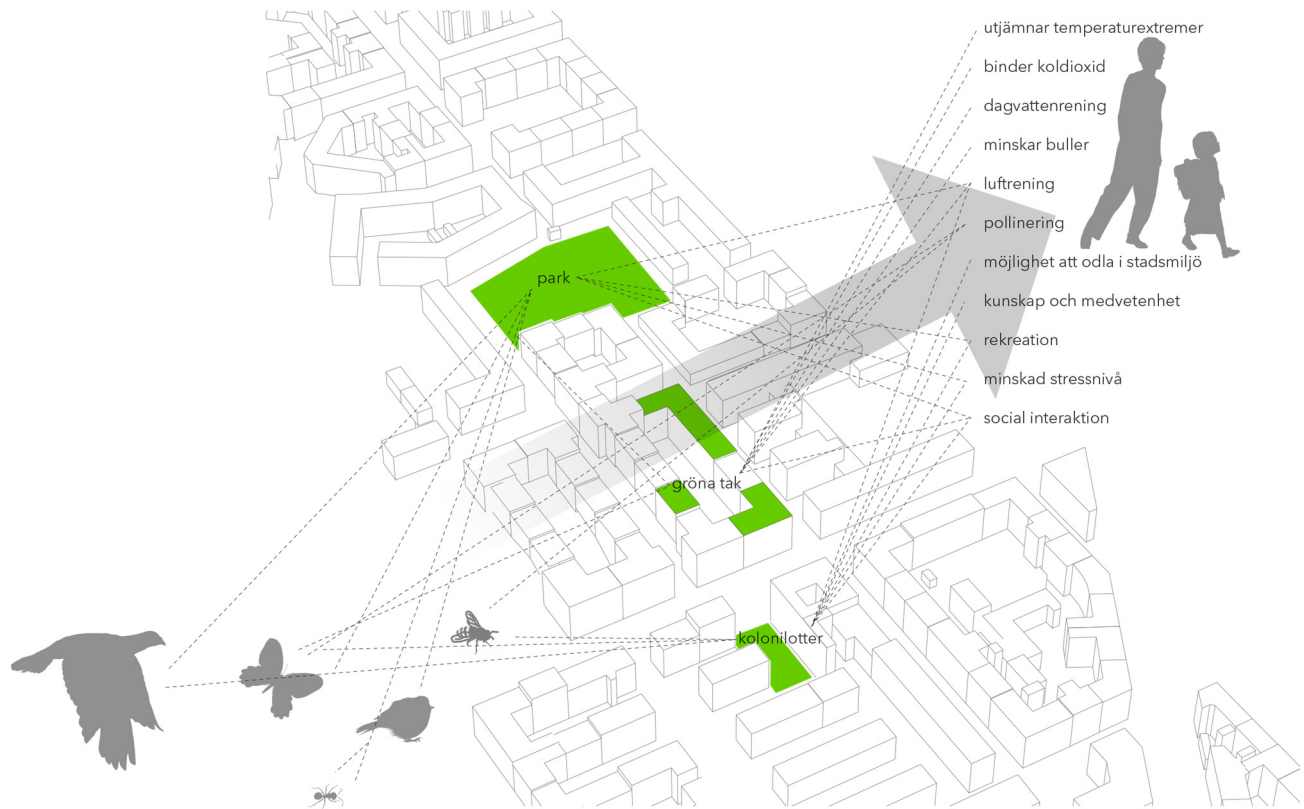


Fig. 1 Illustration som visar hur gröna element i staden producerar ekosystemtjänster som kommer människan till godo (Ekosystemtjänster i stadsplanering – en vägledning, C/O City, 2004).

Introduktion

Inom stadsbyggnadspraktiken har vi de senaste åren sett många försök att svara på de miljöproblem vi ser ständigt nya bevis på. Det har av naturliga orsaker lett till ett betydligt större intresse för stadens grönområden och natursystem på ett sätt som tidigare inte varit fallet. Det finns ett brett spektrum av tillvägagångssätt här som ofta samlas under beteckningar som *Sustainable Urbanism* och *Smart Growth*. Under de senaste åren kan man dock identifiera ett växande intresse och en allt större kunskapsbas inom forskning och praktik som i högre grad har sin grund i vad vi kan kalla *Ecological Urbanism*. Vi kan tolka detta som ett skifte från en första generation av forskning och praktik inom hållbar stadsutveckling, riktad främst mot klimatförändringar, till en andra generation, som breddar fältet så att det även omfattar stadens ekosystem och frågor om biodiversitet.

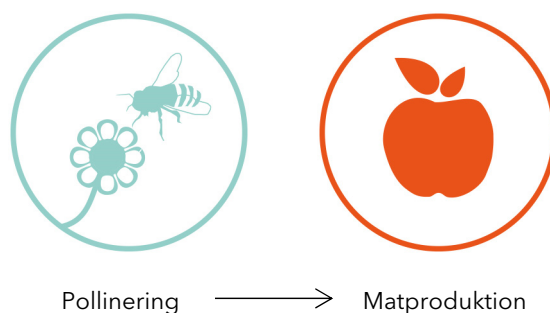
Ett tecken på detta är hur gröna områden i städer börjar spela en allt annan roll inom stadsbyggandet, bortom frågor om fritid och rekreation som de traditionellt tilldelats. Istället ses de som bärare av urbana ekosystem. Stadsbyggandet har tidigare sällan sett som sin uppgift att stödja ekosystem i städer, varför denna möjlighet i allmänhet har missats. Naturligtvis innebär detta nya synsätt ett behov av ökad kunskap om urbana ekosystems funktionalitet, varför det oftast är landskapsarkitekter som tagit ledningen i denna utveckling. I förlängningen medför detta också behovet att djupare förstå hur urbana ekosystem hänger samman med människans system, vilket gör det nödvändigt att både utveckla nytt kunskapsstöd i form av teori om olika sociala och ekologiska system och mer specifikt en bättre förståelse av hur vi kan forma och styra dessa genom stadsbyggande. Även om sådana försök återfinns både i *Ecological Urbanism* och till viss del även inom *Sustainable Urbanism*, är de fortfarande begränsade.

Om en ny generation av praktik inom hållbar stadsutveckling som omfattar både djupare och bredare förståelse för ekosystem i städer kräver ny forskning inom stadsbyggnad, så ställer det också nytt krav på forskningen inom urbanmorfologin, eftersom stadens form här är mediet som kan forma och upprätthålla stadens ekosystem. Den första generationen ovan, *Sustainable Urbanism*, handlar till stor del om att integrera miljövänligare tekniska system som kan förbättra stadsformens prestanda när det gäller hållbarhet, det vill säga tekniska installationer för energi och avfallshanteringssystem eller mer påtagligt, olika former av kollektivtrafiksystem. Projektet Hammarby Sjöstad är ett typiskt och framgångsrikt exempel. Men detta rör sig fortfarande inom ganska konventionella stadsbyggnadslösningar med fokus på tekniskt förbättrade. Den andra generationen handlar istället om en mer direkt användning av stadens byggda form: Hur kan stadens form inte bara vara bärare av sociala och ekonomiska system som alltid har varit fallet, utan också ekologiska system. Nya perspektiv på dikotomin mellan stad och natur öppnar ögonen för hur ekosystem alltid har spelat en viktig roll i byggandet av städer - fram till förra seklet var exempelvis städerna rika på olika former av jordbruk - varför det blir allt mer uppenbart att gränsen mellan stads- och naturlandskap som vi idag tar för givet snarast är en myt. Vi ser här hur detta reser frågor på en ganska djup teoretisk nivå, eftersom om vi skall utveckla kunskap om hur stadsform inte bara kan hysa sociala system utan även ekologiska, så ställer detta även krav på ny kunskap inom urbanmorfologin.

Tillvägagångssättet i den här studien baserar sig å ena sidan på resiliensteori med utgångspunkt i den kanadensiska ekologen C.S. Holling's arbeten och dels den riktning inom urbanmorfologin som kallas space syntax och utvecklats av Bill Hillier och Julienne Hanson. Holling's resiliensteori utvecklades som ett sätt att förstå den icke-linjära dynamiken i natursystem, såsom de processer genom vilka ekosystem behåller sin funktionalitet i samband med störningar av olika slag. Av stor betydelse är hur naturligsystem här ses som integrerade med mänskliga system i det som kallas social-ekologiska

system. Inte minst viktigt i detta sammanhang är konceptet ekosystemtjänster, vilket anger det stora antal tjänster som ekosystemen producerar till förmån för människans hälsa och välbefinnande, såsom pollinering, luft- och vattenrening, naturlig dränering etc. Space syntax å den andra sidan, utvecklades som ett svar på det moderna stadsbyggandets kris i början av 70-talet och behovet av en djupare förståelse av förhållandet mellan stadens rumsliga form och olika sociala effekter. Vägen framåt här föreslogs i space syntaxforskningen vara att stadens rumsliga konfiguration, så som den strukturerades och formades i stadsbyggandet, ligger i relationerna mellan de olika stadsrummen, snarare än i de enskilda stadsrummen i sig. Intressant nog innebär detta att space syntax här delar betoningen på ett systemperspektiv på sitt kunskapsobjekt med systemekologi, vilket öppnar för översättningar mellan de båda. Syftet med att kombinera dessa forskningsområden i något som vi här kallar social-ekologiskt stadsbyggande, är just att översätta kunskap om resiliens, social-ekologiska system och ekosystemtjänster till stadsform för att därigenom göra det möjligt att skapa, forma och upprätthålla sådana genom stadsbyggnad.

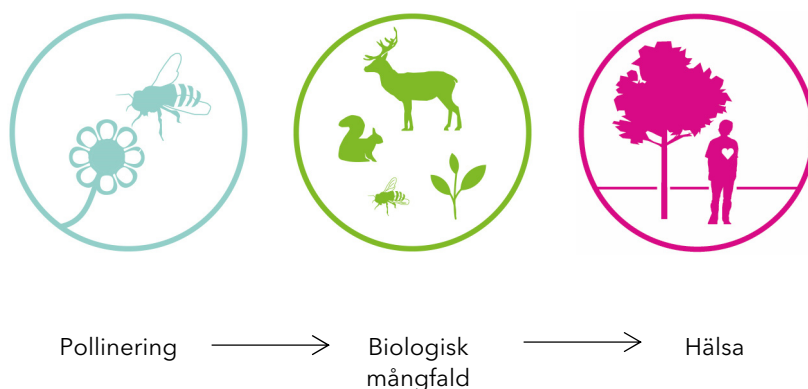
I forskningsprojekt 'Bee Connected', ett samarbete mellan Chalmers, SLU och Beijerinstitutet och del av C/O City (finansierad av Vinnova) är just detta den centrala frågan. Projektet fokus ligger på ekosystemtjänsten pollinering och hur stadsbyggnad kan stödja, skapa, forma och upprätthålla den viktiga funktionen, även i våra städer. Förekomsten av pollinerande insekter är avgörande för fröproduktion hos många vilda och odlade växter och är en betydelsefull ekosystemtjänst som är mer eller mindre omöjlig att ersätta på konstgjord väg. 76% av våra viktigaste skördar behöver pollinatörer för att producera den mat vi människor behöver och pollinerings-tjänster har värderats till hisnande 153 miljarder Euro per år globalt (Baldock et al., 2015). Samtidig finns mycket som tyder på att förekomst och utbredning av många pollinerande insekter minskar. Drygt en tredjedel av alla bin och nära en tredjedel av alla dagflygande fjärilar i Sverige är rödlistade, vilket betyder att deras långsiktiga fortlevnad i landet är osäker (ArtDatabanken 2015). Bin och fjärilar har under lång tid utnyttjat miljöer som skapats av och varit beroende av mänsklig skötsel i ett småskaligt brukat landskap, där olika typer av miljöer förekom i nära anslutning till varandra. Landskapet har förändrats de senaste 100 åren, blomrika miljöer, som ängs- och betesmarker, har till stor del vuxit igen, trädplanterats eller odlats upp och öppna blomrika habitat i skogen, som tidigare uppstått till följd av t ex brand eller skogsbyte, har blivit ovanligare. Utöver habitatförlust hotas pollinatörer av klimatförändringar, invaderande arter, bekämpningsmedel och sjukdomar.



Livsmiljöer för pollinerande arter behöver restaureras och/eller skapas där det är möjligt. Urbana miljöer kan hysa ett stort antal arter bin och det finns flera fjärilsarter som utnyttjar blomrika välgkanter, hyggen och/eller kraftledningsgator, bland dessa finns hotade arter som violett guldvinge, asknätfjäril och vädndätfjäril. Detta indikerar att det finns potential att utveckla sådana urbana miljöer

både för att gynna viktiga pollinatörer generellt och för att gynna enskilda hotade arter inom dessa artgrupper.

Innan vi presenterar resultat av den här studien och hur de bäst kan användas i stadsplaneringen vill vi ta ett steg tillbaka och vidga vyerna. Vår studie bygger på en analys av pollinerande insekter, framförallt humlor, men vi har på goda grunder anledning att anta att förutsättningar som gynnar ekosystemtjänsten pollinering även gynnar många andra ekosystemtjänster. Pollinerande insekter har även visat sig vara goda indikatorer på biologisk mångfald (Blair, 1999) och artrika stadsområden har i sin tur visat sig vara hälsofrämjande (Maller et al., 2006).



Det finns emellertid trade-offs mellan att förvalta för ökad biologisk mångfald och alternativa markanvändningar, funktioner och ekosystemtjänster (Maes et al., 2012). Vissa användare av grönytor föredrar till exempel kort, "snygg" gräsmark för rekreation, som tenderar att generera en låg biologisk mångfald. Lokala myndigheter, byggherrar, stadsplanerare och arkitekter behöver därför arbeta tillsammans för att identifiera eventuella trade-offs, men även synergier, och noggrant planera, designa och hantera en biologisk mångsidig och multifunktionell grönstruktur. Evidensbaserade tumregler och design-principer är nödvändiga för att säkerställa att grön planering verkligen förbättrar stadsområden för biologisk mångfald, snarare än att fungera som en "tick box-övning" för att uppfylla politiska åtaganden på papper men som inte leder till åtgärder som gynnar biologisk mångfald i verkligheten (Garmendia et al., 2016). Vi återkommer till detta när resultat diskuteras och hur dessa kan användas för att komplettera det populära Grönytefaktor (GYF) verktyget.

GYF lägger fokus på lokala åtgärder när det gäller markhantering och landskapsplanering i nya stadsbyggnadsprojekt, men tar inte med givna eller kommande förutsättningar i omgivningen till sådana projekt. Tidigare forskning (Ahrné et al 2009) har dock visat att just omgivningen är särskilt viktigt när det handlar om art-diversitet vad gäller arter som rör sig i landskapet t ex flygande insekter. I isolerade miljöer kan bin eller humlor visserligen överleva om det finns tillräckligt med föda och andra resurser, men antalet olika arter minskar, och isolerade populationer riskerar att på sikt få minskad genetisk variation, vilket i längden inte är en hållbar lösning. Saknas art-diversitet blir pollinering inte lika effektiv och blir dessutom känslig för störningar, som till exempel sjukdomar eller klimatförändring, varför diversitet skapar redundans och därmed bättre hållbarhet och resiliens i systemet (Holling, 1973; Elmqvist et al., 2013).

I denna delrapport presenteras resultat av en studie där fokus ligger på grönstruktur och dess roll för ekosystemtjänsten pollinering. Vi vet redan mycket om hur lokala åtgärder kan öka antalet pollinatörer, vilket också kommer att presenteras i rapporten, men det som är nytt i rapporten handlar

om hur stadsbyggnad också, via ett ökat antalet pollinerande *arter*, kan bidra till att skapa resilienta lösningar. Kapitel 1 introducerar ekosystemtjänsten pollinering och de två viktigaste delarna i frågan: hur man å den ena kan gynna sidan antalet pollinerande insekter och å den andra sidan artrikedom eller diversitet. Dessa diskuteras i sedan i detalj i Kapitel 3 respektive Kapitel 4. Kapitel 5 sammanfattar de viktigaste slutsatserna när det gäller praktiska åtgärder och beskriver hur metodiken har använts i ett pilot-projekt.

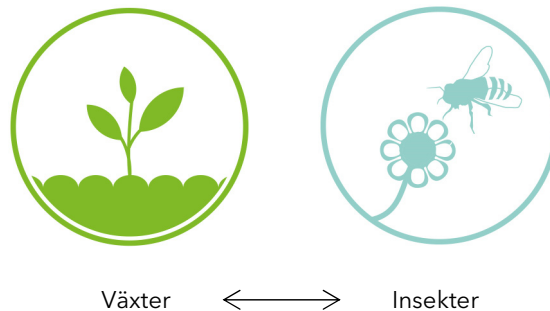


Fig. 2 Den rödlistade mosshumlan *Bombus muscorum* (nära hotad, NT) på kärleksört.
Foto: Karin Ahrné, SLU

1. Pollinatörer i staden

Viktiga pollinatörer

De flesta växter, både vilda och odlade, behöver pollinering för sin fortplantning. De kan befruktas genom självpollinering, d v s pollen från en blomma kan fastna på pistillens märke i samma blomma, eller korspollinering, d v s pollenkorn flyttas från ståndaren på en blomma till pistillen på en annan blomma av samma art, och ett livskraftigt frö utvecklas. För korspollinering krävs förflyttning av pollen från en blomma till en annan och det kan ske med hjälp av djur, vind eller vatten. Majoriteten av blomväxterna (*Angiospermae*) är helt eller delvis beroende av djur för sin pollinering (Waser, 2006). De flesta pollinatörerna finns bland insekter som steklar (Hymenoptera) t ex bin, getingar och myror, fjärilar (*Lepidoptera*), skalbaggar (Coleoptera) och tvåvingar (*Diptera*) t exflugor och blomflugor (ibid.). Även fåglar och däggdjur t ex fladdermöss kan fungera som pollinatörer. Följande text fokuserar på insekter som pollinatörer och i första hand bin, inklusive humlor, som är viktiga pollinatörer i vår del av världen. Fjärilar som pollinatörer kommer också att nämnas för att visa på en annan grupp insekter med många blombesökande arter som bidrar till pollinering och delvis har andra behov under sina utvecklingsstadier än bin och där det dessutom finns arter som är aktiva nattetid.



Samspel mellan växter och insekter

Många blomväxter utsöndrar nektar som ett slags lockbete eller belöning för att locka insekter att besöka deras blommor. När insekterna besöker blommorna fastnar pollen på deras ben eller kropp och de för med sig pollen till nästa blomma de besöker och bidrar på så sätt till växtens fortplantning. Insekterna i sin tur utnyttjar den söta nektarn som energikälla. Deras främsta intresse är inte att pollineringen blir framgångsrik, även om det på längre sikt gynnar dem att växterna reproducerar sig. Insekterna är snarare ute efter att få näring och energi för att kunna flyga eller röra sig och föda upp sin avkomma. Det finns också insekter som aktivt samlar pollen som föda till sina larver t ex humlor och flera andra arter bin. Dessa arter har särskilda fysiska anpassningar som gör att de kan samla stora mängder pollen på bakbenen eller någon annanstans på kroppen vid varje blombesök. Evolutionärt så har samspelet mellan växter som behöver korspollinering och insekter som lever av nektar och/eller pollen gett upphov till en rad anpassningar, både hos växter och insekter, för att från växtens perspektiv säkra pollinering och fortplantning och från insektens perspektiv säkra tillgången på föda. Det har lett till att en del blommor mycket specifikt lockar till sig individer av en särskild art och att en del djur enbart väljer att besöka vissa växter. Oftast är det inte ett antingen eller utan arter både bland växter och blombesökare är mer eller mindre specialister eller generalister. Blommor attraherar insekter med hjälp av dofter, utseende och färg och insekter lär sig skilja på växter med hjälp av dessa karaktärer. Ett sätt för växten att specialisera sig är att ha svårtillgängliga nektargömmen. Detta avgör vilka arter som framgångsrikt kan besöka växterna för att samla nektar. En del växter har stängda blommor som endast större insekter som humlor kan öppna för att komma

åt nektarn, t ex gulsporre och lejongap (Mossberg & Cederberg, 2012). Blommor med nektargömmen djupt i blomkalken kräver insekter med lång sugsnabel (eller lång tunga som den ibland kallas), t ex långtungade humlor eller fjärilar. Blommor med mer ytliga nektargömmor kan besökas av många olika insekter t ex flugor, getingar, och skalbaggar, men också mer korttungade humlor och andra bin. Växter med djupa nektargömmor är beroende av färre och mer specialiserade insekter, men kan samtidigt i större utsträckning än blommor med ytliga nektargömmor räkna med att dessa insekter främst besöker andra blommor av samma växtart, vilket gör pollineringen mer effektiv. En del växter attraherar insekter som flyger i skymningen eller på natten t ex genom att endast utsöndra doftämnen kvällstid.

Alla blombesökande insekter fungerar inte som pollinatörer (Waser, 2006). Individer av en del arter är alldeles för små för att komma i kontakt med växtens reproduktiva delar och kan utnyttja nektar från växten utan att bidra till pollinering. Individer av en del arter besöker för få blommor under sin livstid för att väsentligen bidra till pollinering. Det finns också arter bland humlor som stjälar nektar ur blommor med lång pip genom att bita hål i blomman och suga nektar genom hålet. Då kommer de inte alls i kontakt med blommans reproduktiva delar och bidrar alltså inte till pollinering. Ett exempel är mörk jordhumla som snyltar nektar från t ex nunneört, löjtnantshjärtan, gulsporre. När humlorna har bitit hål i blomman så kan andra mer korttungade arter utnyttja hålen och också snylta på växtens nektar.

Eftersom vilda bin (inklusive humlor) och honungsbin (tambin) aktivt samlar pollen och därmed för med sig stora mängder pollen från blomma till blomma och besöker många blommor brukar de anses vara effektiva pollinatörer. Pollen är den enda källan till protein för bin och därför nödvändig för att föda upp nya individer. De vuxna bina får energi att flyga från blomma till blomma genom att suga nektar. Många dag- och nattfjärilar använder också nektar som sin främsta energikälla som vuxna fjärilar. Alla bin (273 arter), varav 37 arter är humlor, nästan alla dagflygande fjärilar (ca 120 arter) och ett stort antal nattfjärilar (ca 200 arter) som förekommer med reproducerande populationer i Sverige besöker blommor för nektar och/eller pollen (ArtDatabanken opubl. data). Flertalet bin besöker blommor både för deras nektar och för att samla pollen som föda till larverna, medan vuxna fjärilar besöker blommor enbart för att dricka nektar och då kommer i kontakt med blommans ståndare och får pollen på kroppen som sedan överförs till pistillens märke på nästa blomma fjärilen besöker.

Pollinatörer i staden

Att förvalta städer för att gynna pollinatörer blir allt viktigare och genom att förse bin med mat och boplatser ser vi samtidigt till att göra staden mer resilient och hälsosam för oss människor. Åtgärder som kan utföras för att stödja pollinatörer i staden kan till exempel vara att bevara ängar med vilda blommor, lämna gräsytor oklippta och uppmuntra bekämpningsmedelsfri urban odling. Träd är viktiga för att de ofta utgör en huvudkälla för mat för pollinatörer. Till och med den så kallade "gråa infrastrukturen" (t.ex. byggnader), kan användas för att stödja pollinatörer genom att tillföra gröna tak och väggar på strategiska platser. Förutom att dessa gröna ytor är bra för pollinatörer, suger de även upp överflödigt regnvatten och minskar därmed risken för översvämningar, lagrar kol, renar luften och sänker temperaturen under heta sommar dagar. Med andra ord, grönytor, träd och buskar fyller en viktig funktion via sin leverans av många olika så kallade ekosystemtjänster.

Genom att tänka på städer som social-ekologiska system och medvetet börja integrera ekosystemtjänster i stadsplaneringen kan vi identifiera ett kraftfullt verktyg för att bygga hälsosamma, hållbara och resilienta städer. Med 700 000 nya bostäder som skall byggas inom en mycket snar framtid så är detta en möjlighet att ställa om våra städer mot större hållbarhet som det kommer att dröja innan vi får igen.

När man studerar grönområden och rollen de kan spela för både människor och andra arter i städer, är två aspekter särskilt viktiga: kvaliteten på grönområdena och kopplingarna mellan dem. Det senare är särskilt viktigt när grönområden är mycket splittrade, vilket ofta är fallet i städer. Vi har god kunskap om vad som ger kvalitativa grönområden och har planeringsverktyg som GYF för att reglera det (se Kapitel 2). Receptet är enkelt och okomplicerat: intensifiera och diversifiera det gröna genom att öka blomrikedom, skapa kontinuitet av blommande växter och ge tillgång till andra resurser insekterna behöver, som sandiga solbelysta marker och död ved. Men, för antalet olika *arter*, d v s artrikedom av pollinatörer, är det viktigare att ha tillgång till fler grönområden än bara den lokala. Artrikedom när det gäller pollinatörer är viktigt för att säkerställa att själva ekosystemtjänsten finns kvar även om en viss art skulle försvinna. Det bidrar alltså till ekosystemtjänstens resiliens och därmed även till stadens resiliens. Dessutom är olika arter aktiva under olika perioder av blomsäsongen, vilket naturligtvis är viktigt för olika växtarter. För en effektiv pollinering behövs alltså en mångfald av olika pollinatörer.

För att ett grönområde i en stad ska kunna fungera som livsmiljö för pollinerande insekter krävs att området har resurser som pollinatörerna behöver, samt att de ska kunna ta sig dit, om de inte redan finns där. Arter som flyger kortare sträckor för att söka föda är mer känsliga för ökade avstånd mellan olika habitat (livsmiljöer), till exempel genom bebyggelse. Små gröna områden är känsliga för störningar. Det är därför viktigt att, istället för att tänka i enskilda lösningar i form av ett grönt tak eller en park, börja utveckla en sammanhållen grönstruktur. Ett grönt tak eller en grön gård kan då plötsligt spela en nyckelroll genom att koppla samman till exempel två parker som ligger relativt långt från varandra.

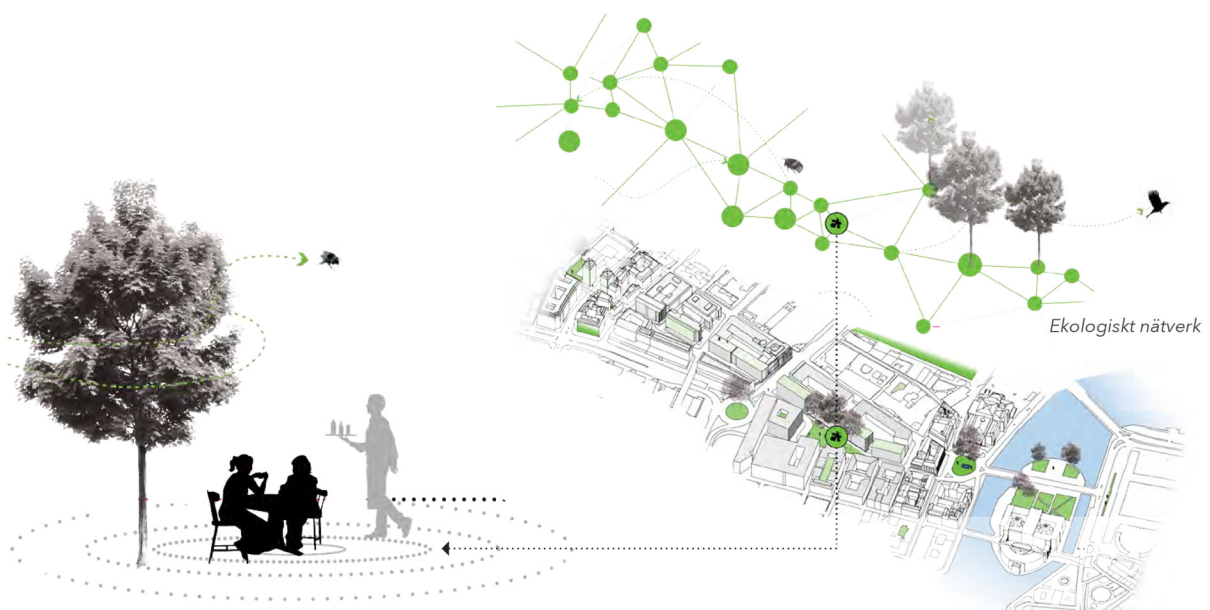


Fig. 3 Staden som ett ekologiskt nätverk (*Ekosystemtjänster i stadsplanering – en vägledning, C/O City, 2004*).



Fig. 4 Pop up parken 'Bee Connected' i Göteborg med växter som gynnar pollinerande arter.

2. Lokala åtgärder för att gynna pollinerande insekter

I det här kapitlet beskrivs de lokala kvalitéer som gynnar pollinatörer. Dessa är viktiga för antalet pollinatörer som kommer att finnas i ett område. I planeringen av nya områden i staden och särskilt när man jobbar med verktyget GYF, fokuserar man på dessa åtgärder. Det är bra att vara tydligt med att dessa lokala insatser gynnar pollinatörer, men att de inte är någon garanti för att det kommer att finnas många olika arter, vilket är särskilt viktigt för att skapa resiliens (tänk på störningar som utrotar en art), men också för att åstadkomma en effektiv pollinering (olika arter är aktiva olika perioder av säsongen). För att öka artrikedomen krävs ett sammanlänkande av olika habitat i omgivningen. Forskningen har visat att fler gröna ytor i omgivningen gynnar artrikedomen (Ahrné et al 2009). Detta kommer att diskuteras i detalj i Kapitel 3. Först följer nu en diskussion om de lokala åtgärder som gynnar pollinatörer.

Ökad blomrikedom

Det mest uppenbara sättet att gynna blombesökande insekter i städer är att på olika sätt öka tillgången på blommande växter i befintliga grönområden och genom att skapa nya miljöer. Befintliga miljöer som kan utnyttjas för att öka blomrikedomen i det bebyggda landskapet är t ex vägkanter och andra infrastrukturbiotoper, trädgårdar, parker, kyrkogårdar, koloniträdgårdar och bostadsområden. Vägkanter kan utnyttjas för att skapa blomrika miljöer med insädd av ängsväxter som tillåts gå i blom innan vegetationen slås av. Viktigt att tänka på är att potentiellt invasiva trädgårdsväxter också kan sprida sig längs vägar. Ett tydligt exempel är blomsterlupin som i vissa områden växer överallt längs större vägar. Sådana arter kan ta över, tränga undan och förhindra andra växter att etablera sig. Gräsmattor som inte utnyttjas som sådana kan omvandlas till mer blomrika miljöer genom ändrad och mindre intensiv skötsel. Många gräsmattor har redan inslag av örter som vitklöver, käringtand och brunört som, om de tillåts gå i blom, är bra pollen och nektarkällor för många bin. Tidigt på våren kan scilla och gullvivor förekomma i gräsmattor och kan gynnas genom att man undviker att klippa ner dem innan de blommat klart. Senare på sommaren finns ofta höstfibbla, som både bin och fjärilar gärna besöker. Även maskrosor kan vara en viktig och tidig nektarkälla. Där förutsättningarna är lämpliga, dvs inte alltför näringsrik mark, kan gräsmattor göras om till blomrika ängar. Stora gräsytor som behöver skötas kan användas som betesmarker. Då är det viktigt att tänka på att inte ha för många djur på för liten yta. Djuren bidrar till en småskalig variation i blomrikedom eftersom de inte betar av hela gräsytan på en gång. Ytterligare sätt att öka blomrikedomen är genom att anlägga rabatter, odla kryddväxter, bärbuskar, fruktträd och viden, men även blomlådor på balkonger bidrar (Läs mer om växter och miljöer som är viktiga för bin i Linkowski m fl 2004a och b och Mossberg & Cederberg 2012).

Kontinuitet av blommande växter

För att gynna många arter pollinerande insekter behövs blommande växter under hela säsongen. Eftersom blomrikedomen i städer i hög grad är beroende av planering och skötsel går det att välja växter så att det finns tillgång på pollen och nektarkällor under hela säsongen.

Olika arter flyger under olika perioder och samhällsbyggande arter, som humlor, behöver tillgång till blommande växter under hela säsongen för att kunna bygga upp livskraftiga samhällen och producera nya drottningar och hannar så att de kan fortplanta sig. Bland bina skiljer man på arter som lever socialt i samhällen, med en drottning, arbetare och mot slutet av säsongen även hannar t ex humlor och honungsbin, och arter som lever solitärt utan arbetare (majoriteten av arterna). När det gäller humlorna anläggs samhället under våren av en ensam drottning som hittar en lämplig boplat och börjar föda upp arbetare. Mot slutet av säsongen, eller när samhället har uppnått en viss storlek, börjar nya drottningar och hannar födas upp. När de nya drottningarna lämnat boet söker de upp hannar från andra samhällen och parar sig, därefter hittar de en plats att övervintra på medan det

övriga samhället, gamla drottningar, arbetare och hannar dör. När det gäller honungsbin övervintrar i stället drottningen tillsammans med arbetarna, och hannarna (drönarna) dör innan vintern. Honungen behövs för att föda samhället under vintern. Humlors samhällen består sällan av fler än 500 individer, oftare av mellan ett tjugotal och ett par hundra, medan ett samhälle av honungsbin kan ha mellan 20 000-90 000 arbetare (Mattson & Lang 1994). För att bygga upp ett samhälle, likt humlornas eller honungsbinas, krävs stora mängder nektar och pollen under hela säsongen. Hos de solitära arterna föder varje hona upp ett mindre antal avkommor. Även hos solitära arter är det vanligt att flera honor anlägger sina bon i närheten av varandra så att många individer finns på en plats. Solitära arter är ofta mer specifika i sina val av växter, flyger under en kortare tid och har anpassat sin flygtid till när näringsväxterna normalt blommar. Dessa arter är mer känsliga för förändringar i miljön som påverkar tillgången på deras näringsväxter, eller timingen i blomning för växterna (t ex väderförhållanden och klimatförändringar) och mindre känsliga för brist på kontinuitet i blomning över hela säsongen. Däremot är det viktigt att just deras näringsväxter finns och blommar när de ska. Många av de solitära arterna flyger tidigt på säsongen. Både solitära bin och humledrottningar är beroende av proteinrikt pollen på våren och försommaren och dras ofta till sälg och andra viden som blommar tidigt. Viden är delvis vindpollinerade och hanplantorna producerar stora mängder pollen (Mossberg & Cederberg, 2012). Genom att öka tillgången på blommande växter i städer under perioder när blomrikedomen i omgivande landskap är låg, t ex tidigt på våren och under sensommaren, kan man bidra till att stärka bipopulationer.

När det gäller fjärilar så flyger olika arter under olika tider på säsongen. En del fjärilar som t ex påfågelöga, citronfjäril och nässelfjäril övervintrar som vuxna och är redo att flyga så fort det blir varmt på våren, medan många arter övervintrar som ägg eller larver och tar längre tid på sig att utvecklas till vuxna individer och flyger därmed senare. En del arter flyger med fler än en generation per säsong. För att gynna många arter är det alltså viktigt med kontinuitet av blommande växter även för fjärilar.

Tillgång till andra resurser insekter behöver

Många av de insekter som bidrar till pollinering är beroende av ett varierat landskap med förekomst av olika typer av resurser, utöver nektar och pollenkällor även bomiljöer, byggmaterial, näringsväxter, vindskydd och tillräcklig solinstrålning. För att gynna bin och fjärilar är det viktigt att även dessa behov tillgodoses.

Bin behöver olika typer av bomiljöer och ibland även byggmaterial. En del bin bor i sandiga solbelysta marker, andra bor i håligheter i träd, död ved eller gamla övergivna musbon (t ex många humlor). Snäckmurarbetet *Osmia bicolor* bygger bo i tomma snäckskal. En del bin använder delar av blad för att bygga celler för sina larver (bladskärrabin/tapetserabin, *Megachile*), andra använder lera (murarbin *Osmia*) eller växthår från bladen av t ex tussilago, kungsljus och lammöron (ullbin, *Anthidium*). Fjärilar kan förutom ett behov av näringsväxter för sina larver också ha krav på att miljön har vissa fuktförhållanden, inte är alltför skuggig eller blåsig. Därför är en varierad miljö med inslag av träd och buskar ofta gynnsam. Humlehannar utnyttjar också träd, buskar och stenar för sina parningsrundor. De flyger en runda och doftmarkerar på t ex grenar eller blad för att locka parningsvilliga drottningar. Sedan återvänder de med jämna mellanrum till de platser de markerat för att se om någon hona hittat dit.

De flesta fjärilar tillbringar största delen av sitt liv som larver och är ofta mer specifika i sitt val av värdväxter för larverna än när det gäller nektarkällor för de vuxna fjärilarna. Uppgifter om vilka värdväxter larver av olika fjärilar utnyttjar går att hitta på <https://artfakta.artdatabanken.se/>.



Fig. 5 Central Park, New York och Turia River Park, Valencia

3. Gröna kopplingar för att gynna artrikedomen

Som diskuterats tidigare räcker det inte med lokala kvalitéer för att gynna en mångfald av pollinerande arter, det behövs även god tillgång till grönytor i omgivningen. Detta förminskar inte vikten av lokala förutsättningar som diskuterades i Kapitel 2, men ställer helt enkelt extra kontextuella krav utöver det lokala. I en tidigare studie av Ahrné et al (2009) används en enkel tillgänglighetsanalys av mängden grönyta inom en radie på 1 km. I områden med mer tillgång till grönyta hittades fler olika arter av humlor. Med andra ord, urbana miljöer med mindre grönyta har sämre förutsättningar att bidra till en större diversitet när det gäller arter av bin. Problemet med studien är att den är väldigt grov när det kommer till hur grönytor är fördelade och formade. En stor yta är alltså lika bra som flera mindre ytor. Det vi menar är att det spelar roll om vi har en stor grön central park som Central Park i New York eller en mer utsträckt park som Turia River Park i Valencia (Figur 5). Samma grönyta kan man kanske även realisera genom många mindre parker. Dessa skillnader i konfiguration av grönytor finns på alla skalor och påverkar processer som är viktiga för ekosystemen. Hur exakt detta påverkar mångfalden av pollinerande arter vet vi inte och är huvudfrågan i detta kapitel. Hur påverkar placering av byggnader och grönytor, deras form och inbördes relationer artrikedomen. Vi vill alltså hitta svar på frågan om man kan bygga mer tätt utan att försämra artrikedomen?

I det här kapitlet redovisas resultat av en studie i 16 kolonilottsområden i Stockholm, där vi hade tillgång till observationer av humlor (både antal och deras artrikedom eller antalet olika arter). Materialet utgörs av samma observationer som tidigare publicerades i Ahrné et al (2009). I Tabel 1 presenteras antalet humlor som hittades i de olika områdena (på tabell 1 'Abundance'), diversiteten som kan mätas på olika sätt: antalet olika arter humlor, artrikedom och diversitet (i tabell 1 respektive 'Number of Species', 'Species Richness' och 'Simpson Index'). Species Richness är en metod för att räkna fram jämförbara värden på artrikedom när man har olika antal sample i områdena som i den här studien (på grund av deras olika storlek). Så framöver är det denna mått som används när vi diskuterar diversitet. I områdena räknades totalt 1.937 humlor och 13 olika arter. Den högsta diversiteten hittades i område 3 (Gröna Hägern) i Täby och den lägsta diversitet i område 5 (Karlbergs Bro) i centrala Stockholm.

För att förstå hur tillgänglighet av grönytor påverkar artrikedomen har vi testat tre sätt att mäta avstånd, där den gestaltade livsmiljön på ett eller annat sätt tas med. Resultaten presenterades och publicerades på en forskningskonferens om stadsrumsanalyser i Lissabon (Berghauser Pont et al. 2017) och sammanfattas här. Innan vi går in i metodiken och resultat av studien, diskuteras nedan de viktigaste aspekterna av humlors beteende i städer, vilka senare används för att bygga modellen med vars hjälp de 16 kolonilottsområdena analyserades.

ID	Area name	Municipality	Abundance	Number of Species	Species Richness	Simpson Index (1-D)
1	Barnängen	Stockholm	107	7	5.74	0.72
2	Bergshamra	Solna	139	9	6.48	0.80
3	Gröna Hågern	Tåby	190	11	8.47	0.87
4	Kaprifolen	Sigtuna	72	8	7.15	0.85
5	Karlbergs Bro	Stockholm	39	5	4.28	0.61
6	Kvarnvreten	Solna	123	10	6.40	0.80
7	Lupinen	Märsta	108	7	6.29	0.83
8	Sigtuna	Sigtuna	25	8	8.00	0.81
9	Smedby	Upplands Väsby	105	8	6.66	0.81
10	Sollalla	Stockholm	39	7	6.49	0.75
11	Stora Mossen	Stockholm	170	9	6.36	0.81
12	Söderbrunn	Stockholm	208	10	7.75	0.87
13	Södersättra	Sollentuna	172	10	8.59	0.88
14	Södra årstalunden	Stockholm	196	9	5.16	0.69
15	Vaxmyra	Upplands Väsby	141	11	7.22	0.83
16	Väsby	Upplands Väsby	103	9	6.20	0.76

Tabell 1 Observation data 16 allotment gardens (Ahrné et al. 2009)

Humlor och deras beteende i städer

Det är främst sökandet efter nektar och pollen, samt boplatser, som genererar rörelse av humlor i landskapet. De använder sin visuella förmåga och sitt doftsinne för att hitta mat och navigera i landskapet (McFredrick et al., 2008). Kontrollerade experimenten har visat att humlor och honungsbin litar på visuella signaler, snarare än magnetisk information, vilket man vet från studier där humlor fått hitta tillbaka till rätt hörn av en rektangulär låda där de tidigare blivit belönad med en sockerlösning (Dittmar et al., 2014). Samma experiment visar att humlor litar mer på avlägsna visuella signaler än på lokala.

När humlor söker mat börjar de från en viss plats (deras bo) och måste återvända till den platsen för att lasta av insamlad nektar och pollen. Humlor kommunicerar inte riktningen till eller lokaliseringen av blommor eller andra växter till andra humlor, som till exempel honungsbin gör. De verkar emellertid kommunicera doften av den växt som de har besökt med de andra humlorna i det samhälle de tillhör, vilket bidrar till att hitta födokällan snabbare (Dornhaus och Chittka, 1999). På grund av en ökad mängd luftföroreningar har avståndet inom vilket dofter kan upptäckas minskat, från kilometer, under preindustriella tider, till mindre än 200 meter idag (McFredrick et al., 2008). Det finns också bevis för att enskilda bin är mer benägna att återvända till växter med högre halt nektar, vilket innebär ett relativt utvecklat rumsligt minne vid födosök (Cartar, 2004).

Rörelse av humlor genom landskapet sker på två skalor: 1) Daglig rörelse för att söka föda och 2) drottningars förflyttning på våren för att söka en lämplig boplatz (Dyck och Baguette, 2005). I denna studie fokuserar vi på den dagliga rörelsen. Det dagliga flygavståndet för humlor är känt att variera mellan arter. Osborne et al. (1999), exempelvis, studerade humlor med hjälp av *harmonic radar* och hittade ett medelavstånd på 275m och ett intervall på 70-631m. Resultaten av andra studier som använder mikrosatelliter har funnit ett intervall av 449-758m (Knight et al., 2005).

Barriärer som möjligen påverkar navigeringen negativt är:

- Höjd (byggnadshöjd) - Det har visats att bin kan flyga på höjder på över 7,4 km (Dillon och Dudley, 2014), men vanligtvis gör de inte det om det inte finns några särskilda resurser som lockar dem upp på den höjden. Även om det finns få studier som direkt undersöker den vanliga flyghöjden över marken för bin, har det föreslagits att ca 2 m över marken är vanligt förekommande (Riley et al., 1999). Därför kan byggnader fungera som barriärer, vilket tvingar

bin att navigera runt dem om det inte finns någon resurs kopplad till byggnaden, t.ex. ett blommande grönt tak eller en grön vägg eller blommor på balkonger.

- Hårda ytor och vägar – Hårda ytor skapar inte nödvändigtvis barriärer, men de har visat sig ha en negativ inverkan på antalet boplatser (Jha och Kremen, 2013). Medan humlor och bin har förmåga att korsa en väg och järnväg, kan dessa strukturer begränsa rörelsen (Bhattacharya et al., 2003).
- Vatten - Eftersom vattenytor inte ger mat eller utgör möjliga boplatser, kan de, beroende på storleken, fungera som barriärer för humlor och bin.

Olika sätt att mäta tillgänglighet till grönytor

För att förstå hur tillgänglighet till grönytor i det urbana landskapet påverkar diversitet av arter har vi, som tidigare nämnts, testat tre sätt att mäta avstånd och därmed tillgänglig grönyta: den totala grönyta inom en radie av 1 km, den visuellt tillgängliga grönyta inom en radie av 1km och den sammanhållen grönyta (något som kallas 'metapatch') baserat på det Euklidiska avståndet mellan grönytor (se figur 6). Det första sättet att kvantifiera tillgängligt grönt diskuterades redan ovan och användes av Ahrné et al (2009) i den studien vi bygger vidare på. Ahrné använder Euklidiskt avstånd, d v s avståndet mäts längs en rak linje från den punkt där observationen är gjord och alla grönytor inom en sådan radie räknas som tillgängliga. I de andra två metoder används ett avståndsmått som är mer verklighetsbaserad. I stadsbyggnadsforskningen skulle detta avstånd utgöras av gångavståndet genom gatunätverket, men inom landskapsekologi blir det oftast en rak linje mellan två habitat, d v s två gröna områden, men med en viktning baserad på en marktäckekartering (Etherington et al., 2013). Samma avstånd (uttryckt i meter) påverkas därmed olika beroende på marktäckningen där olika marktäckningen genererar så att säga olika grader av 'motstånd'. Om det handlar om humlors navigering genererar en park till exempel mindre motstånd än ett industriområde och avståndet genom industriområdet räknas då som längre (mer motstånd). Nackdelen med den här metodiken är att den fysiska miljön reduceras till en serie viktningar, som kan vara svåra att fastställa.

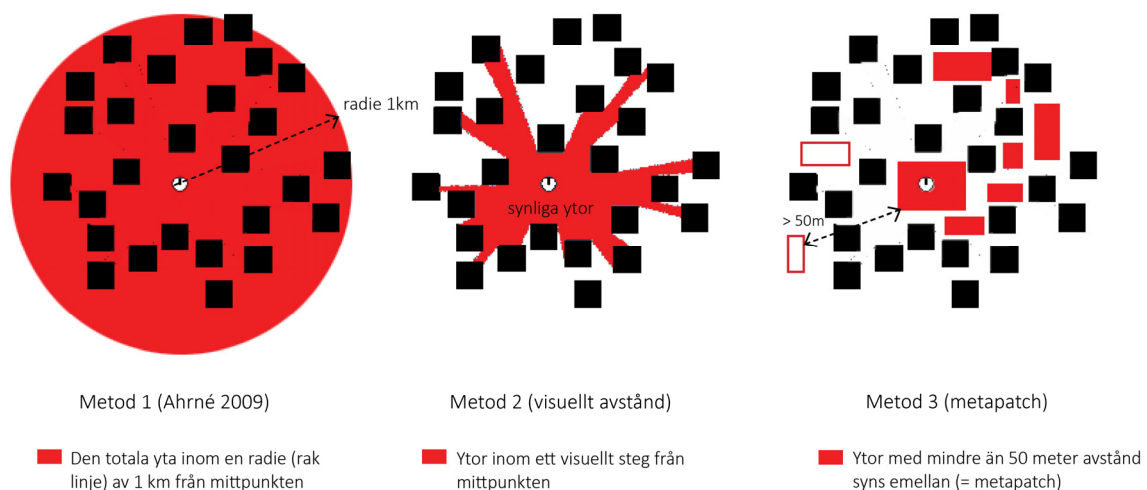


Fig. 6 Olika sätt att mäta avstånd och tillgänglighet

Visuellt avstånd

Ett alternativ, som används i den här studien, är det visuella avståndet, där byggnader ses som barriärer som bidrar till att skapa avstånd (metod 2 i Figur 6). Som diskuterades ovan så navigerar bin med hjälp av synen, där byggnader räknas som de viktigaste visuella barriärerna i det urbana landskapet. En grönyta som ligger bakom en byggnad är därmed längre bort än om den hade legat på samma plats, men utan en byggnad framför sig. Ett verktyg för att analysera det visuella avståndet är Depthmap¹ och är ett centralt verktyg inom space syntax-forskningen (Hillier och Hanson, 1984). Mer exakt görs en VGA analys (Visibility Graph Analysis) som resulterar i ett avstånd, räknad som visuella steg från en självvald punkt till alla andra punkter i området (se Figur 7). Grönytor som ligger två visuella steg bort räknas sedan till hälften och de som ligger tre steg bort till en tredje del, osv.

Metapatch

Den tredje metoden handlar om att ta hänsyn till fragmenteringen av det urbana landskapet och tar bara med de gröna ytor som är kopplade till varandra inom ett visst avstånd som inte upplevs som problematisk för pollinerande arter. Tanken bakom detta är att en grön yta som är för långt bort inte nås av bin, men en serie mindre grönytor som ligger nära varandra fungerar lika bra som en stor grön yta (Andersson and Bodin, 2010). En sådan sammanställning av mindre grönytor som fungerar egentligen som en stor kallas 'metapatch'. Det finns flera GIS verktyg för att göra sådana analyser och definiera metapatches, där MatrixGreen (Zetterberg 2011; Andersson och Bodin, 2009)² är det mest använda i den Svenska stadsbyggnadspraktiken. I den här studien summerar vi upp alla grönytor i den metapatch där också våra observationer är gjorda. Vi valde en maximal distans mellan grönytor av 20 respektive 50 meter. Med andra ord, grönytor som ligger längre bort än 20 respektive 50 meter från en annan grönyta hamnar i separata metapatches (se Figur 8). I denna metod är avstånd fortfarande metrisk och definierat som en rak linje mellan två grönytor. För att ta hänsyn till det visuella avståndet som diskuterades ovan, viktas vi också här ytorna med resultat av antal visuella steg (enligt beskrivningen ovan).

Gator som barriär

I de två alternativa sätten att mäta avstånd tas inte hänsyn till gator som barriärer om de inte är bredare än 50 m. Forskning visar dock att tungt trafikerade vägar kan påverka bins navigering, även om de är smalare än 50 meter. Trafikdata (Trafikverket) har använts för att testa olika varianter när en väg ska räknas som en barriär. Två gränsvärden är använda för detta: 40.000 och 90.000 fordon per dygn (årlig medelvärde).

Dataset

CadasterENV data³ används som tillhandahåller nyligen sammanställd information om marktäckning med en hög detaljnivå (resolution på 10 m) och en bättre upplösning än Corine data⁴ (resolution på 25 m). Denna information förser oss med bättre information om hur grönytor är fördelade i staden (se Figur 9). Till exempel har vi nu information om innergårdar som inte finns med i Corine data. De olika kategorierna i CadasterENV (Metria, 2015) är grupperad enligt metodiken som Ahrné et al (2009) använde: hårda ytor (I), gröna ytor som består mest av gräsytor (G), ytor med inslag av träd (F) och lantbruk (A).

¹ <http://www.spacesyntax.net/software/>

² <http://www.stockholmresilience.org/research/modelling-and-visualisation-lab/matrixgreen.html>

³ <http://www.cadasterenv.se>

⁴ Also referred to as Corine Land Cover, CLC (Coordination of Information on the Environment *Land* Cover).

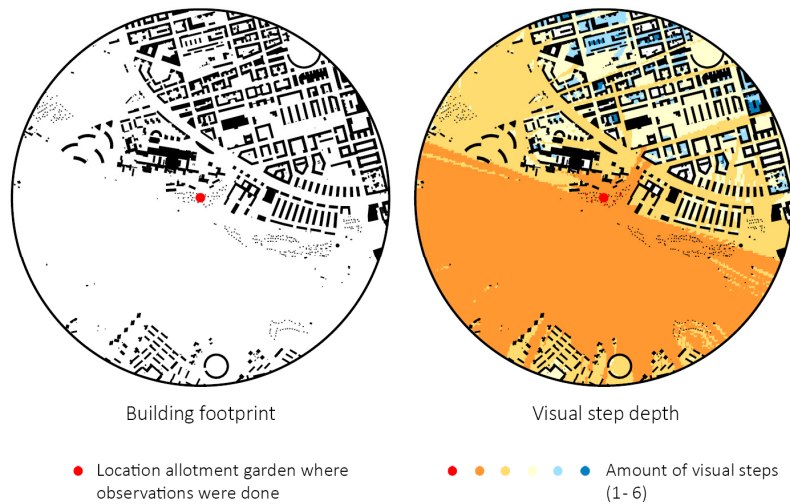


Fig. 7 Visuellt avstånd: det visuella avståndet där byggnader ses som barriärer som skapar avstånd.

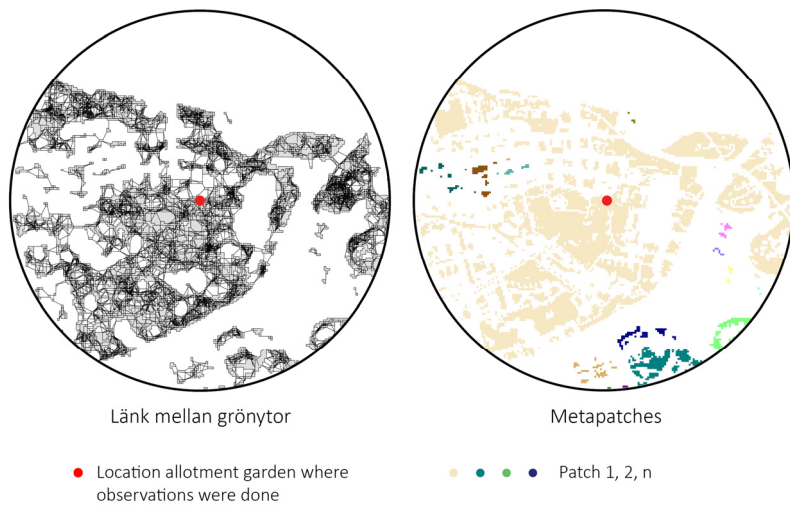


Fig. 8 Metapatch: grönytor som ligger inom 20 respektive 50 meter från en annan grönyta hamnar i samma så kallade metapatch.

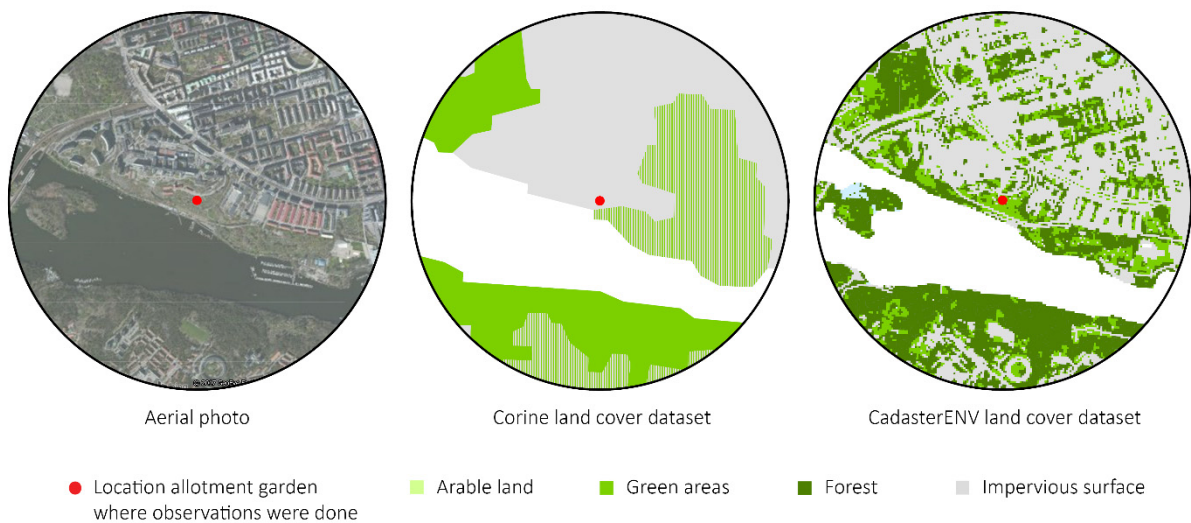


Fig. 9 Aerial bild, Corine data respektive CadasterENV data.

Förutom marktäcke-data används data som innehåller den exakta placeringen av byggnader. Byggnadspolygoner används som barriärer i VGA modellen, som är beskriven ovan. Dessutom används data för att beräkna urbanitet i de 16 områdena med den så kallade Spacematrix modellen (Berghauser Pont and Haupt, 2010 och Figur 10). I modellen beräknas exploateringsgraden (Floor Space Index, FSI på den vertikala axeln i diagrammen) samt andel bebyggd mark (Ground Space Index, GSI på den horisontella axeln). Två av områdena kan beskrivas som rurala, 11 är suburbana och tre är urbana och ligger i de mest centrala delar av Stockholm. De mest urbana områdena med hög exploatering och en hög andel bebyggd mark domineras av slutna kvartersbebyggelse och suburbana miljöer har en mer öppen gårdsstruktur. De rurala områdena kännetecknas av en låg andel bebyggelse.

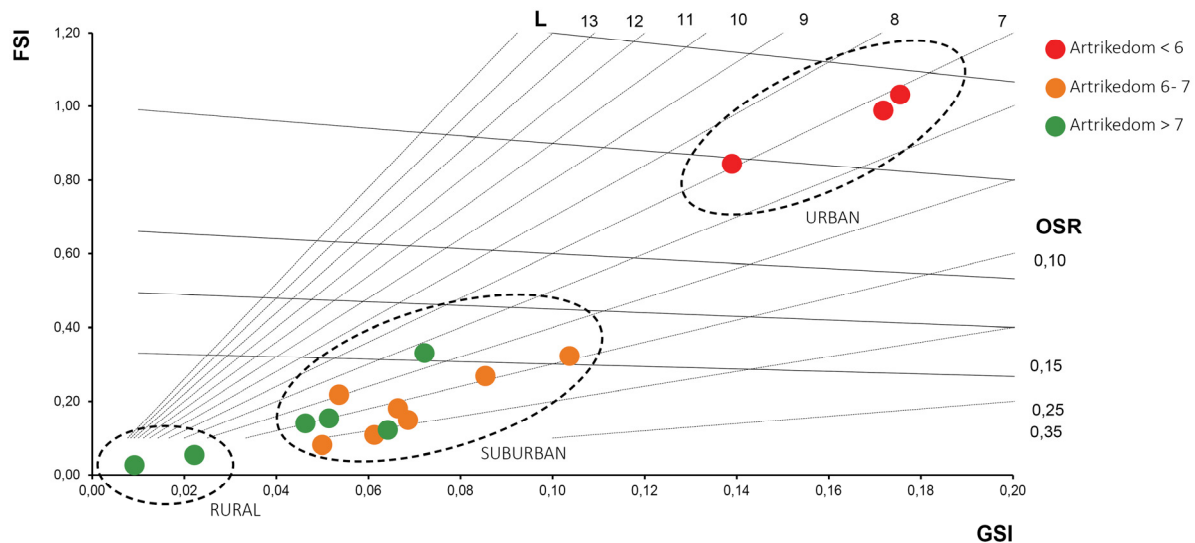


Fig. 10 Täthet i 16 områdena i Stockholm (1km radie). Exploateringstal (FSI) och bebyggd yta (GSI).

Resultat

Resultat av analysen visar att vår nya modell överensstämmer med det tidigare resultatet i Ahrné et al. (2009). En ökad area av hårda ytor inom en radie av 1 km har en negativ effekt på *diversitet* av humlor, mätt som artrikedom (*Species Richness*) och Simpson Index. Samma ökning av hårda ytor inom en radie av 1km har däremot ingen påverkan på *antalet* humlor (*Abundance*). Med andra ord, i en tät bebyggd miljö med en stor andel hårda ytor minskar artrikedomen, men det kan fortfarande finnas många humlor, men av samma art. Antalet individer är nämligen mer beroende av de lokala faktorer än av vad som finns i omgivningen. Studien visar också att resultat baserade på mer detaljerad marktäcke-data (CadasterENV) är mer pålitliga än resultat baserade på mindre detaljerad data (Corine databas). Den negativa korrelationen mellan area hårda ytor inom 1 km radie och diversitet (artrikedomen eller *Species Richness*) ökar från -0,63 till -0,70 (båda med hög signifikans). Båda begrepp, korrelation och signifikans, behöver kanske lite förklaring. Korrelation är ett begrepp inom statistik som anger styrkan och riktningen av ett samband mellan två eller fler variabler. Korrelationen anges ofta med en så kallad korrelationskoefficient (mellan -1 och +1). Det är viktigt att påpeka att en korrelation säger ingenting om orsakssamband, eller *kausalitet*. Det kan nämligen vara andra faktorer som egentligen ligger till grunden till sambanden. Signifikans, som också kan kallas *felrisk*, är inom statistiken ett begrepp för att ange att ett observerat värde i en undersökning avviker från ett hypotetiskt värde så pass mycket att det inte beror på den statistiska osäkerheten. En signifikansnivå på 0,01 eller 0,05 räknas som låg och då beskrivs korrelationen som signifikant. Med andra ord, man kan använda resultat utan risk.

Inom kategorin "hårda ytor" har det visat sig att framförallt byggnader har en negativ effekt på artrikedomen. En högre andel bebyggd mark (eller GSI) har en större negativ effekt på artrikedomen än alla hårda ytor sammanräknade. Korrelationen mellan GSI och artrikedom (av humlor) i ett område är -0,79 i jämförelse med -0,70, när alla hårda ytor inkluderas. GSI är därmed en bra indikator på artrikedomen när det gäller pollinerande arter.

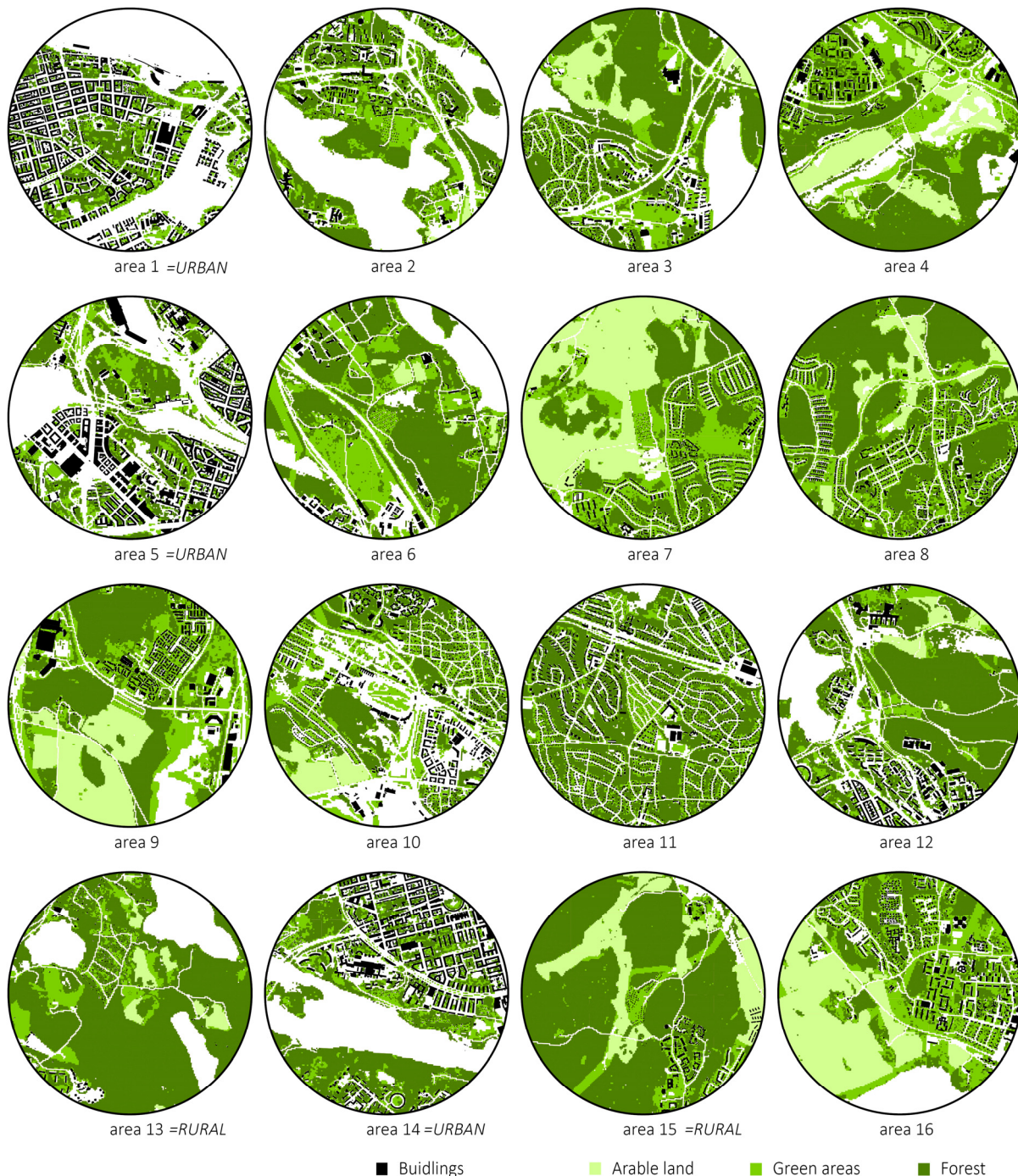


Fig. 11 Översikt av 16 områdena i Stockholm där Ahnén et al (2009) utförde observationer och den här studien bygger vidare på.

Area grönytor visar exakt det motsatta. Mer grön gynnar artrikedomen, men om man tittar närmare på olika typer av grönytor har inte alla samma positiva effekt. Det är bara ytor med inslag av träd som har en positiv korrelation med artrikedomen (0,72), medan de andra två kategorier grön (ytor som domineras av gräs eller jordbruk) inte har ett signifikant samband med artrikedomen. Detta kan förklaras med att gräsytor och jordbruk ofta är ensartade miljöer och därmed inte ger bra grund för mångfald.

Olika sätt att mäta avstånd och tillgänglighet

En jämförelse mellan de tre olika sätten att mäta avstånd och tillgänglighet visar att det enkla och grova sättet med en radie av 1km ger bra resultat, men att det blir lite bättre om fragmenteringen av landskapet, genom den så kallade metapatch analysen, tas med. Med andra ord, mer sammanhållen grönytor med inslag av träd gynnar artrikedomen (korrelationen ökar från 0,72 till 0,79). Det är viktigt att påpeka att den mycket enkla analysen av GSI fortfarande ger samma resultat (negativ korrelation av 0,79) och kan användas som en bra indikator för artrikedomen. Det visuella avståndet ger *inte* bättre resultat och detta kan förklaras genom de stora skillnaderna mellan de mest rurala och de mest urbana områdena. En intressant följdfråga är därför om visuellt avstånd har betydelse om man har ungefär samma mängd grönt inom en 1 km radie, men placerat på olika sätt. Med andra ord, spelar det roll hur vi på områdesnivå gestaltar stadsmiljön? För att ge svar på denna fråga har vi analyserat de 11 suburbana områdena separat och detta resultat visar att det visuella avståndet ger en högre korrelation: 0,70 i jämförelse med 0,67 i den mest enkla varianten av att mäta avstånd. Metapatch analysen ger lite sämre resultat (korrelation 0,64). Med andra ord, om samma area grönytor placeras på ett sådant sätt att de är synliga sinsemellan gynnar det artrikedomen.

Vägar med hög trafikbelastning visar sig ha påverkan på diversitet. Om vi tar hänsyn till vägarna som har en högre belastning än 90 000 fordon per dygn och exkluderar grönytor på "fel" sida av sådana vägar, ökar korrelationen med den mest enkla analysen av grönytor till 0,78 (från 0,72 när man inte tar hänsyn till trafiken). För de suburbana områdena ökar korrelationen om vi tar hänsyn till både trafiken och visuellt avstånd till korrelation 0,82 (från 0,70). I Stockholm är det främst A4/E20 som har en så hög trafikbelastning.

Sammanfattningsvis kan man alltså höja artrikedomen genom att öka area grönytor med inslag av träd och förbättra förutsättningar genom rätt placering av grönytor, d v s att ytorna är synliga sinsemellan. Dessutom har en hög trafikbelastning en negativ påverkan på artrikedomen. Tar man hänsyn till de tre aspekter (area grönytor & placeringen av grönytor & trafikbelastning) ökar korrelationen från 0,67 till 0,82.

Diskussion

Sverige är idag del av en global urbanisering utan tidigare motstycke. Samtidigt som vi i Sverige satt upp ett mål att bygga 700 000 nya bostäder till år 2030 förväntas det globalt på byggas lika mycket ny stad som det finns på jorden idag. För att minska koldioxid utsläpp, öka mer hållbara transporter och använda mark på ett effektivt sätt, förtätas staden. När staden förtätas, ökar andelen bebyggd mark och grönytor tenderar att minska. Den här studien har visat att detta påverkar artrikedomen negativt, men också att fragmenteringen av de gröna ytorna kan försämra den negativa effekten ytterligare.

Med andra ord, i tätare miljöer är den gestaltade livsmiljön, d v s placeringen och utformningen av byggnader och placeringen av grönytor viktig för artrikedomen. Gröna gator och öppningar mot gårdsmiljöer samt gröna tak med från marken synliga växter och gröna väggar är därför bra verktyg för att öka den visuella tillgängligheten av grönytor. Sedan har studien visat att grönytor med inslag av träd är viktigare än gräsytor. Förklaringen till att träd blir så viktiga här är troligen inte träd i sig, men något som är relaterat till träd som är viktigt för humlor. Det kan vara att det rör sig om brynmiljöer med tillgång till boplatser för humlor eller att det finns en del blomresurser i anslutning till träden. Tät skog vet vi från tidigare forskning är inte så gynnsamt för humlor, men i de flesta fall handlar det inte om täta skogar i de urbana miljöer som var del av den här studien. Troligen handlar det om ekologisk mer rika miljöer där det finns olika växter som gynnar pollinerande arter.

För övrigt har studien visat att högtrafikerade vägar har en negativ effekt på diversitet, troligen på grund av deras barriäreffekt. Det handlar om vägar med en hög belastning av mer än 90 000 fordon per dygn, men mer kunskap behövs för att undersöka mer exakt hur olika grader av trafik påverkar rörlighet av bin. Att skapa gröna kopplingar över dessa vägar skulle kunna bidra till ökad artrikedom i staden, precis som ekodukter gör på regional nivå.

Resultaten av studien är övertygande och skillnaderna i korrelationen är tydliga, men vi måste ändå påpeka att studien var begränsad. För det första har vi bara studerat 16 områden och vi bör öka antalet för att göra resultatet mer robust. Dessutom var områdena så extremt olika att det visade sig viktigt att studera de olika miljöer som "rural", "suburban" och "urban" separat. Tyvärr var det omöjligt att dra slutsatser för urbana miljöer och rurala miljöer separat på grund av det låga antalet observationer. Mest intressant vore att fortsätta studera de mest urbana miljöerna för att verifiera vår hypotes att vikten av den gestaltade livsmiljön är ännu viktigare här och kunna bevisa att öppningar till gården, gröna väggar och gröna tak gör skillnad.

Sedan finns det andra aspekter som vi borde titta närmare på som t ex typer av grönytor. Inom kategorin grönytor med inslag av träd finns många varianter som kanske inte alla ger samma positiva resultat. Effekten av högtrafikerade gator bör också undersökas närmare samt åtgärder som kan dämpa eller eliminera deras barriäreffekter. Sedan finns det stor utvecklingspotential genom att studera andra arter än humlor och potentiella synergi-effekter med andra ekosystemtjänster utöver pollinering.

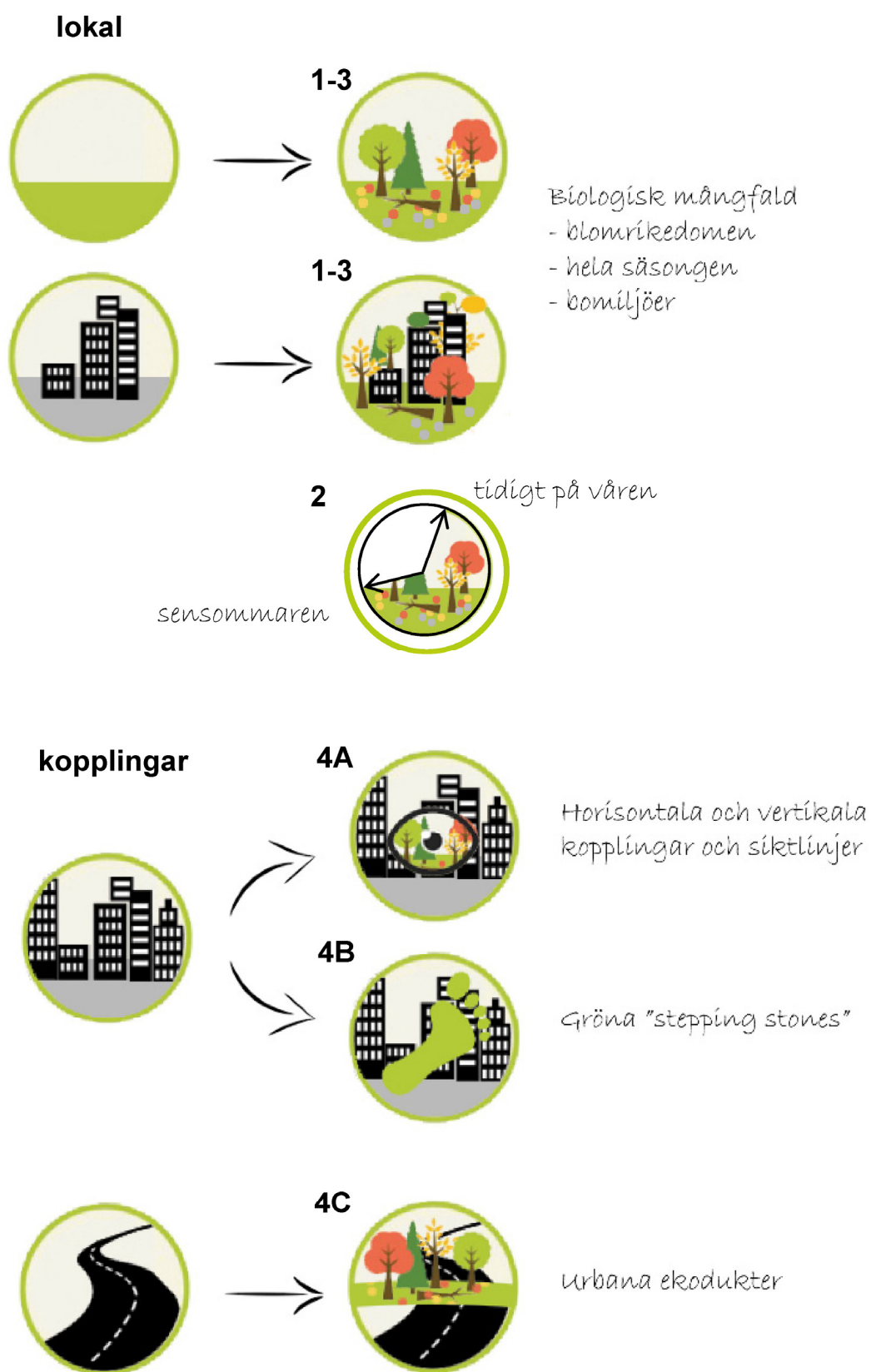


Fig. 12 Design principer för att gynna antalet pollinerande arter (1-3) och artrikedomen (4)

4. Skapa bättre förutsättningar för pollinering

Att översätta forskningsresultat till design principer och tumregler är viktigt för praktiken, men medger risk för missförstånd och förenklingar. Det är därför viktigt att poängtera att dessa design-principer och tumregler är resultat av en studie i enbart 16 kolonilottområden fördelat över Stockholms region från de mest centrala delar till kringliggande mindre urbana kommuner. Studien har, förutom tydliga slutsatser som här presenteras, visat att mer forskning behövs för att undersöka mer exakt effektivitet av dessa design-principer och tumregler, framförallt i urbana stadsmiljöer. En liten "warning disclaimer" är därför på sin plats.

Samtidigt är våra slutsatser viktigt som komplement till GYF verktyget som används flitigt i stadsplanering för att gynna ekosystemtjänster. Fokus i GYF systematiken ligger på de lokala förutsättningar och mindre hur planeringen av en gård eller park relateras till eller påverkas av sin omgivning. Vår studie och tidigare forskning visar att båda är viktiga: lokala gröna insatser gynnar främst antalet pollinerande arter och insatser som ökar tillgång till grönytor i omgivningen gynnar artrikedomen. Artrikedomen i sin tur är viktigt för att säkerställa att själva ekosystemtjänsten finns kvar även om en viss pollinerande art skulle försvinna. Det bidrar alltså till ekosystemtjänstens resiliens.

I detta kapitel använder vi resultat av kapitel 2 och 3 för att formulera design-principer och tumregler för hur ovanstående kunskap och insikter kan appliceras i planeringen och utformandet av våra städer.

Design principer för att gynna pollinerare i urban miljö

Design principer är tänkt att visa riktning i utformningen av nya miljöer eller omvandlingen av befintliga miljöer. De första tre design principerna handlar om lokala insatser och stödjer antalet pollinerare. En bättre tillgång till grönytor i omgivningen genom att förbättra konnektivitet beskrivs i princip 4 och gynnar framförallt artrikedomen (se också Figur 12).

1. Öka blomrikedomen

Skapa rika gröna miljöer med hög blomrikedomen och inslag av träd. Med andra ord, undvik monotona stora gräsytor, men satsa i stället på mångfald längs vägkanter, i trädgårdar, parker, kyrkogårdar, koloniträdgårdar, och i bostadsområden. Gröna tak och väggar kan vara viktiga tillskott i mer urbana miljöer med brist på obebyggd mark.

2. Kontinuitet av blommande växter

Öka tillgången på blommande växter så att det finns tillgång på pollen och nektarkällor under hela säsongen.

3. Alla resurser behövs! Pollinatörer behöver mer än bara mat

Skapa, utöver nektar och pollenkällor även bomiljöer, byggmaterial, näringsväxter, vindskydd och tillräcklig solinstrålning.

4. Skapa konnektivitet över barriärer

- A. Skapa horisontala och vertikala siktlinjer i stadslandskapet som kopplar samman grönytor genom strategiska öppningar i byggnaderna, gröna väggar och gröna tak och gröna inslag i det offentliga rummet.
- B. Skapa gröna "stepping stones" på stora ytor som inte är attraktiva för pollinatörer som t ex asfalterade ytor, vatten, monotona gräsytor eller stora landbruksarealer för att minska avståndet mellan mer gynnsamma grönytor.
- C. Skapa urbana ekodukter över högtrafikerade vägar genom att plantera träd eller andra växter längs befintliga gator lodrätt på de högtrafikerade vägarna.

Tumregler för att mäta effekter av förtätning på pollinering

Tumregler ger stöd i prioriteringen av olika insatser för att gynna pollinering. Alla insatser är beräknat för att ge en bild av hur mycket av just den insatsen behövs för att nå ett visst effekt-mål, i det här fallet angående artrikedomen (Figur 13). En höjning av en enhet diversitet av pollinere används som mått för att kunna jämföra de olika insatserna. Vi bör då ha i åtanke att artrikedomen i våra områden varierade från 4,3 till 8,6. En höjning med 1 enhet är alltså betydande.

För att öka diversitet med 1 enhet bör man i en radie av 1km:

- Skapa 100 ha rika gröna miljöer som följer designprincipen 1, 2 och 3 eller göra 100 ha befintlig grönyta tillgänglig med hjälp av designprincipen 4.
- Minska andelen bebyggd mark med 10%, d v s minska bebyggd mark med 30 ha i en radie av 1km.

I förtätningsprojekt hänger de två saker ofta ihop och minskar area grönytorna samtidigt som andelen bebyggd mark ökar. Med andra ord, förtätning orsakar en minskning av artrikedomen på grund av båda faktorer. De förstärker varandra negativt. För att minska den negativa effekten bör man kompensera mer bebyggd mark p g a förtätningen med mer grönytor som resulterar i följande två tumregler:

- En förtätning med 30 ha mer bebyggd mark (d v s ökning med 10%) behöver kompenseras med 100 ha rika gröna miljöer för att behålla samma nivå av artrikedomen.
- En omvandling av 15 ha tak till *gröna* tak, d v s hälften av de nya byggnaderna.

Gröna tak är ett effektivt verktyg för att öka diversitet i mer urbana miljöer. Man kan nämligen räkna bort motsvarande yta från bebyggd yta och räkna med samma yta som grönyta. Dessutom bidrar gröna tak till en ökad tillgång till redan befintliga gröna ytor. Viktigt är dock att gröna tak då utformas enligt principerna 1-4 med hög blomrikedom och synlighet av de gröna växter från marken.



Fig. 13 Tumregler för att gynna pollinerande arter

Konsekvenser för arbetet med Grön Yte Faktor (GYF)

GYF verktyget används idag flitigt för att intensifiera grönytor och gynna en mångfald av ekosystemtjänster. Syftet med GYF är inte bara att ställa krav på hur mycket gröna ytor som bör finnas utan även att lyfta fram de ekosystemtjänster dessa ytor kan leverera. De första tre design-principer som beskrivs ovan passar utmärkt i den logiken. Men de sista tre design-principer (4A-C) passar inte direkt in i systematiken. GYF verktyget hanterar nämligen inte hur planeringen av en gård eller park relateras till eller påverkas av sin omgivning. I stället ligger fokus på de lokala förutsättningar och när det gäller pollinering påverkar GYF därmed främst antalet pollinatörer, men inte artrikedomen. De

lokala förutsättningarna är viktiga, men bör kompletteras med vad vi kan kalla ett system-perspektiv, där helheten är i fokus och hur denna får olika egenskaper beroende på relationen mellan dess delar. För att komplettera GYF har vi därför tre förslag:

- Inkludera samspel mellan grönytor. Det är rimligt att tänka sig att en gård erbjuder en viss biotop, exempelvis specialiserad på födoresurser där fruktträd är viktiga inslag, medan en annan närliggande gård eller park erbjuder boplatser. Idag regleras detta samspel inte i GYF. Att på detta sätt tänka på relationer mellan grönytor eller till och med som sammanlänkade system är en avgörande aspekt för många ekosystemtjänster, efter som dessa grundar sig i fungerande ekosystem och inte bara mängd grönyta.
- Använd grönytor som byggstenar i en grönstruktur. För att kunna ta hänsyn till den lokala grönytas funktion i en större helhet behöver GYF-kraven utökas från en beskrivning av enbart ytor till en beskrivning av dess position i relation till andra ytor: vilka länkar ska förstärkas och vilka barriärer minskas? Detta betyder att till exempel gröna stråk genom ett område ska översättas till ett krav på gårdsnivå som kan realiseras genom att inte bygga i detta stråk eller att skapa vertikala gröna ytor, d v s gröna väggar samt gröna tak.
- Möjliggör åtgärder utanför det lokala GYF-området. När kopplingar med omgivningen är bristfälliga är en lokal investering mindre effektiv än en investering i själva kopplingen. Självklart utesluter det ena inte det andra, men det är inte rimligt att förvänta sig en lokal lösning på ett strukturproblem. Man skulle kunna säga att sådana övergripande anpassningar inte ingår i GYF-verktyget, men att kräva en lokal investering som inte kommer att ge den effekt den syftar till är ineffektivt och kan skapa kritik av verktyget. Att erbjuda möjligheten att i stället investera i åtgärder som ligger utanför sin egen gård skulle i vissa fall kunna gynna ekosystemet mer än att fastna vid enskilda gårdar. I de mest täta miljöer kan det t o m vara omöjligt att leverera fungerande ekosystem på gårdarna och där kan det vara bättre att investera i det offentliga rummet.

Alla dessa tre förslag kräver en hel del planering innan GYF-krav ställs liksom på den följande processen. En analys av den befintliga grönstrukturen behövs för att kunna påpeka på vilket sätt en lokal grönyta kan göra mest nytta. Om en gård ligger strategiskt mellan två parker, är det rimligt att kräva en koppling genom gården. Om det finns tillräckligt med födoresurser i omgivningen är det rimligt att framförallt ställa krav på tillgång på boplatser, det kan röra sig om områden med väl-dränerad mark och lite högre vegetation, gräsytor som inte klipps så korta eller bryn-miljöer. Om kopplingen till grönytor i omgivningen är bristfällig är det rimligt att försöka skapa en ny länk (en park eller gatuträdplantering), där även GYF investeringar skulle kunna användas. Sammantaget betyder detta att mer planering behövs när GYF krav ställs. Ett ansvar som ligger främst på kommunen när planer tas fram i form av en översiktsplan eller detaljplaner.

Stadsbyggnadsprocessen och Norra Djurgårdsstaden som exempel

Kunskapen som har presenterat i den här rapporten kan användas i olika moment i planprocessen. Vi ser tre moment som särskilt intressanta: (1) tidigt i planprocessen på en övergripande skala, för att genererar information om förutsättningar för artrikedom, (2) i samband med planutveckling och därmed mest lämplig för detaljplanering av lite större projekt av åtminstone flera kvarter och (3) i samband med bedömningen av enskilda lösningar på en lokal skala som ett kvarter. På den här skalan görs också en mer traditionell GYF-analys som ger information om de lokala förutsättningarna på

själva gården. Det som tilläggs här är en analys av kopplingar med omgivningen som framförallt påverkar artrikedom, men som också kan skapa möjligheter att generera synergier mellan gårdar och mellan gården och andra grönytor i omgivningen.

I texten nedan diskuterar vi dessa moment i mer detalj och ges en kort beskrivning av metodiken som används för att göra analyserna. Beskrivningarna kan verka vara svåra och komplexa, men det är inte heller meningen att alla involverade i planprocessen ska göra alla dessa. Tanken är att designprinciperna som diskuterades tidigare, samt tumreglerna, är redskap för arkitekter och planerare medan den mer komplexa beskrivningen av analyserna är redskap för GIS experter.

Tidigt i planprocessen på en övergripande skala

Baserat på slutsatser i Kapitel 3 vet vi att man kan få en snabb överblick av förutsättningar för pollinerande arter genom två relativ enkla analyser som kan göras i alla GIS-software som finns på marknaden:

- Andelen bebyggd yta (GSI) inom 1 km radie. En hög andel bebyggd yta har negativa konsekvenser för artrikedom och behövs kompenseras om den ska behållas på samma nivå.
- Tillgängliga grönytor med inslag av träd inom en radie av 1 km.

I kombination förklarar de två analyserna 72% av artrikedom och genom en ekvation som genererades efter multiregressionsanalysen på de 16 områdena som diskuterades i Kapitel 3 kan effekterna av förtätning (högre GSI), samt "förgröning" (mer grönyta) på artrikedom, beräknas och på det sättet ge en bild över potential artrikedom i till exempel hela Stockholm region (se Figur 14).

$$Y = 6,4 + 0,01X_1 - 11,6X_2$$

Y = artrikedom (*species richness*)

X₁ = grönyta med inslag av träd inom en 1km radie (ha)

X₂ = GSI = bebyggd yta/total yta inom en 1km radie (m²/m²)

I samband med planutveckling

I detaljplaneringen är analysen som beskrivs ovan naturligtvis en viktig utgångspunkt och bidrar till en idé om grundförutsättningarna för artrikedom och därmed för resiliens angående pollinering och i förlängningen biodiversitet, hälsa och matproduktionen. För en mer exakt bedömning av effektiviteten av ett planförslag (eller flera alternativa förslag) på kvartersnivå, där exakta planlösningar är kända, kan man göra en analys av tillgång till grönytor med hänsyn till det visuella avståndet. Baserat på slutsatser i Kapitel 3 vet vi att man kan få en mer exakt bedömning av förutsättningarna för pollinerande arter genom en analys som görs i tre steg:

1. En så kallade "visual step analys" (using VGA i Depthmap) av planförslaget, inklusive alla nya byggnader. Resultat är en karta som visar avståndet från gården till alla ytor inom en 1km radie från startpunkten, dvs en gård eller en park.
2. Alla grönytor inom en radie av 1km från samma startpunkt som ovan viktas med det visuella avståndet (resultat av analysen ovan) genom att helt enkelt dela area grönytor med antalet visuella steg de ligger bort från gården.

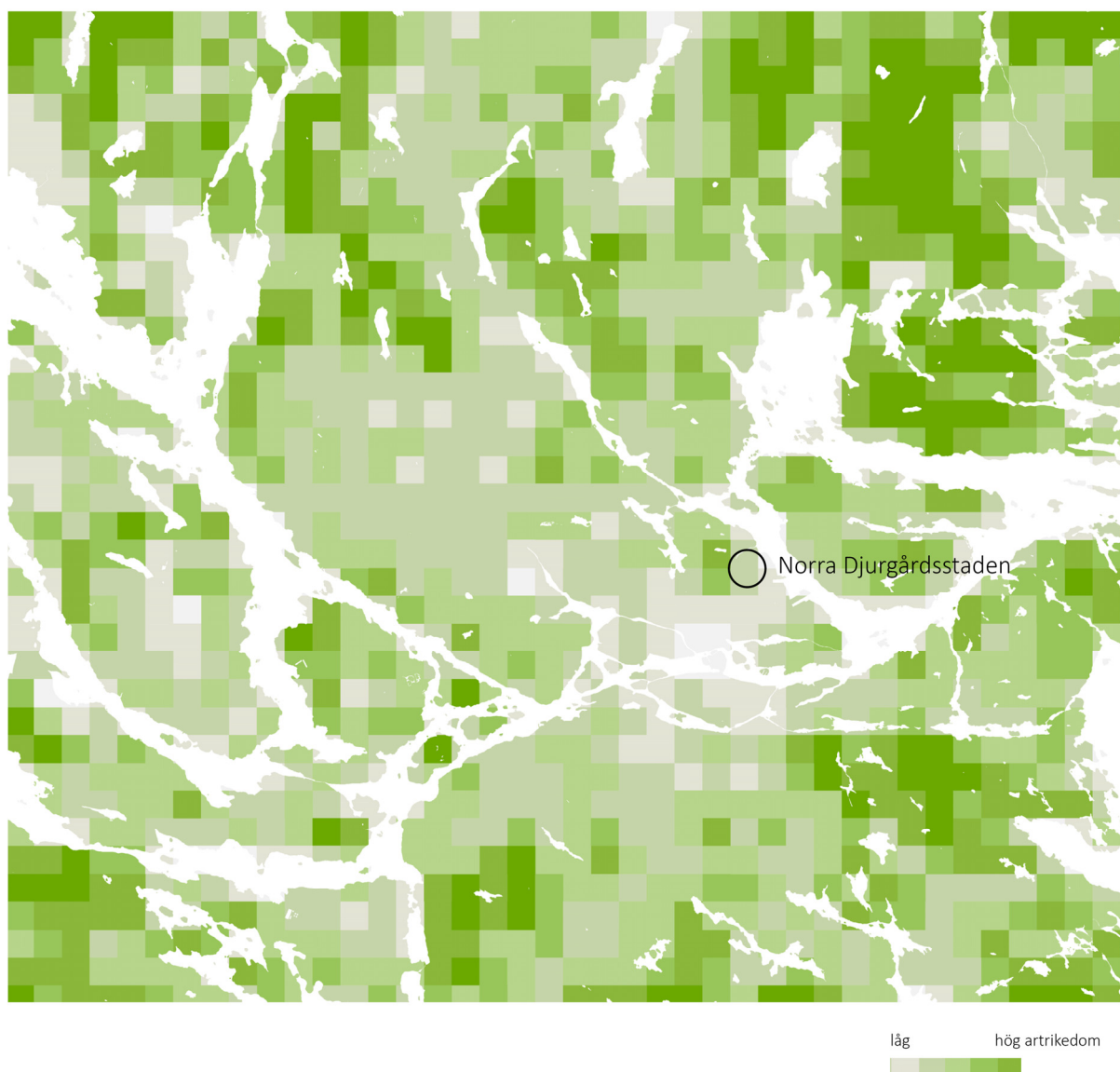


Fig. 14 Potential artrikedom (pollinerande arter) i Stockholm region, genererade efter multiregressionsanalysen på 16 områden i Stockholm.

I Nora Djurgårdsstaden visar en genomgång av två nya kvarter och en befintlig kvarter att förutsättningar för pollinering är olika (se figur 15-17). Man ser tydligt att kvarter 1 har större tillgång till grönytor genom att öppna mot de gröna områdena med inslag av träd norr om kvarteret. Kvarter 2 däremot är slutet mot norr, men öppnar i sud-väst riktningen och skapar på det sättet kopplingar mellan kvarter. Det befintliga kvarteret skapar många kopplingar i olika riktningar.

Kvarter 1 har mest grönytor med inslag av träd i sin direkta omgivning, följd av kvarter 3 och kvarter 2 har minst grönytor i samma radie från gårdens mittpunkt. Tar vi även hänsyn till synligheten i visuella steg från gårdens mittpunkt som har visat sig spela roll för artrikedomen, blir skillnaderna ännu större. Kvarter 1 prestanda är två gånger högre än kvarter 2 när vi bara tog hänsyn till ytan, men presterar nästan *fyra* gånger bättre om vi tar med den visuella tillgängligheten till grönytor.

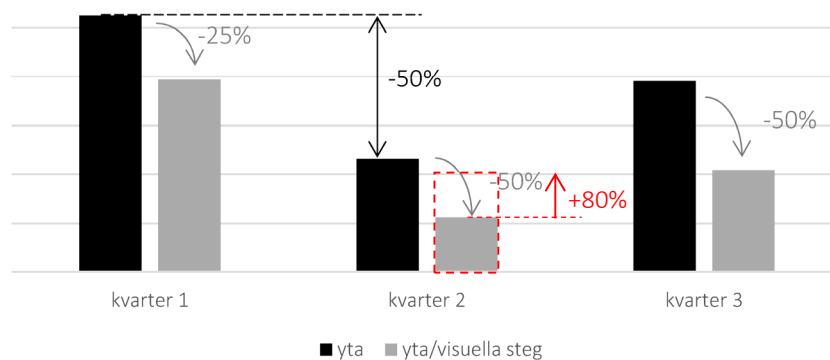


Fig. 15 Jämförelse mellan tre kvarter i Norra Djurgårdsstaden: tillgängliga grönytor (i svart), tillgängliga grönytor viktat med avståndet i visuella steg (i grå) och efter tillägg av gröna tak och väggar (i röd).

För att öka artrikedomen behöver man öka area grönytor i omgivningen eller öka tillgängligheten till redan befintliga grönytor. Design principerna som är beskriven i den här rapporten kan användas som stöd i detta arbete. Till exempel skulle man kunna skapa fler gröna tak som tar bort dessa byggnader som barriär i tillgänglighetsanalysen. En anpassning av kvarter 2 med gröna tak och väggar skulle resultera i mer grönyta samt en högre tillgänglighet till redan befintliga grönytor (se Figur 17).

För att underlätta arbetet med att evaluera olika lösningar skulle man vilja ha ett verktyg som snabbt skulle kunna analysera både de lokala och kontextuella förutsättningar och därmed kunna ge en indikation på antalet pollinerande arter och artrikedomen. Förhoppningen är att kunna utveckla ett sådant verktyg i framtiden så att man inte behöver kombinera depthmap verktyget och GIS. Men till dess är möjligt ger den här rapporten både design-principer som hjälper att utveckla mer effektiva lösningar samt genväg för en snabb indikation på artrikedomen.

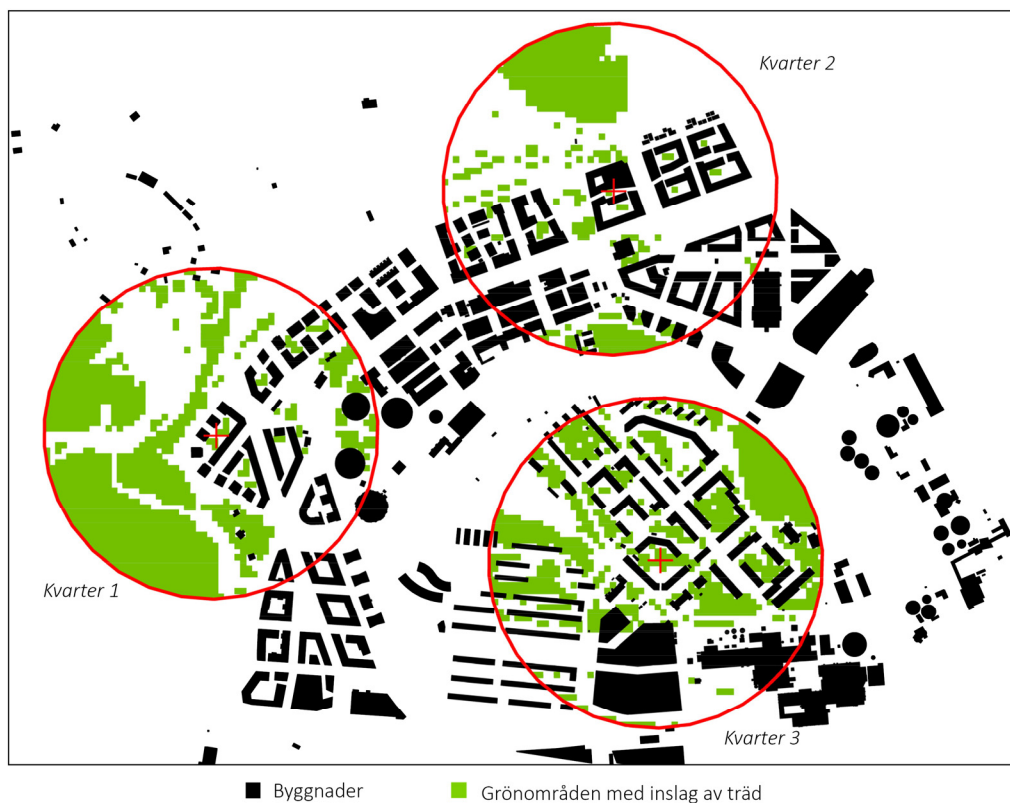


Fig. 16 Tillgängliga grönytor med inslag av träd i tre kvarter i Norra Djurgårdsstaden.

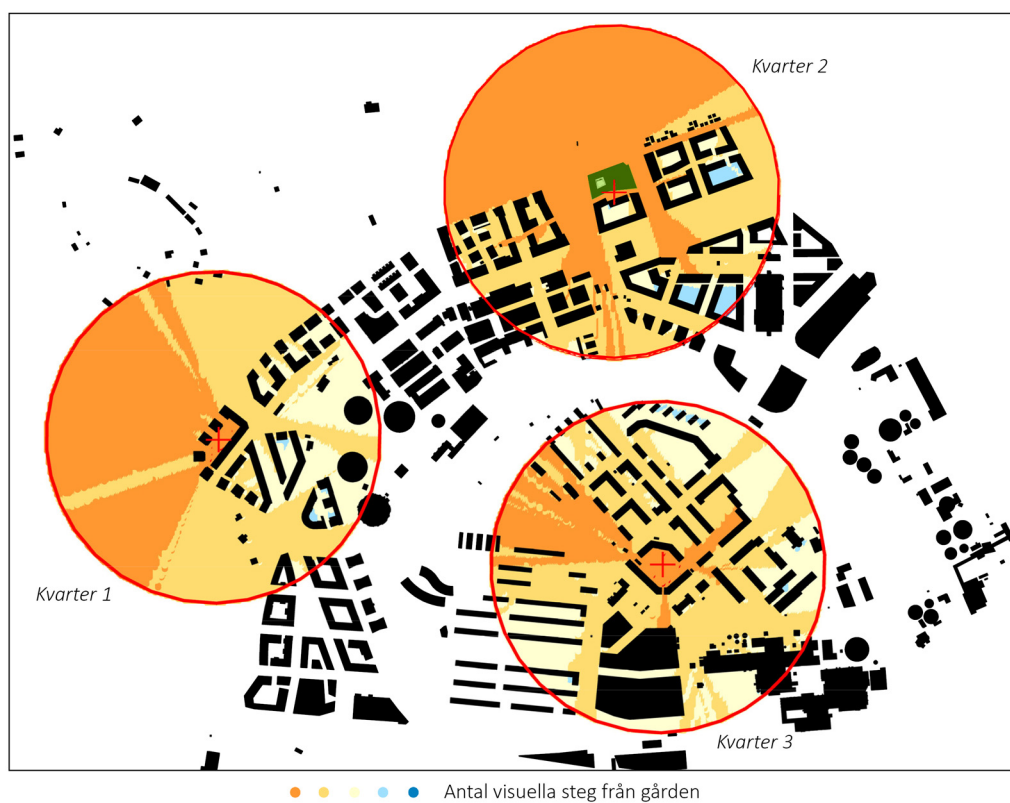
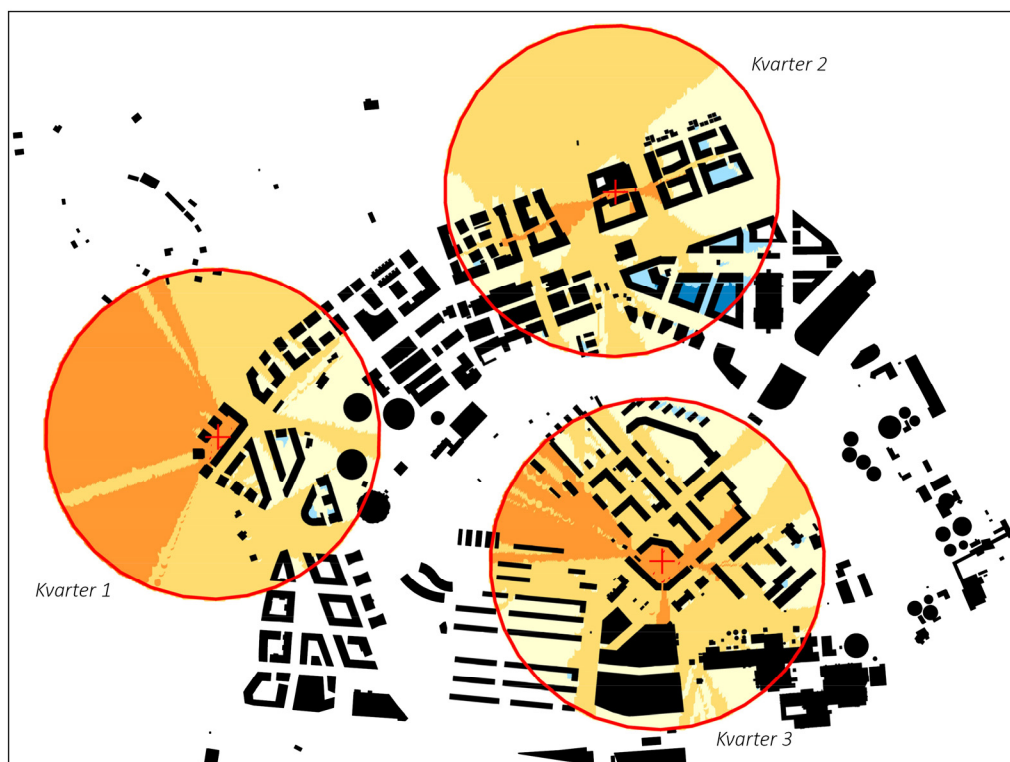


Fig. 17 Tillgängliga grönytor viktat med avståndet i visuella steg från gårdens mittpunkt i tre kvarter i Norra Djurgårdsstaden med i nedre kartan en anpassning av kvarter 2 med gröna tak och väggar.

Referenser

- Ahrné, K., Bengtsson, J., and Elmqvist, T. (2009). Bumble bees (*Bombus* spp) along a gradient of increasing urbanization. *PLoS ONE*. Vol. 4 (5): e5574.
- Andersson, E. and Bodin, Ö. (2009). Practical tool for landscape planning? An empirical investigation of network based models of habitat fragmentation. *Ecography*. Issue 32, pp.123-132.
- Baldock, K.C.R., Goddard, M.A., Hicks, D.M., Kunin, W.E., Mitschunas, N., Osgathorpe, L.M., Potts, S.G., Robertson, K.M., Scott, A.V., Stone, G.N., Vaughan, I.P. & Memmot, J.(2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects Proceedings. of the Royal Society B: Biological Sciences. 282: 20142849.
- Berghauser Pont, M. and Haupt, P. (2010). *Spacematrix. Space, density and urban form*. Rotterdam: NAI Publishers.
- Berghauser Pont, M., K. Ahrné, Å. Gren, A. Kaczorowska, L. Marcus (2017). Integrating Visibility Graph Analysis (VGA) With Connectivity Analysis Used In Landscape Ecology, *The 11th Space Syntax Symposium* (SSS11), July 2017 in Lissabon.
- Bhattacharya, M., Richard B., Primack and Gerwein, J. (2003). Are roads and railroads barriers to bumble bee movement in a temperate suburban conservation area? *Biological Conservation*. 109, pp. 37-45.
- Blair, R.B. (1999). Birds and butterflies along an urban gradient: surrogate taxa for assessing biodiversity? *Ecological applications*, Vol. 9, issue 1: 164-170.
- Cartar, R.V. (2004). Resource tracking by bumble bees: responses to plant-level differences in quality. *Ecology*. Vol. 85:10, pp. 2764-2771.
- Dillon, M. and Dudley, R. (2014). Surpassing Mt. Everest: extreme flight performance of alpine bumblebees. *Biology letters* (5 February 2014). DOI: 10.1098/rsbl.2013.0922.
- Dittmar, L., Stuerzl, W., Jetzschke, S., Mertes, M. and Boedeker, N. (2014). Out of the box: how bees orient in an ambiguous environment. *Animal behavior*. 89: pp. 13-21.
- Dornhaus, A. and Chittka, L. (1999). Evolutionary origins of bee dances. *Nature*. 401, pp. 38.
- Dyck, van H. and Baguette, M. (2005). Dispersal behaviour in fragmented landscapes: Routine or special movements? *Basic and Applied Ecology*. 6: pp. 535-545.
- Elmqvist, T., C. Folke, M. Nystrom, G. Peterson, J. Bengtsson, B. Walker, and J. Norberg (2013). Response Diversity, Ecosystem Change, and Resilience, *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol.1, No.9: 488-494.
- Etherington, T.R., and Holland, E.P. (2013). Least-cost path length versus accumulated-cost as connectivity measures. *Landscape Ecology*. Vol. 28 (7), pp. 1223-1229.
- Garmendia, E., E. Apostolopoulou, W.M. Adams and D. Bormpoudakis (2016). Biodiversity and green infrastructure in Europe: boundary object or ecologic trap? *Land Use Policy*, 56: 315-319.
- Hillier, B. and Hanson, J. (1984). *Social Logic of Space*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Holling, C.S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual review of Ecology and Systematics*. Vol. 4: 1.23.
- Jha, S. and Kremen, C. (2012). Resource diversity and landscape-level homogeneity drive native bee foraging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. DOI: [10.1073/pnas.1208682110](https://doi.org/10.1073/pnas.1208682110).

- Knight M. E., Martin, A. P., Bishop S., Osborne, J. L., Hale, R. J., Sanderson, R. A. and Goulson, D. (2005). An interspecific comparison of foraging range and nest density of four bumble bee (*Bombus*) species. *Molecular Ecology*. 14, pp. 1811–1820 doi: 10.1111/j.1365 294X.2005.02540.x.
- Linkowski, W., B. Cederberg, L.A. Nilsson (2004). *Svenska vildbiprojektet* vid ArtDatabanken, SLU & Avdelningen för Växtekologi, Uppsala Universitet.
- Maes, J., B. Egoh, L. Willemsen, C. Lique, P. Vihervaara, J.P. Schägner, B. Grizzetti, E.G. Drakou, A. La Notte, G. Zulian, F. Bouraoui, M.L. Paracchini, L. Baat, G. Bidoglio (2012). Mapping ecosystem services for support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, vol. 1, issue 1: 31-39.
- Maller, C., M. Townsend, A. Pryor, P. Brown and L. St. Leger (2006). Healthy nature healthy people: 'contact with nature' as an upstream health promotion intervention for populations. *Health Promotion International* 21(1):45-54.
- Matteson, K.C., Ascher, J.S. and Langellotto, G.A. (2008). Bee Richness and Abundance in New York City Urban Gardens, *Annals of the Entomological Society of America*. Vol. 101, pp. 140-150.
- McFredrick Q.S., Kathilankal, J.C. and Fuentes, J.D. (2008). Air pollution modifies floral scent trails. *Atmospheric Environment*. Vol. 42:10, pp. 2336–2348.
- Metria AB (2015). *HR Nomenclature and class definitions*. Version 4.3 (Date: 2015-10-26).
- Mossberg, B. and B. Cederberg (2012). *Humlor i Sverige: 40 arter att älska och förundras över*. Bonnier Fakta.
- Osborne, J.L., Clark, S.J., Morris, R.J., Williams, I.H., Riley, J.R., Smith, A.D., Reynolds, D.R. and Edwards, A.S. (1999). A landscape-scale study of bumble bee foraging range and constancy, using harmonic radar. *Journal of Applied Ecology*. Vol. 36:4, pp. 519-533.
- Riley, J.R., Reynolds, D.R., Smith, A.D., Edwards A.S., Osborne, J.L., Williams, I.H. and McCartney, H.A. (1999). Compensation for wind drift by bumble-bees. *Nature*. Vol. 400, pp. 126.
- Waser, N.M. and J. Ollerton, eds. (2006). *Plant-pollinator interactions. From specialization to generalization*. The University of Chicago Press.
- Zetterberg, A. (2011). *Connecting the dots: Network analysis, landscape ecology, and practical application*. PhD-thesis. Stockholm: KTH.