



Länsstyrelsen  
Västmanlands län

SAMHÄLLSBYGGNADSENHETEN

# Grön infrastruktur för klimatanpassning

## Kunskapsöversikt och exempel

**Författare: Magnus Tuvendal, Greger Lindeberg, Sara Wiman och Tobias Edman.**

LÄNSSTYRELSENS RAPPORTSERIE

**Rapport 2016:16**

Titel: Grön infrastruktur för klimatanpassning - kunskapsöversikt och exempel  
Författare: Magnus Tuvendal (Calluna AB), del 1. Greger Lindeberg, Sara Wiman och  
Tobias Edman (Geografiska Informationsbyrån AB), del 2.  
Länsstyrelsen i Södermanlands, Västmanlands och Östergötlands län  
Dnr 424-4328-2016  
Rättigheter, copyright, för ingående bilder och illustrationer: se respektive källa.

## Innehåll

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Grön infrastruktur, miljömål och klimatanpassning .....</b>	<b>4</b>
1.1 Miljömål .....	4
1.1.1 Generationsmål .....	4
1.1.2 Miljökvalitetsmål och etappmål .....	4
1.2 Klimanpassning .....	4
1.3 Grön infrastruktur .....	5
1.3.1 Nya gröna begrepp .....	5
1.3.2 Varför arbeta med grön infrastruktur? .....	7
1.3.3 Vad är grön infrastruktur? .....	8
1.3.4 Vad är livskraftiga ekosystem och ekologiskt funktionella landskap? .....	10
1.3.5 Avgränsningsproblemet - vilken grön infrastruktur är viktig? .....	11
1.3.6 Metoder för att kartlägga ekologiskt funktionella landskap .....	11
1.4 Grön infrastruktur för klimatanpassning .....	13
1.4.1 Högre temperaturer och värmeöar i städer .....	14
1.4.2 Grön infrastruktur – exempel .....	15
1.5 Grön infrastruktur för klimatanpassning och samtidigt andra miljömål .....	16
1.5.1 Multifunktionalitet – många samtidiga funktioner och värden skapas .....	16
1.5.2 Staden som stöd för omkringliggande jordbrukslandskap .....	17
<b>2 Hur grön infrastruktur tillhandahåller klimatanpassning – exempel med geografiskt underlag .....</b>	<b>19</b>
2.1 Förändrat klimat och åtgärder för anpassning .....	19
2.2 Översvämning orsakad av höga flöden i vattendrag .....	20
2.2.1 Erosion och strandnära ekosystem .....	22
2.3 Skyfallsrelaterad översvämning i urban miljö .....	24
2.3.1 Höjddata och kartering av lågpunkter .....	25
2.3.2 Markanvändning och geologiska förutsättningar .....	26
2.3.3 Gröna lösningar för reduktion och fördröjning av dagvatten .....	28
2.4 Grön infrastruktur för temperaturregulering .....	30
2.4.1 Hantering av stark värme i tätortsmiljö .....	30
2.4.2 Bebyggelse och värmestress .....	33
2.4.3 Dataunderlag för analyser av temperaturreglerande ekosystemtjänster .....	35



## **Sammanfattning**

Denna rapport förklarar begreppet ”grön infrastruktur”, såsom det definierats av Naturvårdsverket 2015, och ger en sammanfattande bild över hur det kan utnyttjas till att minska riskerna som följer av ett förändrat klimat.

Rapporten har två delar. Del 1 förklarar grön infrastruktur och ekosystemtjänster och relationen till klimatanpassning och miljömål. Del 2 illustrerar med geografiska underlag hur grön infrastruktur kan bidra till klimatanpassning.

# 1 Grön infrastruktur, miljömål och klimatanpassning

## 1.1 Miljömål

I det nationella genomförandet av Agenda 2030 för långsiktigt global hållbar ekonomisk, social och miljömässig utveckling och Sveriges arbete med Sustainable Development Goals<sup>1</sup> (SDG) är miljömålen en viktig utgångspunkt. Vi har i Sverige ett generationsmål, 16 miljökvalitetsmål och 24 etappmål<sup>2</sup>.

### 1.1.1 Generationsmål

Generationsmålet anger inriktningen för den samhällsomställning som behöver ske inom en generation för att miljökvalitetsmålen ska nås. Det är därför vägledande för miljöarbetet på alla nivåer i samhället. Generationsmålet innebär att ekosystemen har återhämtat sig, eller är på väg att återhämta sig, och deras förmåga att långsiktigt generera ekosystemtjänster är säkrad.

### 1.1.2 Miljökvalitetsmål och etappmål

Miljökvalitetsmålen beskriver det tillstånd i den svenska miljön som miljöarbetet ska leda till och etappmål är steg på vägen för att nå generationsmålet och ett eller flera miljökvalitetsmål.

Ett miljökvalitetsmål är ”Begränsad klimatpåverkan”. Klimatanpassning arbetar vi med i Sverige eftersom vi vet att klimatet kommer att påverkas.

Ett etappmål är ”*Senast år 2018 ska betydelsen av biologisk mångfald och värdet av ekosystemtjänster vara allmänt kända och integreras i ekonomiska ställningstaganden, politiska avväganden och andra beslut i samhället där så är relevant och skäligt.*”.

## 1.2 Klimanpassning

Klimatanpassning innebär att vi genomför åtgärder för att anpassa såväl naturen som samhället till nutida och framtida effekter av ett förändrat klimat. Det handlar både om att förebygga och minimera klimatförändringarnas negativa effekter på naturen, samhället och människan, och att ta vara på de möjligheter som ett förändrat klimat kan medföra.

Det är väl känt att ett förändrat klimat kommer påverka Sveriges natur. Förutsedda effekter inbegriper att arter, nya för landet, kan få stor spridning samtidigt som vissa inhemska arter finner att deras livsutrymme krymper och deras livsmiljöer får en annan utbredning både i tid (säsonger ändras) och rum. Ett ändrat klimat kommer också påverka samhället, och särskilt urbana miljöer.

<sup>1</sup> <https://sustainabledevelopment.un.org/sdgs>

<sup>2</sup> <http://www.miljomal.se>

Den direkta påverkan, via fysiska hot vad gäller mark och vattenanvändning, kan delas in i:

- högre temperaturer
- ökad nederbörd
- stigande havsnivå och förändrade vattenflöden
- ras, skred och erosion

Det handlar om en generell nivåhöjning, att årsmedelvärden vad gäller till exempel temperatur stiger men stora konsekvenser förväntas bero på extrema händelser som värmeböljor, kraftiga skyfall och torka. Hur dessa fyra climateffekter kan hanteras inom arbete med översikts- och detaljplaner beskrivs översiktligt och kortfattat i en ny checklista för klimatanpassning i fysisk planering<sup>3</sup>.

Klimatanpassning kan åstadkommas på många olika sätt. Skadeverkningar och risker kan minimeras genom förändrade regelverk och genom olika tekniska lösningar. En strategi för klimatanpassning är att dra nytta av grön infrastruktur och ingående gröna element.

## 1.3 Grön infrastruktur

### 1.3.1 Nya gröna begrepp

Grön infrastruktur är ett nytt begrepp som tar plats inom policy, planering och beslutsfattande i Sverige. Det finns andra snarlika begrepp som även de dyker upp i nationell och europeisk policy, exempelvis *naturbaserade lösningar* (nature based solutions), *ekosystem-baserad adaptation* (ecosystem-based adaptation) och *ekosystemtjänster* (ecosystem services). Dessa begrepp berättar om olika saker men det finns också ett nära släktskap dem emellan. De pekar alla på att vi, enskilda människor och samhället i stort, är beroende av ekosystem omkring oss och att vi i högre grad än tidigare behöver arbeta med ett helhetstänkande i motsats till stuprörstänkande (som karaktäriseras av strategin att lösa separata delproblem). Naturvårdsverket betonar att arbete med grön infrastruktur innebär att ”*vid planering av alla typer av mark- och vattenanvändning ha ett helhetsperspektiv på landskapets ekologiska funktioner*”. Observera att dessa gröna begrepp även handlar om vad som ibland betecknas som ”blå” frågor eller ”blå-struktur” i kommunalt planeringssammanhang, dvs naturområden och ekologi som är knutna till vatten.

Helhetstänkande förutsätter en systemförståelse hos beslutsfattare och planerare och för att nå dit behövs samarbete mellan olika kompetenser och samverkan över

---

<sup>3</sup> Checklista för klimatanpassning i fysik planering, Länsstyrelsens klimatanpassningsnätverk, 2016

sektorer, institutioner, intressenter och sakägare. Det finns långt utvecklade tankar, och vetenskapligt stöd, för hur man kan åstadkomma det, vad som fungerar och vad som inte fungerar. En startpunkt för den som vill fördjupa sig är att studera Ellinor Ostroms (Sveriges Riksbanks pris till Alfred Nobels minne 2009) designprinciper för hållbar förvaltning av gemensamma resurser<sup>4</sup>.

*Naturbaserade lösningar* handlar om att använda naturen för att möta utmaningar för samhället som klimatförändringar eller matsäkerhet. Det kan vara lösningar som hämtar sin inspiration från, kopierar eller stöds av naturen. *Ekosystem-baserad adaptation* beskriver en strategi för att använda biologisk mångfald och ekosystemtjänster som en del av en övergripande strategi för att hjälpa människor att anpassa sig till de negativa effekterna av ett förändrat klimat. I det följande ser vi närmare på *grön infrastruktur* och *ekosystemtjänster*, två begrepp som fått en allt starkare ställning i Sverige.

I Sverige har Naturvårdsverket i sina riktlinjer för länsstyrelsers arbete (september 2015) pekat på följande definition av grön infrastruktur:

- *Ett ekologiskt funktionellt nätverk av livsmiljöer och strukturer, naturområden samt anlagda element som utformas, brukas och förvaltas på ett sätt så att biologisk mångfald bevaras och för samhället viktiga ekosystemtjänster främjas i hela landskapet.*

(med anlagda element menas till exempel vandringsstrappor för fisk, skapade biotoper och vägkanter)

Ekosystemtjänster beskriver hur naturen, ekologin omkring oss, levererar sådant som är värdefullt för oss människor; det är ett människocentrerat begrepp (antropocentriskt) som betonar nyttoperspektivet. En ofta använd definition på ekosystemtjänster är att de är *ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande*. Naturvårdsverket uttrycker att:

- *Ekosystemtjänster är alla produkter och tjänster som naturens ekosystem ger oss människor och som bidrar till vår välfärd och livskvalitet.*

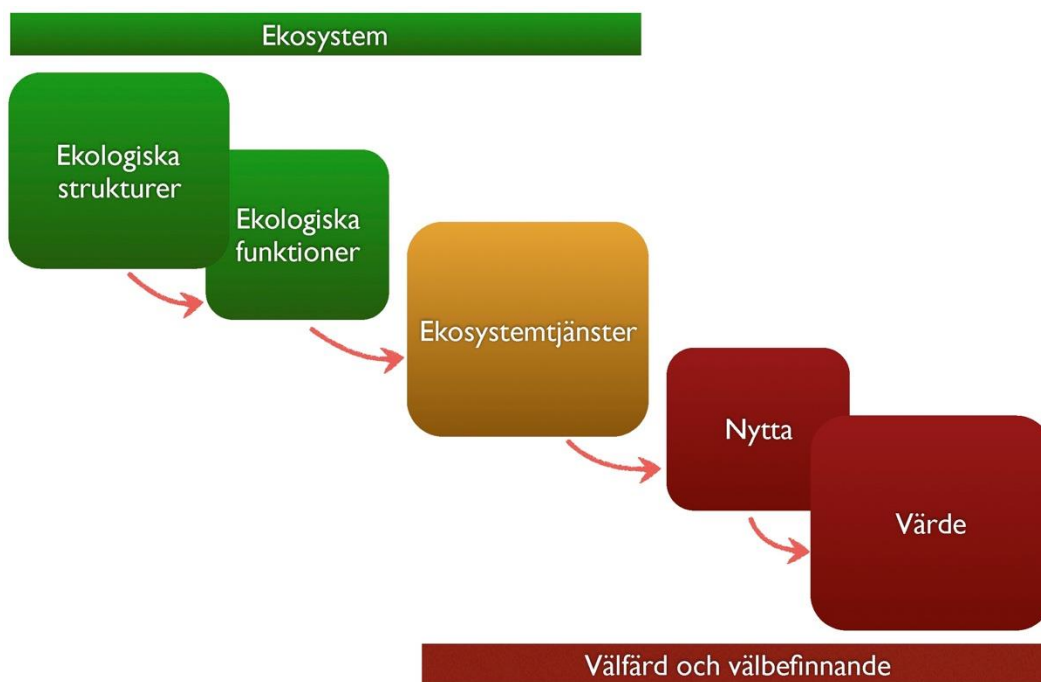
Dessa tjänster delas ofta in i fyra kategorier:

- Försörjande – ger oss spannmål, dricksvatten, trävirke och bioenergi.
- Reglerande – renar luft och vatten, reglerar lokal temperatur och luftfuktighet, skyddar mot UV-strålning och fördröjer ytvattenflöden.
- Kulturella – ger upplevelsevärden, friluftsliv, reducerar stress och ger återhämtning, skönhetsupplevelser och turism.
- Stödjande – underliggande processer som fotosyntes, biogeokemiska kretslopp, bildning av jordmån och upprätthållande av biologisk mångfald.

<sup>4</sup> Allmänningen som samhällsinstitution. Ellinor Ostrom, 1990, 2009.



De stödjande ekosystemtjänsterna är indirekta tjänster, dvs de levererar inte en direkt nytta för människor men är en nödvändig förutsättning för att vidmakthålla livskraftiga ekosystem. Stödjande ekosystemtjänster beskriver i mycket samma sak som grön infrastruktur. Den s.k. kaskadmodellen, se figur nedan, visar hur ekologiska processer och strukturer skapar nytta och värde för människor.



**Från ekologi till välbefinnande.** Kaskadmodellen beskriver en värdekedja där ekologiska processer och strukturer ger en förutsättning för ekosystemtjänster som skapar nytta och värde för människor. Illustration: Magnus Tuvendal, Calluna AB.

### 1.3.2 Varför arbeta med grön infrastruktur?

Skälen till varför vi ska värna en grön infrastruktur är en viktig fråga när man går in i en operativ fas i ett exploateringsärende eller kommunal planering. Det är möjligt att anlägga ett grönt tak i syfte att förbättra den vattenhållande förmågan och därmed reducera negativa konsekvenser av skyfall. Beroende på hur detta gröna tak anläggs, exempelvis vad gäller val av arter för det gröna, så kan det anlagda gröna elementet (kunde också handla om en stadskog, ett fiskevatten eller en park) samtidigt bidra till att stärka biologisk mångfald. Men designval kan också göra att bidraget till biologisk mångfald blir begränsat eller obefintligt.

Grön infrastruktur är ett begrepp som många uppfattar som svårfångat. Ett skäl till detta kan vara att diskussionen ibland lägger fullt fokus på bevarande av biologisk mångfald och att den ibland handlar om att producera nytta för människor, det vill säga ekosystemtjänster. På europeisk nivå och nationellt i Sverige så ges två motiv för att skydda, stärka eller skapa en grön infrastruktur:

- 1) för att bevara biologisk mångfald och
- 2) för att främja ekosystemtjänster.

Naturvårdsverket motiverar arbetet med grön infrastruktur med att ”...bidra till bevarande av biologisk mångfald, främja ekosystemens status och resiliens och därmed stärka ekosystemtjänster som är viktiga för samhället i stort”<sup>5</sup>. Ekologisk resiliens är förmågan hos ett ekosystem att möta förändringar och störningar utan att övergå till ett annat tillstånd. Hög resiliens möjliggör återuppbyggnad och förnyelse efter en störning, låg resiliens innebär att ett ekosystem är mycket sårbart.

Även inom EU så betonas att grön infrastruktur är en central komponent i arbetet med målet att till 2020 stoppa förlust av biologisk mångfald inom EU och bidra till att stoppa förluster på global nivå. Samtidigt så förklaras grön infrastruktur som ett ”strategiskt planerat nätverk av naturliga områden och andra element som designas och förvaltas för att leverera en lång rad ekosystemtjänster, som till exempel vattenrening, luftkvalitet, platser för rekreation och klimatanpassning”<sup>6</sup>. Tar man del av texter från USA så är grön infrastruktur något som handlar om att hitta kostnadseffektiva naturbaserade lösningar som kompletterar eller ersätter grå/byggt infrastruktur, framför allt rörande dagvattenlösningar av olika slag.

Vi kan konstatera att begreppet grön infrastruktur kan förstås på olika sätt. Det ger utrymme till tolkningar varför arbetet med grön infrastruktur kan komma skilja sig åt mellan olika län och kommuner. Det pekar på vikten av att kommunicera och upprätta en gemensam förståelse för vad grön infrastruktur är.

### 1.3.3 Vad är grön infrastruktur?

Grön infrastruktur är ett begrepp som vill berätta flera saker samtidigt, alla viktiga, men dess kärna (i en svensk och europeisk diskussion), är att:

- *Grön infrastruktur är ett ekologiskt funktionellt nätverk av livsmiljöer.*

Det är en betoning på hur olika platser (här livsmiljöer) är länkade till varandra och i vad mån de tillsammans skapar ett ekologiskt funktionellt nätverk, eller om man så vill, en sammanhängande större livsmiljö. Livsmiljö ska här förstås som synonymt med habitat – en miljö där en viss växt- eller djurart kan leva. Arter har olika krav på sin livsmiljö. Landskapet ser olika ut beroende på genom vems (ett bi, en hasselsnok eller tofsmes?) glasögon vi tittar.

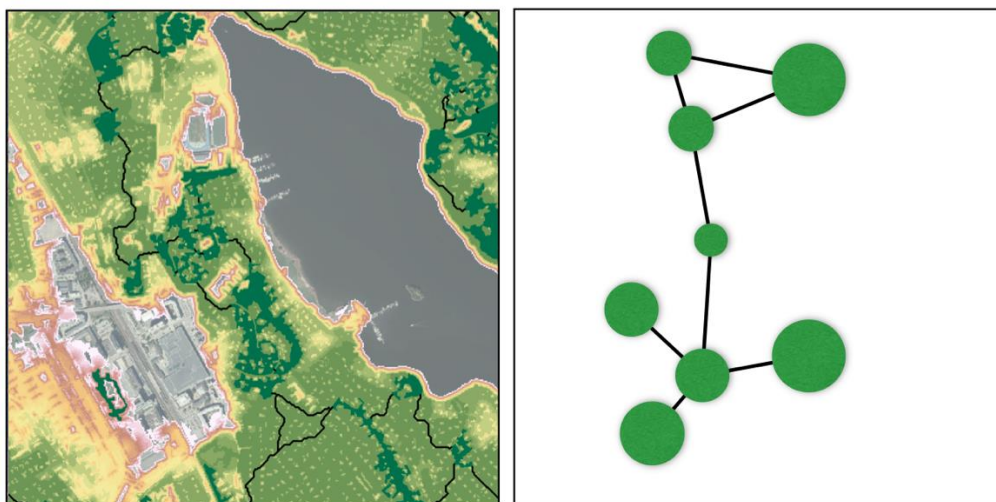
Grön infrastruktur består i sin enklaste form av två delar: livsmiljöer och spridningslänkar. Tillsammans beskriver de ett funktionellt ekologiskt nätverk, en infrastruktur. Ordet infrastruktur leder tanken till annan slags infrastruktur, till exempel elnätet. Det är en analogi med likheter och stora skillnader. Elnätet är ett mycket enklare system att förstå än landskapets ekologi. En likhet är att vi har ett nätverk av ledningar som kopplar samman olika platser. Brister nätet får det

<sup>5</sup> Riktlinjer för regionala handlingsplaner för grön infrastruktur. Naturvårdsverket september 2015.

<sup>6</sup> Egen översättning. [http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/benefits/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/nature/ecosystems/benefits/index_en.htm)

konsekvenser på alla platser ”nedströms”. Här är det endast elektroner, elektricitet, som ska röra sig mellan olika platser där olika maskiner och funktioner drivs av elnätet. I funktionella ekologiska nätverk motsvaras elektronen av alla möjliga levande organismer från bakterier och virus till växter, fåglar och stora däggdjur.

Spridningen utmed spridningslänkarna kan också vara av skilda slag. Organismer kan också röra sig i landskapet på många olika sätt. Det kan vara älgar som rör sig i landskapet för födosök under ett dygn, det kan vara flyttande fåglar som rör sig mellan länder och kontinenter och det kan vara lokal spridning av pollen mellan blommande örter eller spridning av fröer mellan olika bestånd av ädellövträd.



**Ett funktionellt ekologiskt nätverk.** Bilden till höger visar ett ekologiskt nätverk i sin enklaste form bestående av livsmiljöer och spridningslänkar – en principskiss. Till vänster är ett exempel på skogligt nätverk i stadsmiljö. De svarta länkarna är de mest sannolika spridningsvägarna men spridning kan ske även i andra sträckningar. Runt länkarna visar en färggradient hur gärna fokusarten rörs sig i stadslandskapet. Röda toner pekar på ogästvänliga miljöer. Ofärgade områden nås inte av fokusarten. Illustration: Calluna AB.

Livsmiljöerna består av olika slags gröna element. Dessa beskrivs i planeringssammanhang ibland som grönstruktur, grönyta eller gröna områden; begrepp som inte används på ett entydigt sätt. Det saknas en överenskommen och stabil terminologi. Boverket noterar att i flertalet grönplaner behandlas främst park- och naturmark, som är allmänt tillgänglig och ofta förvaltas av kommunen, den så kallade formella grönstrukturen<sup>7</sup>. Klart är att verklighetens gröna områden, den faktiska grönstrukturen, är relevant att förstå. Denna grönstruktur bygger upp den gröna infrastrukturen.

<sup>7</sup> Mångfunktionella ytor – klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur. Boverket 2010.

### 1.3.4 Vad är livskraftiga ekosystem och ekologiskt funktionella landskap?

#### *Från unika områden till hela landskapet*

För 150 år sedan togs de första stegen att bevara natur - att skydda natur från människors handlingar, eller mer specifikt, för skydd mot kommersiella intressen<sup>8</sup>. Argumenten för bevarande var av skilda slag: om grymheten mot träd, om risken att förlora en plats som i framtiden kommer locka många turister eller om att hindra ett ovärdigt och respektlöst beteende. I fokus var exceptionella platser och objekt - som vackra ståtliga träd och en klippta i ett makalöst landskap. Dessa argument fick senare sällskap. Vanligare platser som produktiva skogar och fiskevatten riskerade att skördas på ett sätt som utarmade resursen på sikt. Även här behövdes skydd och institutioner sattes upp för att säkra framtida skördar.



**Exempel på vardagslandskapet.** Längs vägar, här E4, finns ofta torra gräsmarker med stor mängd och olika arter av blommor. Den sandiga marken är optimal för bin som gräver gångar i marken och lägger äggen där. En sådan här biotop är ofta en viktig miljö för vildbin. Det är inte ovanligt att biotoptypen betraktas som ointressant ur naturvårdssynpunkt. Foto: Giulio Deboni, Calluna AB.

Med grön infrastruktur tas steget fullt ut att se landskapet som en fungerande helhet. Det bygger på en förståelse för att bevarande av isolerade platser, aldrig så unika och med höga naturvärden, inte är tillräckligt för att långsiktigt bevara biologisk mångfald och säkerställa för oss viktiga ekosystemtjänster. Även vardagslandskapet fyller viktiga funktioner.

#### *Ekologiskt funktionella landskap*

Idag är förlust och fragmentering av livsmiljöer ett av de främsta hoten mot biologisk mångfald. I stadsmiljöer och urbaniserade regioner accentueras denna

<sup>8</sup> Yosemite: The Story of an Idea. Hans Huth, 1948.

problematik. Avgörande för att kunna upprätthålla grundläggande ekologiska processer i fragmenterade landskap är att livsmiljöer inte blir alltför isolerade från varandra samt att det sammantaget finns tillräckligt mycket av goda livsmiljöer.

Grön infrastruktur handlar inte endast om skydd, om att bevara det idag existerande. Ibland kan det vara nödvändigt att anlägga och skapa förutsättningar för den funktion som behövs. Detta gäller inte bara i tätorter utan även i av människan kraftigt påverkade ekosystem där vi idag har en miljöskuld som startpunkt. Det kan vara norrländska skogsområden kraftigt påverkade av skogsbruk eller landskap i Skåne där våtmarker till stor del utdikats.

### 1.3.5 Avgränsningsproblemet - vilken grön infrastruktur är viktig?

Varje kartläggning av grön infrastruktur är en förenkling av verklighetens komplexa ekologi. I en exploaterings- eller planeringssituation behöver beslutsfattaren, mycket konkret, ta ställning i frågan om vad för aspekter av grön infrastruktur som är väsentliga att ha kunskap om och ta hänsyn till. Detta beror på hur man motiverar sitt arbete med grön infrastruktur. Man kan argumentera enligt två huvudspår:

- För att stärka de arter (ansvarsarter) och livsmiljöer (ansvarsnaturtyper) som vi har ansvar att förvalta
- För att säkerställa leverans av viktiga ekosystemtjänster genom att säkerställa att de produceras av livskraftiga ekosystem

Länsstyrelser besitter mycket kunskap om vilken grön infrastruktur som är viktig i en region genom bl.a. sitt arbete med områdesskydd, skogsstrategi, Natura-2000 områden och åtgärdsprogram. I vissa regioner finns argumentation samlad i form av en strategisk utvecklingsplan.

Hur många funktionella ekologiska nätverk behövs för att stödja ett beslut, för att få en bild av ekologiska samband att ta hänsyn till? Ett större underlag, fler kartläggningar ger en ökad förståelse för hur landskapet i fråga är beskaffat men det finns alltid restriktioner i fråga om kostnader och tid. En tumregel kan vara att gärna kartlägga tre ekologiska nätverk som representerar olika slags naturtyper. Det ger beslutsfattaren en vidgad beslutsrymd och kännedom om viktig grön infrastruktur och samtidigt en förståelse för att det kan finnas andra ekologiska samband som också är viktiga. En (1 st.) karta kan implicit kommunicera att det är det enda relevanta underlaget och därmed övertolkas.

### 1.3.6 Metoder för att kartlägga ekologiskt funktionella landskap

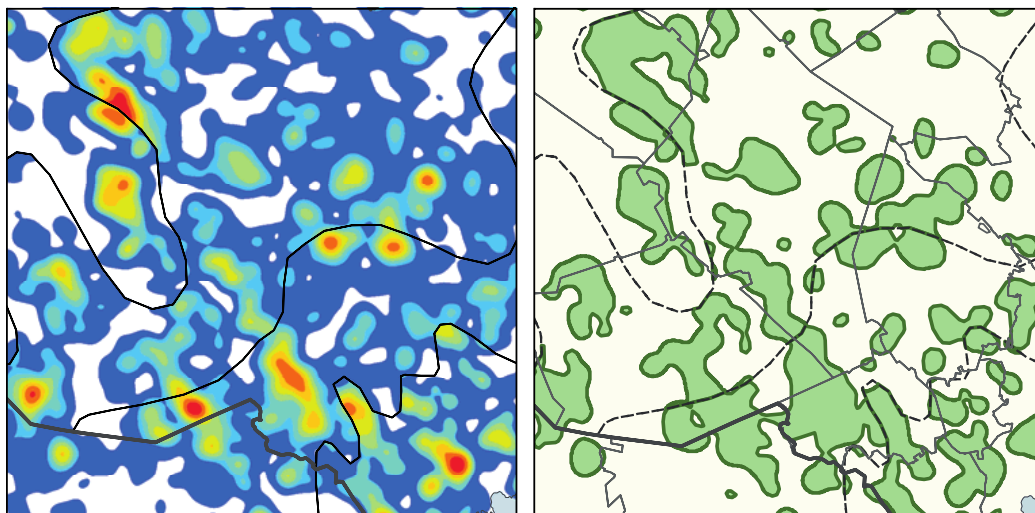
En metod för att precisera den livsmiljö som ska ingå i analysen är att utgå från *fokusarter*. Utifrån ett val av fokusart kan man specificera vad för krav på livsmiljö som denna ställer. Fokusarter är ofta arealkrävande arter eller arter som behöver flera olika naturtyper under hela sin levnad (en miljö för att hitta föda, en annan där det finns lämpliga boplatser och kanske dessutom platser för övervintring). Det betyder att förekomsten av en fokusart är en indikator på att en mångfald av andra arter också finns i livsmiljön. Ibland är fokusarten inte en

specifik art (som hasselsnok) utan representeras av en grupp som alla har liknande krav på sin livsmiljö (till exempel barrskogsmesar). Kanske är den intressanta livsmiljön att kartlägga en s.k. *ansvarsnaturtyp*, en utvald naturtyp i ett visst område med vissa specificerade högt ställda krav på kvalitet.

Utifrån ortofoton, laserdata, satellitbilder, jordartskartor, inventeringar med mera. kan relevanta livsmiljöer identifieras. Vilka underlag som behövs och vilka GIS-analyser som passar för att identifiera livsmiljöer är olika för olika fokusarter. Identifierade områden med relevant livsmiljö kan sedan analyseras på olika sätt för att skapa en bild av den gröna infrastrukturen.

#### *Värdetrakter och koncentrationsanalys*

Med en koncentrationsanalys uppstår mönster, en struktur, där vissa områden träder fram. Här identifieras områden i landskapet där den studerade livsmiljön är som tätast.



**Koncentration av områden med intressant livsmiljö.** Bilder till vänster visar med rödare ton att koncentrationen är högre. Till höger har värdetrakter skapats från koncentrationsanalyser baserat på vissa specifikationer. Källa: Grön infrastruktur i det boreala skogslandskapet. Länsstyrelsen i Västerbotten 2016.

Traktanalys bygger på koncentrationsanalys. Det är en metod för att avgränsa vissa avsnitt i landskapet som uppfyller vissa krav, ofta s.k. värdekärnor. En *värdekärna* är ett sammanhängande område, som bedöms ha särskilt höga naturvärden i form av områdets betydelse för fauna och flora och/eller för prioriterade naturtyper eller ekosystemtjänster.

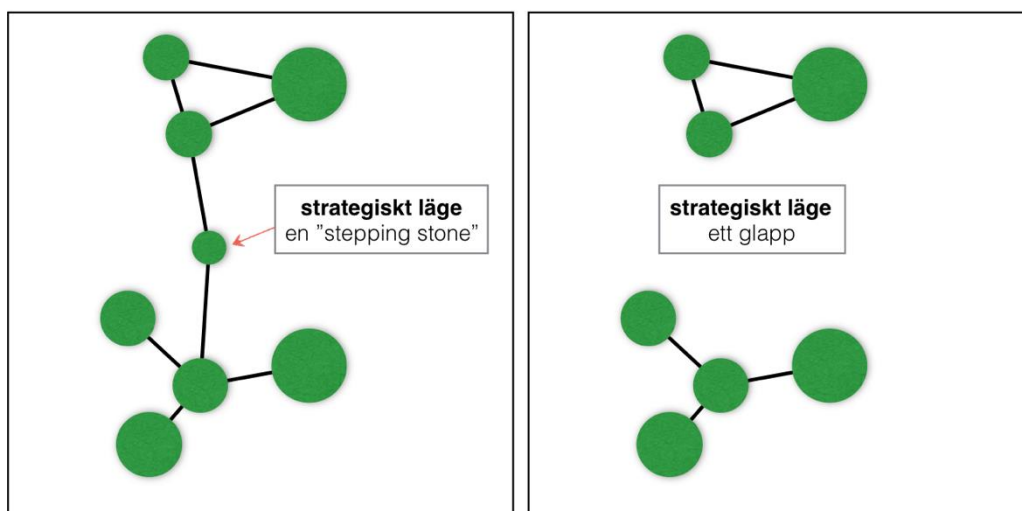
#### *Ekologisk nätverksanalys*

Med en nätverksanalys ser man på landskapet som bestående av noder (livsmiljöer) och länkar (spridningslänkar) och matrix (det övriga landskapet). Länkarna baseras på ekologisk kunskap om studerad fokusart. Om livsmiljöer är

nära varandra och det omgivande landskapet inte är för ogästvänligt så skapas en länk.

Det finns en lång rad analyser som kan utföras och kvantitativa mått som kan beräknas. Precis som för elnätet kan man analysera infrastrukturens sårbarhet mot olika slags störningar och man kan testa konsekvenser av olika scenarier.

För en planeringssituation är det till exempel intressant att identifiera strategiska lägen. Där kan finnas områden som uppfyller krav på livsmiljö men kanske inte är stora eller av särskilt hög kvalitet (värdekärnor) men som ändå har stor strategisk betydelse för att knyta samman livsmiljöer till ett sammanhängande ekologiskt nätverk. En sådan punkt kallas ”stepping stone”. Analysen kan också omvänt peka ut platser där introduktion av grönstruktur eller förstärkningsåtgärder ger stor effekt för landskapets gröna infrastruktur.



**Nätverksanalys pekar ut livsmiljöer och hur de relaterar till varandra.** Ett strategiskt intressant område med livsmiljö kan identifieras både som ett glapp och stepping stone. Denna plats kanske har relativt låga naturvärden och skulle inte komma med i en traktanalys som pekar ut värdekärnor. Hur fragmenterat nätverket är, hur stora komponenterna är (till vänster finns en sammanhängande komponent och till höger är denna delat till två sammanhängande komponenter) och andra mått kan räknas fram med nätverksanalys. Illustration: Magnus Tuvendal, Calluna AB.

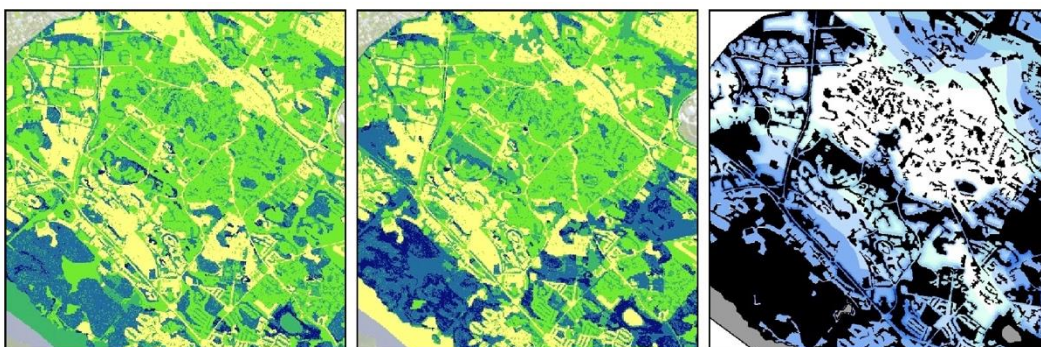
#### 1.4 Grön infrastruktur för klimatanpassning

Grön infrastruktur kan bidra till klimatanpassning genom att säkerställa att de gröna element som levererar ekosystemtjänster, exempelvis dagvattenfördröjning och temperaturreglering, är delar i funktionella ekologiska nätverk. Detta är av central betydelse. De gröna elementen stärks av att vara en integrerad del av det omgivande landskapet och blir mer motståndskraftiga för störningar. Det är också så att det omgivande landskapet stärks av det gröna elementet.

#### 1.4.1 Högre temperaturer och värmeöar i städer

Många älskar värmeböljor eftersom de ofta sammanfaller med semester, men de tillhör de väderfenomen som kräver allra flest dödsoffer. Detta fenomen förväntas att intensifieras framöver på grund av klimatförändringar. SMHI räknar med att man registrerar den första dagen över 40 grader C i Sverige inom 20–30 år. Det kan motsvara strålningstemperaturer en bra bit över 60 grader för solbelysta platser i täta stadsmiljöer vilket innebär hög nivå av värmestress. Forskning har visat att konsekvenserna av värmestress (av jämförbar temperaturhöjning) skiljer sig mellan städer utmed en nord-sydlig gradient där nordliga städer drabbas hårdare. Sverige är anpassat för låga temperaturer.

I stort sett allt grönt i staden kommer att spela roll för temperaturreglering. Varje litet träd har en funktion, varje yta med levande vegetation bidrar. Temperaturreglering som ekosystemtjänst beror på skuggning och evapotranspiration. Vid evapotranspiration omvandlas vatten till vattenånga och släpps ut genom växters klyvöppningar - och detta kyler omgivningen.



**Ekosystemtjänsten temperaturreglering i stadsmiljö.** Mörkare färger mer kylande effekt. Notera att de tre kartorna skiljer sig åt. Till vänster, kapacitet till kylning dagtid. Mitten, kapacitet till kylning nattetid. Till höger, det svarta är grönstruktur och det blå indikerar kylande effekt ut i omgivande stadsmiljö. Observera området med utspridda mindre områden av grönstruktur – svarta små fält på vit bakgrund. Dessa kyler inte alls kringliggande stadslandskap i denna modellberäkning. Källa: Kartläggning och analys av ekosystemtjänster i Stockholms stad, Calluna AB.

Vissa grönstrukturer kyler bättre. Som exempel så kan fuktskogar antas ha bättre tillgång till vatten än torra friska skogar under värmeböljor och ett fylligare lövverk som ger högre volym och utför mer evapotranspiration. Studier pekar också på att sammanhängande större stadsskogor har större kylande effekt på sin omgivning – de kyler bortom sina egna gränser - än samma areal grönstruktur om den inte är sammanhängande. Genom att kombinera olika underlag och antaganden om deras inverkan på temperaturreglering kan stadens gröna strukturers kapacitet att reglera klimatet, att kyla, visualiseras.



### 1.4.2 Grön infrastruktur – exempel

Den gröna infrastrukturen byggs upp av olika grönstrukturer. Nedan är några exempel på grönstruktur i relation till klimatanpassning.

#### För avledning och fördröjning av dagvatten.

Den gröna infrastrukturen kan vara viktig i urbana miljöer för att minska belastning på dagvattensystem och som översvämningsytor vid intensiv nederbörd. Grönytor kan också rena dagvatten från föroreningar och närsalter. Foto: Wikipedia, Public domain, Creative commons, CC0.



#### För svalka och temperatursänkning

Träd som sänker temperaturen på markytan både genom att ge skugga och genom evapotranspiration. I städer som är varmare än andra platser är detta extra viktigt. Foto: Public domain, Creative commons, CC0.



#### För att hindra erosion vid stränder

Vegetation vid stränder kan hindra eller fördröja erosion och borttransport av jordmaterial. Vegetation längs kantzoner kan också förbättra stabilitet i slänter mot vattendrag. Källa: SGU.



**För att fungera reglerande vid höga flöden i vattendrag.** Flacka ytor och våtmarker har en naturligt fördröjande och dämpande effekt vilket bebyggda områden nedströms kan dra nytta av. Foto: Wikipedia, Public domain, Creative commons, CC0.

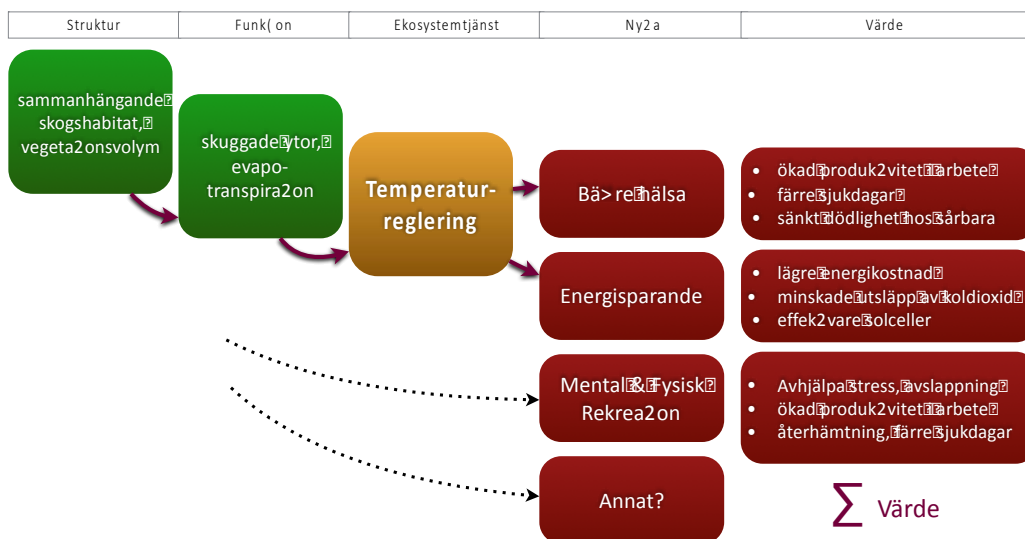


**För att minska luftföroreningar och buller i urbana områden.** Träd och vegetation kan ta upp partiklar och föroreningar i luften och samtidigt bidra till att dämpa buller. Foto: Wikipedia, Public domain, Creative commons, CC0.



## 1.5 Grön infrastruktur för klimatanpassning och samtidigt andra miljömål

1.5.1 Multifunktionalitet – många simultiga funktioner och värden skapas  
Multifunktionalitet är ett nyckelbegrepp i arbetet med grön infrastruktur och ekosystemtjänster. Ekosystem levererar samtidigt många olika tjänster och nyttor. Denna multifunktionalitet finner man sällan i tekniska lösningar som ofta designas för att lösa ett problem. Detta ställer beslutsfattare och planerare inför en delvis ny utmaning att samordna insatser och aktiviteter. Det är rimligt att anta att träd och urban grönska som bidrar till temperaturreglering också tillför andra värden till dem som bor i staden.



**Multifunktionalitet och sammanlagt värde.** Ekosystem levererar samtidigt många olika tjänster och nyttor. Ekosystemtjänsten temperaturreglering tillhandahålls av urban grönstruktur och ger bättre hälsa och energisparande. Stadsskogar och andra grönstrukturer som bidrar till temperaturreglering producerar samtidigt även andra ekosystemtjänster. Illustration: Magnus Tuvendal, Calluna AB.

Att arbeta med utgångspunkt i en grön infrastruktur tillför ett mervärde både genom att befintliga insatser samordnas och effektiviseras, och genom att landskapssammanhang som hittills blivit förbisedda uppmärksammas.

En tumregel är att med ökad biologisk mångfald så ökar utbudet av ekosystemtjänster platsen kan leverera.

Det sammanlagda värdet av till exempel en ekosystembaserad dagvattenlösning kan vara både stort och osynligt i en beslutssituation. Värdet, som bör motivera beslut och investering, är större än värdet av att dämpa dagvattenflöden. Här finns synergier som kan tas till vara. Kanske samma lösning även kan reglera det lokala klimatet (ge svalka och behaglig luft att andas), vara en vacker plats för rekreation och lek (med fågelsång och surrande trollsländor och humlor) och generellt öka attraktiviteten för området och därmed fastighetspriser.

Men ibland står värden mot varandra. De träd som identifieras som viktiga för temperaturreglering är inte de samma, även om överlapp finns, som de som är viktiga för bevarande av biologisk mångfald. Den gröna infrastrukturen som stöder ädellövträd kommer att skilja sig från den som beskriver ett nätverk över barrskog och arter knutna till denna. Ibland behöver ett värde prioriteras över ett annat.

I många fall kommer det vara möjligt att genom val av trädart och placering åstadkomma både ekosystemtjänster som temperaturreglering, reduktion av buller, rening av luft från partiklar och samtidigt stärka en för platsen betydelsefull grön infrastruktur.

### 1.5.2 Staden som stöd för omkringliggande jordbrukslandskap

#### *Utmaningen*

Många städer ligger i anslutning till åkermark. Det är ingen slump att människor samlats i bördiga trakter och att städers utbredning ofta sker på bördiga marker. Majoriteten av världens befolkning bor idag i städer (50% passerades 2007) och andelen ökar.

Vi vet att förändrade landskap och framför allt ett mer storskaligt och intensivt jordbruk har lett till förlust av livsmiljöer för bin och humlor. I Sverige är ungefär 30% av våra bin och humlor rödlistade. Trenden pekar på en fortsatt framtida nedgång av vildbin (det vill säga vilda bin och humlor). Det beror bl.a. på att vildbin har svårt att hinna dra nytta av de blommande grödorna i monokulturella jordbrukslandskap innan allt är utblommat och grödor skördade - blomningstiden är helt enkelt för kort.

Det finns studier som pekar på att vilda bin och humlor minskar i utbredning och mångfald runt om i världen. Detta har rönt stor uppmärksamhet och i massmedia har det talats om en risk för en global pollineringskris. Vi har kunnat läsa om drastiska lokala exempel där människor fått träda in, ersätta en förlorad ekosystemtjänst, och för hand pollinera i fruktodlingar i Marocko och Kina.

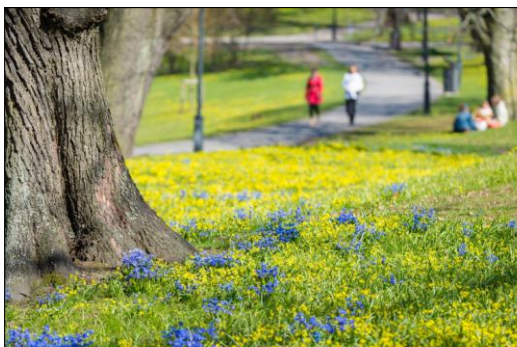
Uppskattningsvis 84% av europeiska grödor är direkt beroende av insektspollinering.

#### *Etablera grön infrastruktur för pollinerare i gröna klimatlösningar*

Staden träder här, för många överraskande, fram som en motvikt till trender i jordbrukslandskap. Ett mer omväxlande stadslandskap med stor diversitet av blommande växter ger inte bara en längre säsong med tillgång till nektar och pollen utan också utrymme för arter som är mer specialiserade i sitt födoval. Forskare pekar på att denna förståelse bör ligga till grund för en klok landskapsplanering och att särskilt urbana miljöer med trädgårdar, parker med mera, kan erbjuda ett brett utbud av föda och boplatser. I motsats till vad som kanske är förväntat kan vildbin hittas från stadens utkanter ända in till den täta stadskärnan. Artsammansättning skiljer sig åt mellan lokaler. Därför finns skäl att stödja habitat för vilda bin inte bara i vissa naturlika parker utan med fördel göra insatser längs hela den urbana gradienten för att maximera den positiva effekten på biologisk mångfald.

Dessa lösningar kan bestå i att utforma gröna tak som inte bara fångar upp dagvatten och kyler fastigheten utan också består av livsmiljö för vildbin. Det kan åstadkommas med död ved, öppna sandiga ytor och blommande örter och buskar.

Mångfunktionell stadsplanering är relevant inte bara för utformning av tak utan också för andra ytor, platser och stråk genom staden. Det är relevant både i naturlika parker och till exempel cykel- och gångvägar.



**Multifunktionell stadsplanering.** Hur kan en plats samtidigt bidra till flera olika värden för dem som bor i staden? Ekosystem levererar samtidigt många olika tjänster och nyttor. Denna multifunktionalitet finner man sällan i tekniska lösningar. Foto: istock.com

## 2 Hur grön infrastruktur tillhandahåller klimatanpassning – exempel med geografiskt underlag

### 2.1 Förändrat klimat och åtgärder för anpassning

Klimatmodeller pekar på att framförallt kortvariga regn (< 6 h) kommer att öka mest i intensitet i ett framtida klimat. Ökningen är mindre tydlig när de gäller mer långvariga regn<sup>9</sup>. Detta betyder att skyfallsrelaterade problem i urbana områden och infrastruktur sannolikt kommer att öka i framtiden. Skyfall kan orsaka stora problem i bebyggelse och infrastruktur i form av översvämningar, erosion, bortspolning av vägbankar och problem med dagvattensystem. Mer långvariga perioder av nederbörd och lågtryck kan orsaka höga flöden i vattendrag, som i sin tur orsakar översvämningar. För att motverka dessa effekter och behövs en rad klimatanpassande åtgärder.

I detta sammanhang blir det intressant att titta på hur den gröna infrastrukturen kan bidra med tjänster för klimatanpassning. Naturmark, grönytor och parker kan spela en viktig roll i klimatanpassningsarbetet.



**Erosion och bortspolning av vägbank.** Mild vinter i kombination med regn kan orsaka stora problem i bebyggelse och infrastruktur. Foto: Åke Thim / SCANPIX.

<sup>9</sup> Riskbild Södermanland. Översiktlig regional klimat- och sårbarhetsanalys – naturolyckor. Länsstyrelsen i Södermanland 2012:6.

## 2.2 Översvämning orsakad av höga flöden i vattendrag

Höga flöden i vattendrag är en vanlig orsak till översvämningar och föregås av längre perioder av nederbörd eller snösmältning. På SMHI:s vattenwebb<sup>10</sup> finns information om det hydrologiska nuläget i vattendragen som kan jämföras med tidigare år eller högsta tidigare uppmätta flöde. Det finns även möjligheter att få en prognos för vattenflödet den närmaste veckan.

MSB (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) har också sedan början av 2000-talet genomfört översiktliga översvämningsskarteringar av de mest prioriterade vattendragen<sup>11</sup>. Beräkningar finns för flöden med 100 och 200 års återkomsttid samt beräknat högsta flöde (BHF). Beräkningen av BHF bygger på att kritiska faktorer som markfuktighet, regn och fyllda vattenmagasin samverkar.

**Översvämningsskarterade vattendrag.** Källa: MSB.

Län	Vattendrag	Karterat år
<b>Västmanland</b>	Kolbäcksån	2014
	Svartån Västerås	2014
	Hedströmmen	2016
	Arbogaån	2013
<b>Östergötland</b>	Stångån	2016
	Motala ström	2014
	Svartån	2015
<b>Södermanland</b>	Kilaån	2015
	Nyköpingsån	2015
	Trosaån	2015
	Svartån	2013
	Eskilstunaån	2013

De tidiga skarteringarna är gjorda med Lantmäteriets höjddatabas med 50 meters upplösning och utbredningen av översvämningen är därför mindre tillförlitliga än de som senare har uppdaterats med den nya höjdmodellen (grid 2+). Skarteringar, rapporter och GIS-data finns samlade på MSB:s översvämningsskarteringportal. Samtliga

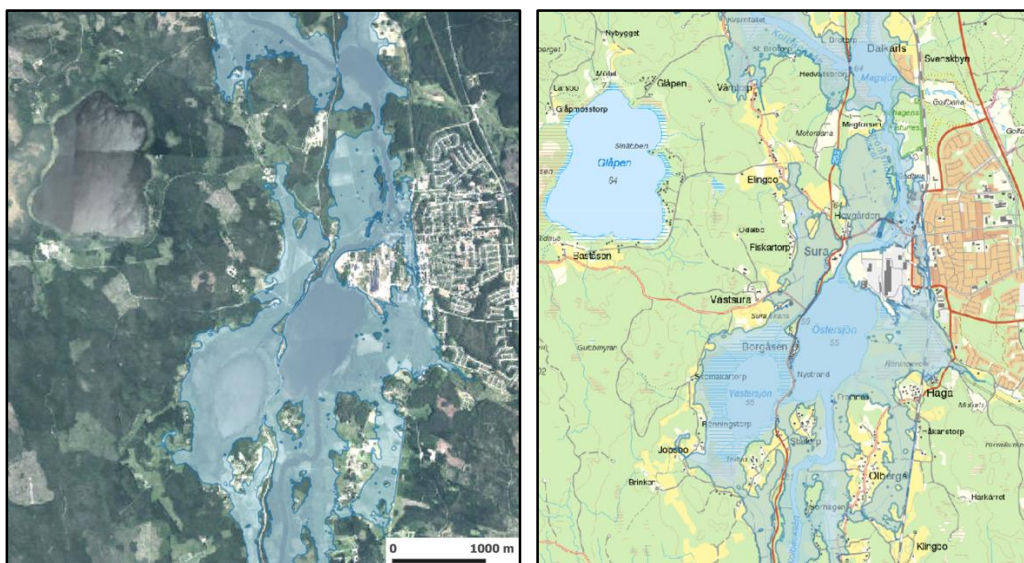
<sup>10</sup> <http://vattenweb.smhi.se/>

<sup>11</sup> <https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Kartor/Oversvamningskartering>

vattendrag i Västmanlands, Södermanlands och Östergötlands län, utom södra delen av Stångån i Östergötland, är karterade med uppdaterad höjdmödel och metodik och visas i tabell ovan. Översvämning vid beräknat högsta flöde i Kolbäckån, Västmanland visas i figur nedan.

Svämplan i flacka områden, torvmarker och sjöar utför därför viktiga reglerande ekosystemtjänster som kan motverka översvämning i bebyggda områden nedströms. Ur detta perspektiv kan det vara viktigt att inventera den hydrologiska statusen hos torvmarker uppströms ett potentiellt översvämningdrabbat område.

Har till exempel hydrologin i våtmarker påverkats av dikning eller förändringar av trösklar och utlopp? Finns det lämpliga våtmarker som kan restaureras eller finns lämpliga platser att anlägga nya våtmarker? Torvmarkernas status kan också påverka utsläpp av växthusgaser och biologisk mångfald. Vattendragens vegetationsklädda kantzoner har också en viktig vattenhållande funktion. Vissa vattendrag som ursprungligen meandrat genom landskapet har rätats ut av p.g.a. jord- eller skogsbruk vilket också försämrat den flödesutjämnade funktionen. Om det är möjligt att återställa så kan vattendraget återfå sin ursprungliga funktion.



**Översvämningsskartering.** Översvämning vid beräknat högsta flöde (BHF) i Kolbäckån, Surahammar. Källa: MSB översvämningsskartering. Copyright Lantmäteriet.



**Översvämningssplan på betesmark.** Exempel från Östergötland. Foto: istock.com

Viktiga underlag för att kartlägga den gröna infrastrukturens betydelse för hydrologi och översvämningar är samlade nedan.

#### Underlag

- MSB:s översvämningsskarteringar
- SMHI (Databaser över anlagda våtmarker, Sjöar och vattendrag, Avrinningsområden och modelldata)
- Markavvattningsföretag (Länsstyrelsernas geodata)
- Aktuell markanvändningskartering (CadasterENV)
- Lantmäteriets nationella höjdmmodell (grid2+)
- SGU - Digitala jordartskartor
- Naturvårdsverket - våtmarksinventeringen

#### 2.2.1 Erosion och strandnära ekosystem

Strandnära ekosystem kan påverkas av erosion och översvämningar. Livsmiljöer vid exempelvis strandängar är beroende av variation mellan högt och lågt vattenstånd. Dock kan ett högre medelvattenstånd till följd av klimatförändringar gradvis förflytta habitatet till högre nivåer i landskapet. För att det ska kunna ske krävs då att bebyggelse och infrastruktur inte hindrar habitatets förflyttning.

Erosion vid havsstränder, sjöar och vattendrag gör att jordmaterial eroderas och transporteras bort. Detta kan leda till att strandnära habitat krymper eller på sikt



försvinner om erosionen är så omfattande att strandtypen förändras. Vissa habitat, till exempel brink- och dynmiljöer är beroende av den störning som ges av rinnande vatten eller vågor mot kustremsan, men det kan också röra sig om habitat för arter som har anpassat sig till störningen. Ett exempel är backsvalan som har bo i branter av lösa jordarter och där erosion ofta är en förutsättning för habitatet.

Det går inte att säga något generellt om hur strandnära ekosystem påverkas av erosion och översvämning. Däremot finns digitala underlag för att göra bedömningar av hur specifika habitat kan komma att påverkas. Sveriges geologiska undersökning, SGU, och Statens geotekniska institut, SGI, har underlag som beskriver förutsättningar för erosion längs stränder. För att göra analyser av hur olika strandnära habitat kan påverkas av erosion är det lämpligt att kombinera denna med kartläggning av Natura 2000 habitat. För att kartlägga påverkan från ett förhöjt medelvattenstånd är det lämpligt att använda noggranna höjddata.



**Erosion längs stränder.** SGU:s kartläggning visar förutsättningar för erosion längs stränder. Klassningen bygger på jordartsinformation. Källa: SGU, Lantmäteriet.

#### Underlag

- Natura 2000 områden
- Lantmäteriets nationella höjddata (grid2+)
- SGU - Digitala jordartskartor
- SGU/SGI Erosionskänsliga stränder

### 2.3 Skyfallsrelaterad översvämning i urban miljö

Stora delar av de urbana miljöerna är hårdgjorda vilket innebär att dagvatten till stor del måste hanteras i byggda system. Vanligen dimensioneras systemen för att kunna hantera ett regn med 10 års återkomsttid. Det innebär att dagvattensystemen inte är avsedda för att hantera extrema skyfall av den typ som förekommit i exempelvis Malmö och Köpenhamn de senaste åren. Äldre områden har också ofta kombinerat system för dag- och spillvatten som gör denna bebyggelse extra känslig för skyfallsöversvämningar. Det skulle krävas enorma investeringar för att uppgradera systemen till att kunna hantera till exempel ett framtida 100-års regn. Därför måste en helhetssyn tillämpas där man tar hänsyn till både tekniska lösningar och de naturgivna förutsättningarna. Naturområden och grönytor kan här bidra med ekosystemtjänster för att minska effekter av skyfall, bidra med vattenrening och minska belastningen på dagvattensystemen.



**Översvämning i urbana områden.** Häftiga skyfall kan snabbt få konsekvenser. Foto: istock.com

De bebyggelseområden, som idag drabbas av skyfallsöversvämningar, kommer att drabbas även i framtiden och nya kommer sannolikt också att tillkomma. Om man jämför avrinningen i ett urbant område med stor andel hårdgjord yta med ett naturområde så sker avrinningen mycket snabbare i det urbana området. En mycket liten del av ytvattnet infiltrerar.

De klimatförändringar som har störst påverkan på avloppssystemen är:

- ökade regnintensitet och regnmängder som kan orsaka översvämningar i bräddavlopp

- höjda vattennivåer i hav, vattendrag och sjöar kan orsaka försämrade avledning eller återströmning till avloppssystemet

För att motverka dessa problem måste man förstå vilka bakomliggande faktorer som orsakar skyfallsöversvämningarna. Dessa faktorer måste kartläggas och analyseras för enskilda problemområden. När man planerar ny bebyggelse är det särskilt viktigt att se till att inte nya översvämningområden skapas. Genom att tidigt inventera förutsättningar kan man se till att minska risken för skyfallsöversvämning och skapa långsiktigt hållbara lösningar för omhändertagande och avledning av dagvatten. För att kunna hantera detta behövs underlag som, på både en övergripande och lokal nivå, visar förutsättningar för att kunna omhänderta och avleda dagvatten.

### 2.3.1 Höjddata och kartering av lågpunkter

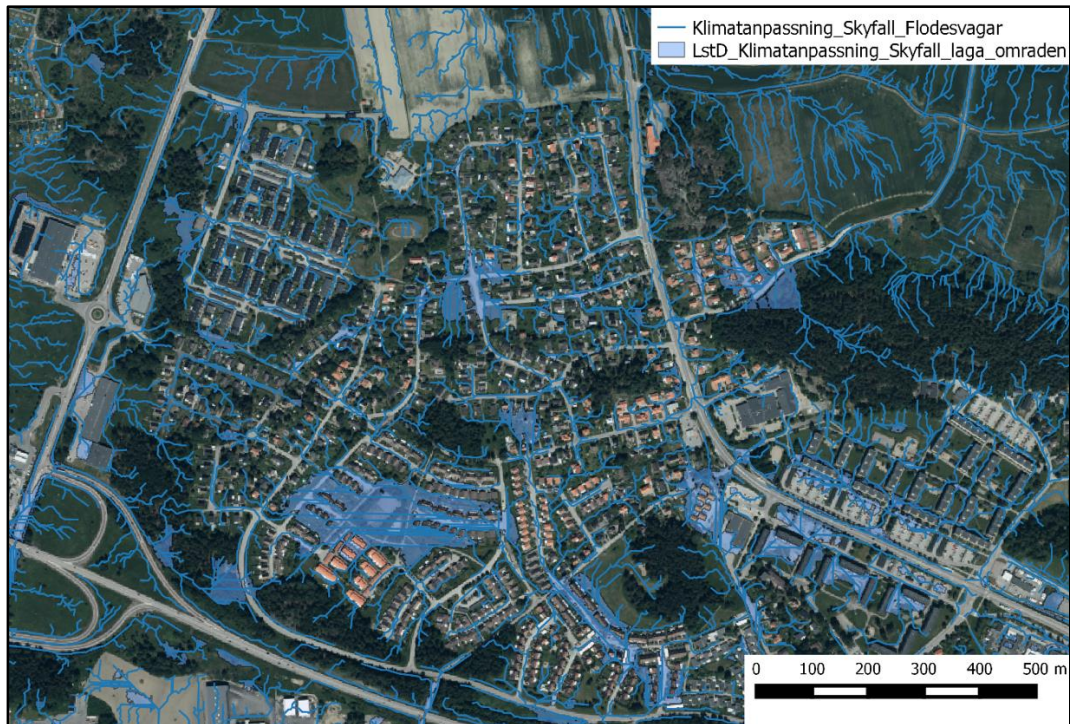
Ett första steg mot att kartlägga känsliga områden är en så kallad lågpunktskartering<sup>12</sup>. Denna identifierar lågpunkter i landskapet som löper högre risk att översvämmas vid större nederbörds mängder. I denna kartläggning ingår ingen information om nederbörd, markens hårdgjordhet, infiltrationsförmåga, vegetationens evapotranspiration eller befintliga dagvattensystem. Därför kan lågpunktskarteringen inte säga om översvämning uppstår på en viss plats vid en definierad nederbörd. Dock är denna typ av kartläggning viktig för att göra en ”screening” av potentiella översvämningområden vid skyfall. Vanligen ger en lågpunktskartering en igenkänningsfaktor i den meningen att kända översvämningområden är representerade. För att gå vidare mot åtgärder krävs mer detaljerade undersökningar med andra modeller som tar hänsyn till, eller schablonmässigt hanterar de andra faktorerna ovan. Veidirektoratet i Danmark har utvecklat en metod för att i tre steg analysera lågpunktsområden<sup>13</sup>. Modellen genomförs stegvis enligt följande;

1. Screening av lågpunkter (Level 1)
2. Analys av känslighet för regn i enskilda lågpunkter (Level 2)
3. Hydraulisk modell för prediktion av översvämning och förlopp vid olika nederbörds mängder (Level 3)

Steg 3 i denna modell är resurs- och datakrävande och genomförs på specifika översvämningkänsliga objekt.

<sup>12</sup> Riskbild Södermanland. Skyfall, lokala avrinningsförhållande och extrema havsvattenstånd. Länsstyrelsen i Södermanland 2013:24.

<sup>13</sup> The Blue spot concept. Danish road institute, report 181, 2010.



**Kartering av lågpunktsområden och rinnvägar i Eskilstuna tätort.** Informationen som finns i denna kartläggning ger en startpunkt för bedömning av risk vid skyfall och hur man kan motverka negativa effekter. Källa: Ortofoto från Lantmäteriet.

#### Underlag

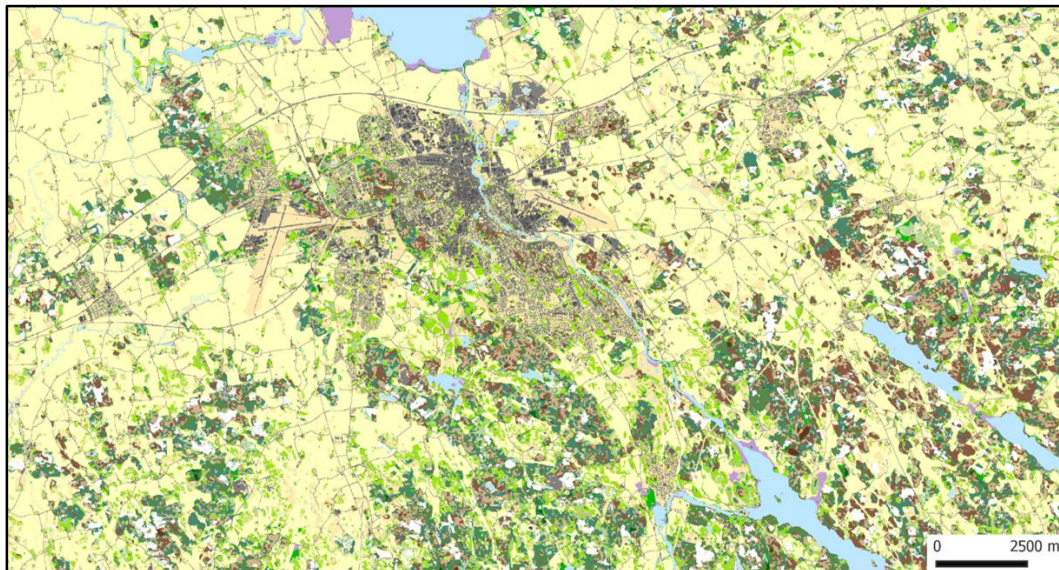
- Lantmäteriets nationella höjdmödel (grid2+)
- Markanvändning och kartinformation
- Avrinningsområden (SMHI eller beräknade ur höjddata)

### 2.3.2 Markanvändning och geologiska förutsättningar

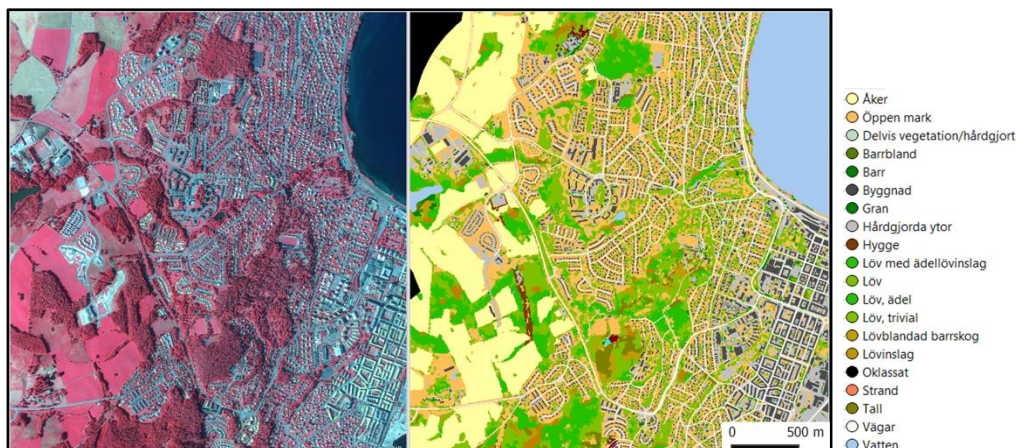
Markens förmåga att ta hand om nederbörd/dagvatten beror i huvudsak på jordarter, vegetation och andel hårdgjorda ytor. Naturområden där jordarterna består av sand och grus har mycket god infiltrationskapacitet, medan urbana områden med stor andel asfalterade ytor, tak och andra hårdgjorda ytor har låg infiltrationskapacitet. Om man vill förebygga skyfallsrelaterade översvämningar i urban miljö är det viktigt att känna till markens infiltrationsförmåga. För att bedöma denna behövs kartmaterial som beskriver markanvändning och jordarter så detaljerat som möjligt. I urban miljö använder man oftast schablonvärden för olika typer av markanvändning och tar mindre hänsyn till jordarternas egenskaper. Avrinningskoefficienter beskriver hur stor del av nederbörden som avrinner på ytan och typiska avrinningskoefficienter finns uppskattade för olika typer av markanvändning.

Bebyggelse typ	Benämning för bebyggelse typen i denna rapport	Avrinningskoefficient	
		Flackt	Kuperat
Slutet byggnadssätt, ingen vegetation	Slutet	0,70	0,90
Slutet byggnadssätt med planterade gårdar, industri- och skolområden	Slutet veg Industri/Verksamhet	0,50	0,70
Öppet byggnadssätt (flerfamiljshus)	Öppet	0,40	0,60
Radhus, kedjehus	Radhus	0,40	0,60
Villor, tomter < 1 000 m <sup>2</sup>	Villor (I)	0,25	0,35
Villor, tomter > 1 000 m <sup>2</sup>	-	0,15	0,25

**Avrinningskoefficienter för olika typer av sammansatta områden.** Källa: P90, Svenskt vatten 2004.



**CadasterENV (NV).** Visar marktäckning heltäckande över landskapet. Linköping med omnejd. Källa: Naturvårdsverket.



**Marktäcke.** Detaljerad marktäckekartering från flygbilder, laserdata och befintlig kartinformation. Copyright Lantmäteriet och Geografiska Informationsbyrån

#### Underlag

- Stadskartor eller andra kartunderlag som visar, markanvändning, byggnader och infrastruktur
- Naturvårdsverket, Markanvändning CadasterENV
- SGU – Jordartskarta
- Detaljerad markkartering från flygbilder

### 2.3.3 Gröna lösningar för reduktion och fördröjning av dagvatten

Grönområden och parker utgör ofta naturliga översvämningsytor vid skyfall. Vegetation och naturmark i bebyggda områden är viktiga för infiltration och lokalt omhändertagande av dagvatten. I bostadsområdet Augustenborg i Malmö har man medvetet satsat på långsiktigt hållbara gröna lösningar för fördröjning och reduktion av dagvattenavrinning. Detta kan motverka negativa effekter av skyfallsöversvämnings, samtidigt som man får en mer attraktiv utemiljö. Augustenborg är ett bostadsområde från 1950-talet där man tidigare har haft stora problem med översvämnings. Vid de omfattande översvämningsarna i Malmö augusti 2014 klarade sig Augustenborg i stort sett helt utan skador.

Några exempel på lösningar som man kan hitta här idag är;

- Öppna kanaler, svackdiken och dagvattenlösningar
- Vattenspeglar och översvämningsytor
- Gröna tak



**Gröna lösningar i Malmö.** Damm i bostadsområdet Augustenborg, Malmö. Foto: Malmö stadsbyggnadskontor.



**Fler gröna lösningar i Malmö.** Öppna dagvattenlösningar i Augustenborg, Malmö. Foto: Malmö stadsbyggnadskontor.

Vid skyfall överskrids oftast kapaciteten för dagvattensystemet och merparten rinner av på ytan. I urbana områden blir det därför viktigt att leda vattnet till platser där det gör så lite skada som möjligt. Man kan med olika gröna lösningar uppnå goda resultat både vad gäller minskad belastning på det ordinarie avloppssystemet och resiliens mot skyfallsöversvämning.

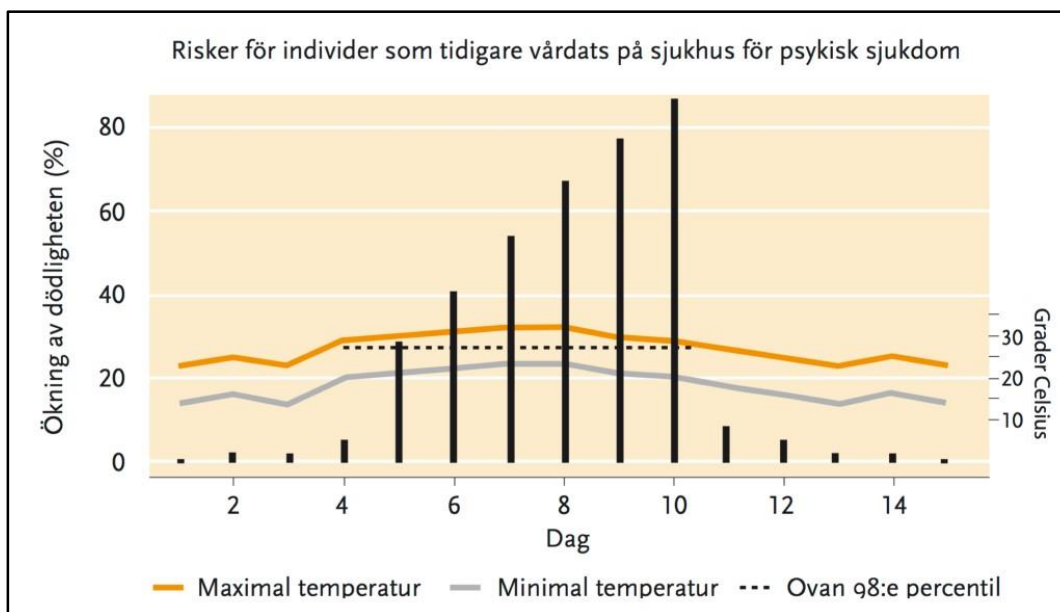
## 2.4 Grön infrastruktur för temperaturreglering

### 2.4.1 Hantering av stark värme i tätortsmiljö

Stark värme är ett stort problem i bebyggd miljö eftersom det dels kan hindra tillgängligheten i staden när värmekänsliga personer inte kan ta sig fram överallt, men också för att det finns mätbart negativa hälsoeffekter med ökad dödlighet under flera på varandra följande dagar med ihållande höga temperaturer, av SMHI definierade som värmeböljor när varmaste temperaturen är över 25°C under fem dagar i rad. De grupper som är särskilt utsatta är små barn, äldre och personer med psykisk sjukdom och ju längre period desto större effekter<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Värmeböljor och dödlighet bland sårbara grupper. STATENS FOLKHÄLSOINSTITUT, ÖSTERSUND 2010, R 2010:12





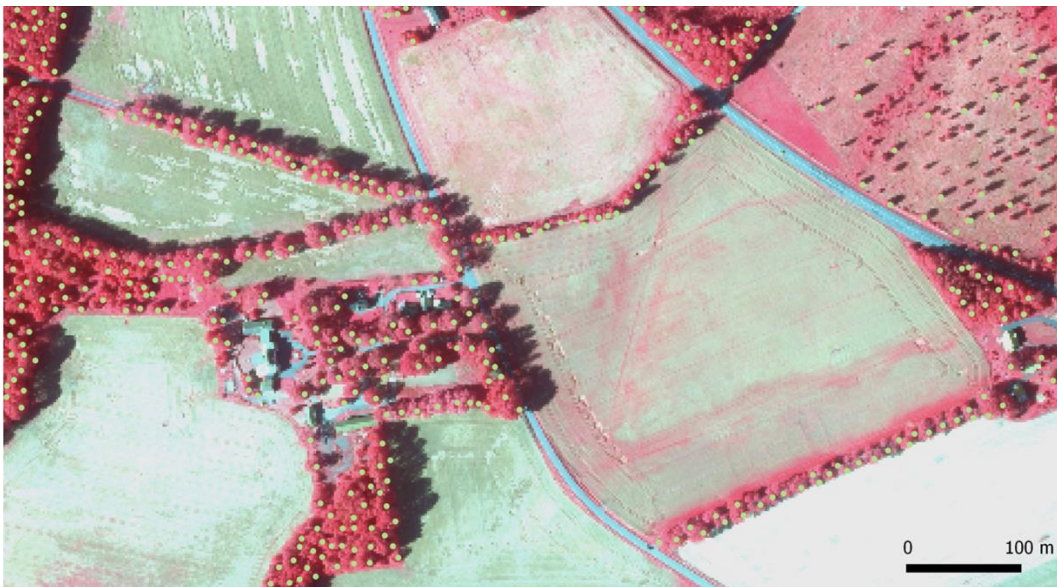
**Temperatur och dödlighet.** Dygnet maximala temperatur (orange linje), dygnets minimala temperatur (grålinje), tröskeln som avgör om den maximala temperaturen klassificeras som värmebölja (svartstreckad linje) och konsekvenser på dödligheten bland personer som tidigare vårdats på sjukhus för psykisk sjukdom (staplar för procentuell ökning). Källa: Folkhälsomyndighetens rapport R2010:12.

För att minska riskerna med stark värme är det viktigt, speciellt för särskilt utsatta grupper, att dricka mycket och att befinna sig i svala lokaler eller på svala platser. Svalka kan antingen fås genom att använda luftkonditionering eller från skugga, avdunstning eller nedkylning. Träd ger både skugga och avdunstning och har därigenom en dubbel avkylande effekt. Vattenytor har en avkylande effekt, framför allt dagtid, och vid havet och stora sjöar ger skillnaden i temperatur mellan land och vatten upphov till en bris som transporterar in sval luft över land. Träd och vatten utgör genom dessa effekter delar av en grön infrastruktur som förser staden med viktiga ekosystemtjänster.



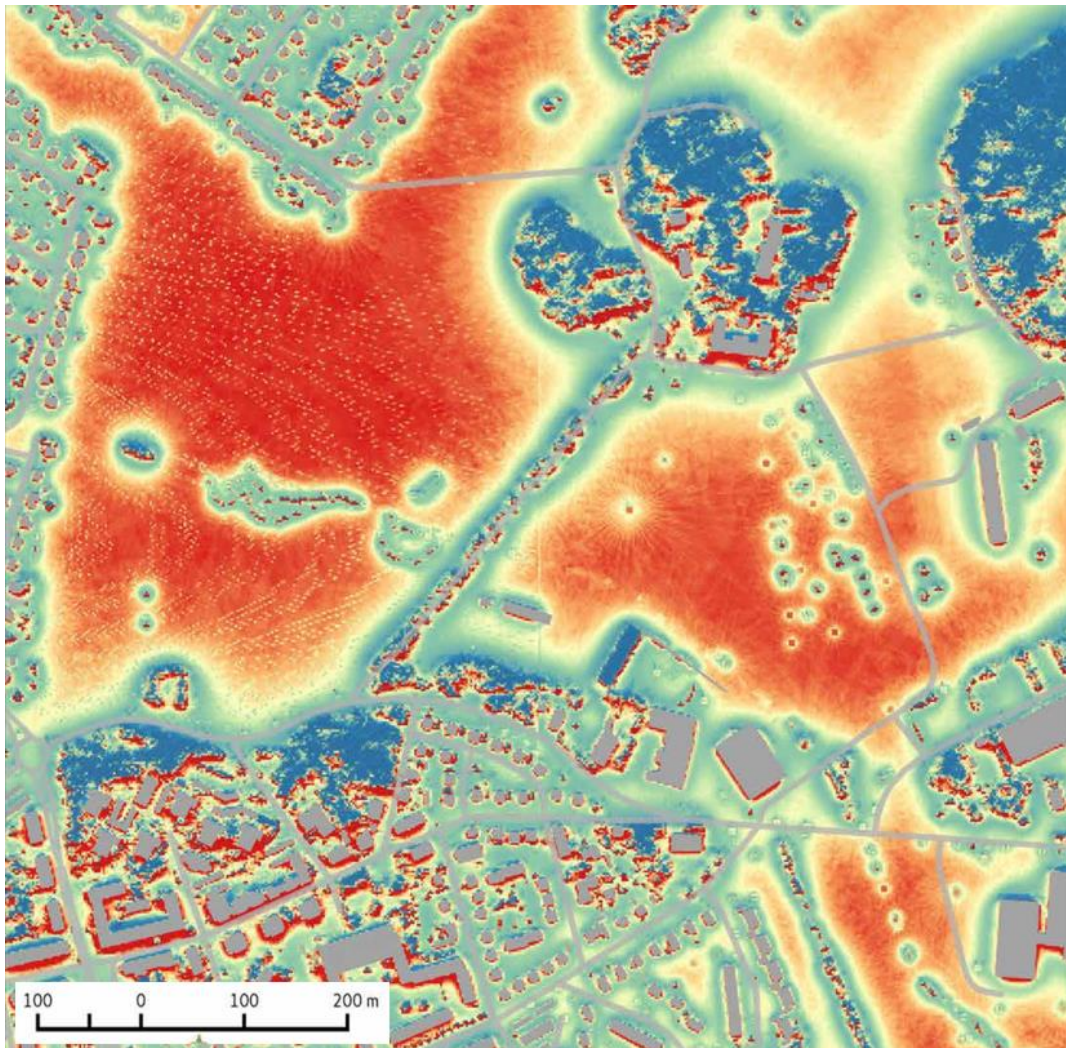
**Vilsam skugga.** Skuggeffekt från träd i parkmiljö. Foto: istock.com

Träd har en skyddande funktion som tagits tillvara i de landsvägsalléer som anlades i Europa från 1600-talet och framåt för att skydda från vind, ge skugga och vägledning till resande samt bidra med försörjningen av ved och foder till kreatur och hästar. Det är viktigt att även idag utnyttja trädens multifunktionalitet och inte endast uppskatta deras estetiska värden.



**Skydd mot sol och vind.** Alléer längs gamla landsvägar ger skydd mot sol och vind. Träd karterade med hjälp av laserdata. Källa: Lantmäteriet och Geografiska Informationsbyrån.

I en analys av riskzoner för värmestress som har gjorts i Eskilstuna blir trädens funktion för att förhindra värmestress tydlig. Byggnader och gatumiljöer i söderläge med skuggande träd är betydligt mindre utsatta för långvarigt höga temperaturer än sydvända fasader och helt öppna ytor.

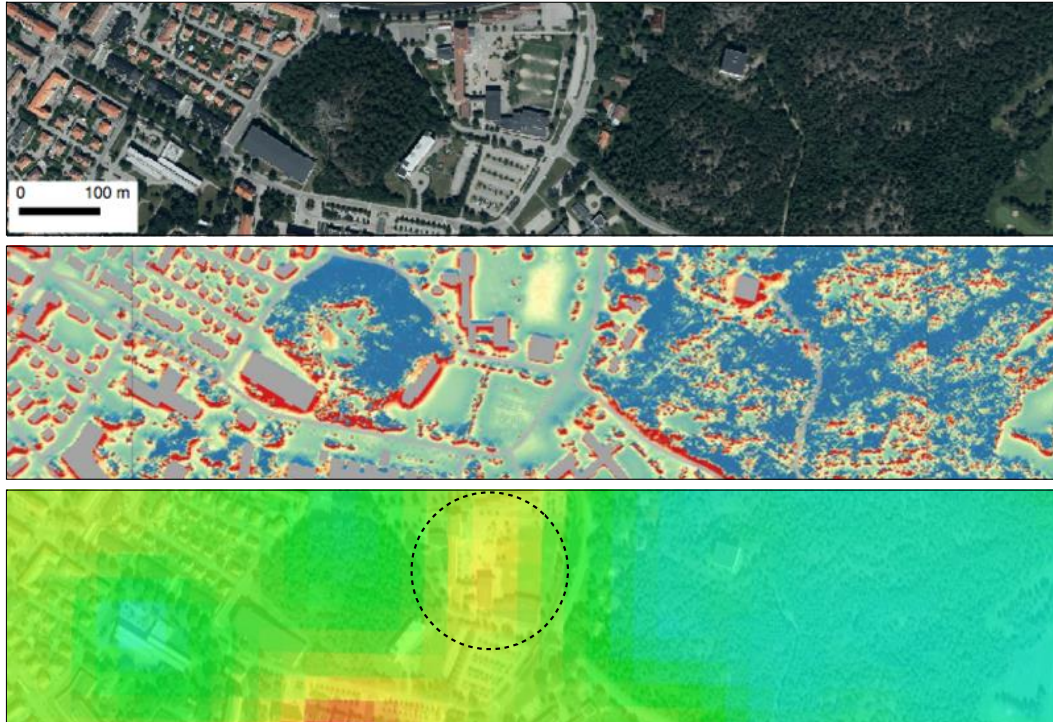


**Temperaturmodellering, Eskilstuna.** Solweig-modellering av strålningstemperatur i Eskilstuna, utifrån ett scenario om ett två grader varmare klimat, som tydligt visar effekten av alléträd och den kylande effekten i skogsområden samt den ökade utsattheten för stark värme för västliga, sydliga och östliga fasader och helt öppna ytor. Källa: Rapport 2016:3, Riskbild 3 Södermanland, kartbilaga. SMHI och Länsstyrelsen Södermanlands län.

#### 2.4.2 Bebyggelse och värmestress

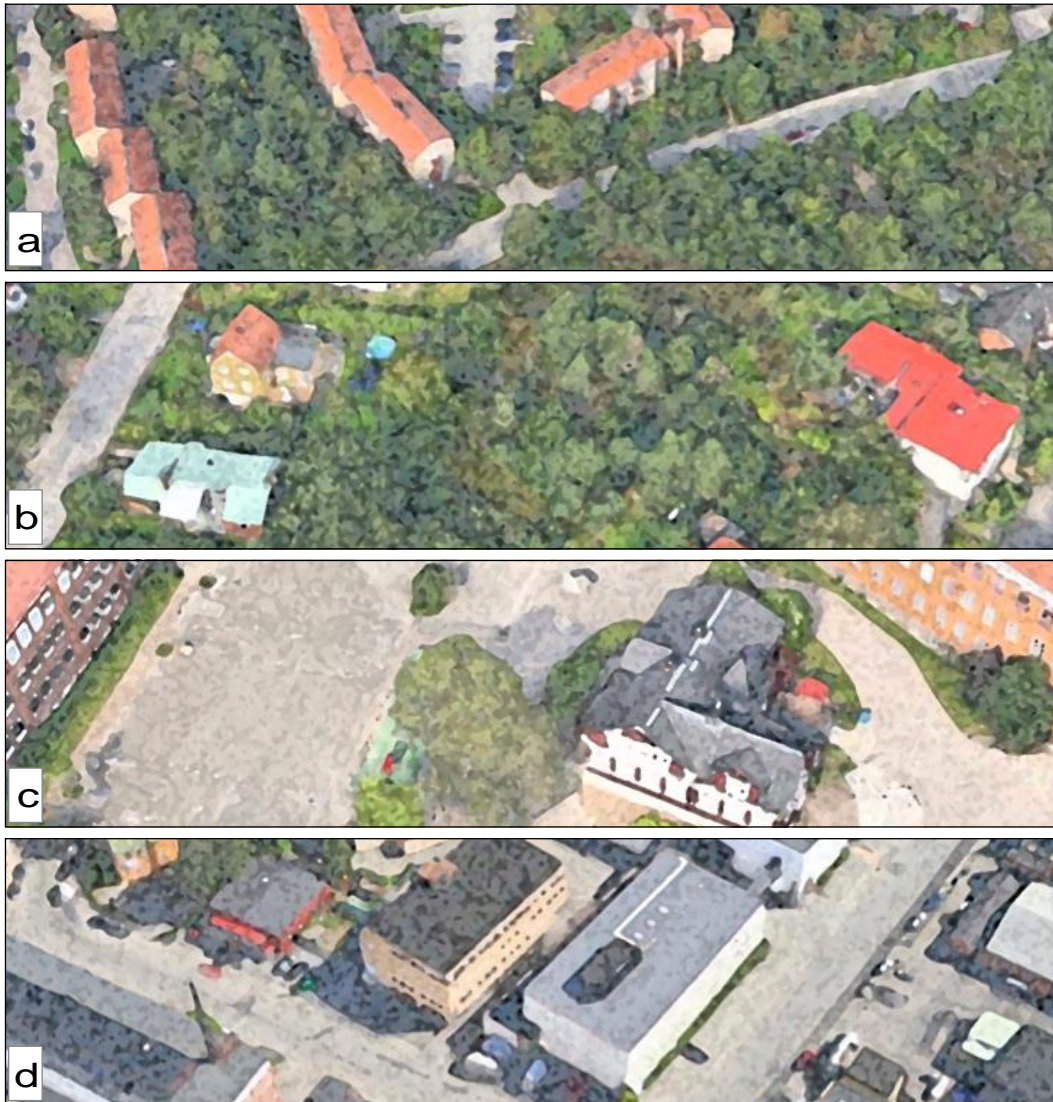
Skolgårdar är miljöer som är extra utsatta för stark värme. De är ofta öppna och designade för att det skall vara möjligt för eleverna att leka och röra sig samtidigt som lärare och rastvakter skall få en god överblick. Detta ger en utsatthet för

solinstrålning och stark värme. Vid planering av skolgårdar är det därför viktigt att planera för att ge möjlighet att få avlastning från stark värme och solinstrålning. Detta görs effektivt med en god placering av träd på skolgården.



**Temperaturmätningar.** Skola i Eskilstuna sedd från luften är varmare än omgivningen (markerad). Överst, ortofoto visar den hårdgjorda och vegetationsklädda delen av skolan. Mitten, en strålningstemperaturmodellering med Solweig (scenario om två grader varmare klimat) som visar att stora delar av fasaderna har risk för stark värme. Nederst, en yttemperaturmätning med Landsat 8 som visar att den hårdgjorda skolgården och skolbyggnaderna är varmare än omgivande skogs och vegetationsklädda marker. Källa: Lantmäteriet (överst). Rapport 2016:3, SMHI och Länsstyrelsen Södermanlands län (mitten). USGS/NASA Landsat och Geografiska informationsbyrån (nederst).

Bostadsområden är olika känsliga för stark värme beroende på hur omgivningen ser ut och hur de är planerade. Lummiga villakvarter och smalhusområden med insprängd skog är betydligt svalare jämfört med vegetationsfria stadskvarter och industriområden. En klassificering av bebyggelse utifrån trädmängd, hårdgjordhet och hushöjd ger en god vägledning om hur utsatt området är för starka temperaturer.



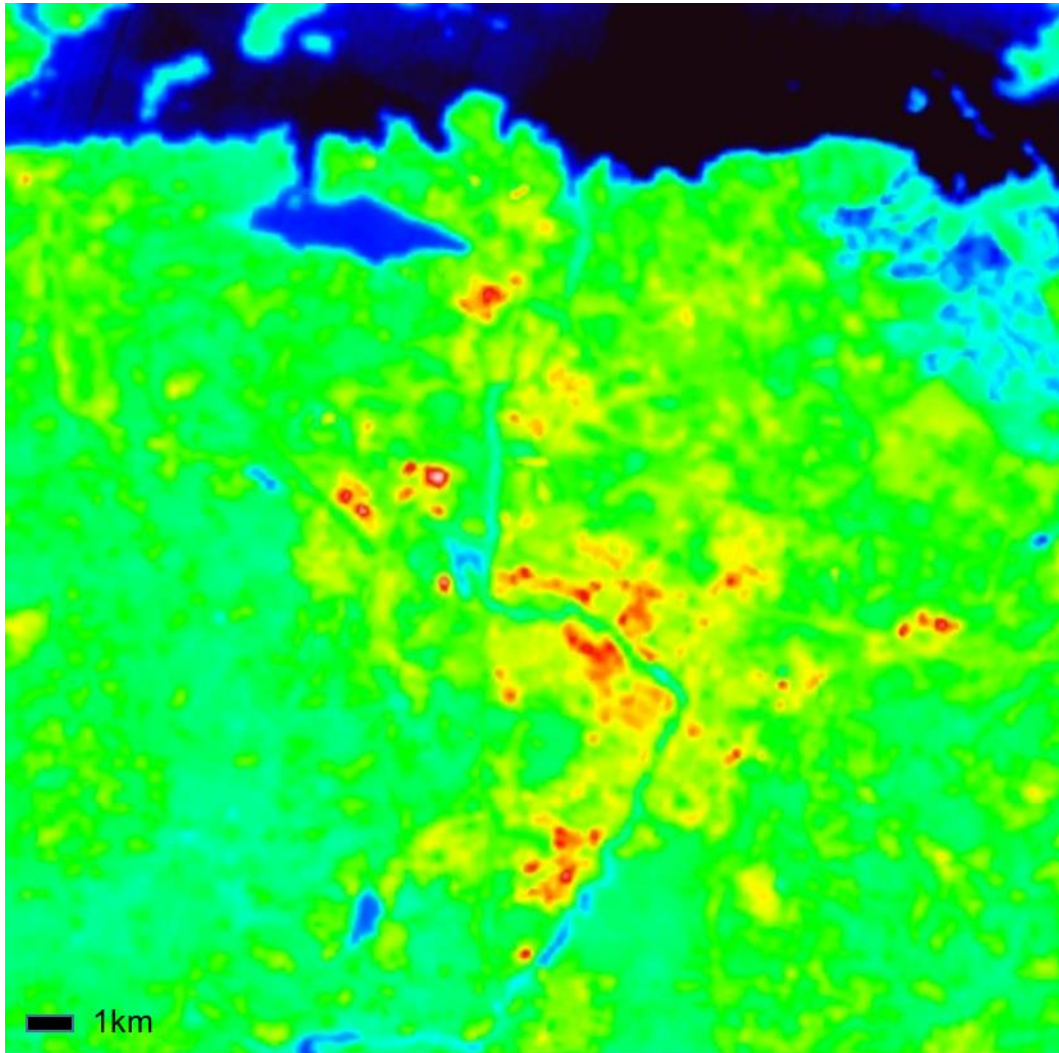
**Bebyggelsetyper.** I olika bebyggelsetyper kan ytemperaturen samma sommardag kl. 11 vara 23, 25, 28 respektive 32 °C. a) Smalhusområde med uppvuxna träd och god skuggeffekt ger låga ytemperaturer. b) Villabebyggelse med skogsklädd allmänning centralt i kvarteret och trädbevuxna tomter ger låga ytemperaturer. c) Öppna skolgårdar med fåtal träd ger höga ytemperaturer. d) Industriområde i stort sett i avsaknad av träd och med stora plana och svarta tak ger höga ytemperaturer. Källa: Geografiska informationsbyrån.

#### 2.4.3 Dataunderlag för analyser av temperaturreglerande ekosystemtjänster

##### *Satellitdata*

Det finns ett antal satelliter som registrerar värmestrålning (ytemperatur) och som kan användas för att kartera och identifiera områden med risk för stark värme. De som i första hand är tillgängliga är Landsat 8 och ASTER som registrerar värmestrålning i 100 respektive 90 meters upplösning. Sentinel-3 samt Aqua och

Terra har temperatursensorer men med en upplösning på 1 km, vilket är för grovt för stadsplaneringstillämpningar.



**Yttemperatur, Eskilstuna.** Skillnader i yttemperatur enligt data från Landsat 8 över Eskilstuna och Nybrobruk med delar av Mälaren i bildens övre del. Mörkblått är svala temperaturer på mindre än 18° C och rött mot vitt är temperaturer strax under 40 grader. Effekten av temperaturhöjning i stadsmiljö och vegetationens temperatursänkande effekt blir tydlig. Källa: USGS/NASA Landsat och Geografiska informationsbyrån.

#### *Mätstationer*

Med utplacerade mätstationer får man full kontroll på temperatur och en rad andra miljöparametrar på den punkt som man mäter, utifrån mätvärdena kan man sedan modellera fram risken för stark värme om man har tillgång till data om de faktorer som är styrande.

### Höjddata

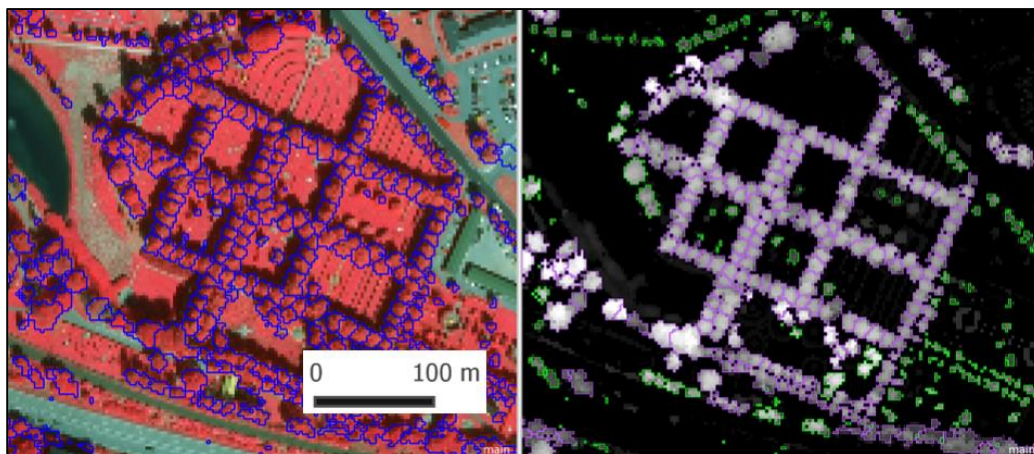
Föra att kunna modellera betydelsen av träd, hus och terräng är det viktigt med information om höjder. Höjden kan man få från ett stort antal olika källor. Oftast kommer höjddata från laserpunktmoln från flygburen eller markbunden laser, fotogrammetrisk matchning av flygbilder eller från inmätning i fält.

### Bebyggelse och huskroppar

Huskropparnas avgränsning i tre dimensioner är av stor betydelse för utbredningen av områden med risk för stark värme. Husdata kan variera mellan information om husets geometriska avgränsning i två plan till fullständiga 3D-modeller. För modellering av temperatur är det viktigt att det finns 3D-information kopplat till husavgränsningarna även om det inte rör sig om fullständiga modeller.

### Träddata

Träd har stor betydelse för värme i stadsmiljöer eftersom de ger svalka. Träddata kan antingen samlas in genom trädinventeringar med information om position, art, stam- och kron diameter samt höjd för både stam och krona. Finns det inga trädinventeringsdata att tillgå så kan man från höjddata modellera fram flera av ovanstående parametrar, men framför allt kan höjd, kron diameter och position bestämmas.

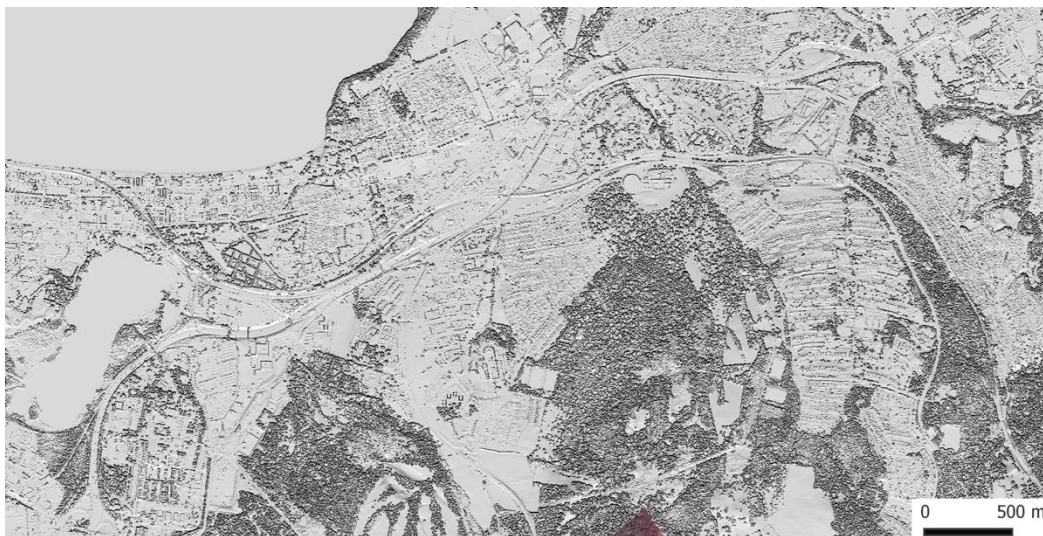


**Kartläggning av träd.** Exempel på trädkartering från Jönköping. Färginformation från IR-ortofoto har kombinerats med höjddata från laserscanning och ger en noggrann avgränsning av träd och träd kronor. Källa: (USGS/NASA Landsat och Geografiska informationsbyrån.

Ofta samlas höjddata in för att skapa bra markmodeller, det innebär att träd-klassningen blir sämre och att det kan vara nödvändigt att kombinera med information från flyg eller satellitbilder för att särskilja träd från andra objekt.

### *Analys*

Med information om träd, byggnader, marktäckte och topografi kan ett stort antal analyser göras. En enkel analys är en skugganalys, alternativt en sky-view analys för att beräkna hur solutsatt en plats är vid ett givet klockslag eller ackumulerat över en viss period.



**Trädens skuggor.** Skugganalys av träd ackumulerat för tre olika solvinklar. Källa: Geografiska Informationsbyrån.

Mer avancerade analyser tar hänsyn till hur solens strålar reflekteras och påverkar strålningstemperaturen på en plats, ett exempel på en sådan är Solweig som har utvecklats vid Göteborgs universitet och använts för analyser bland annat i Eskilstuna och Stockholm. Med Solweig kan man också modellera utifrån givna meteorologiska förutsättningar och modellera baserat på framtida klimat och olika scenarier. Det finns andra modeller som tar hänsyn till att det i stadsmiljö kan bildas lokala värmeöar "Heat Islands" och lokala förändringar i vindriktning. Dessa är dock betydligt mer krävande ur ett modelleringsperspektiv, både vad det gäller parametrar och processorkraft.





Ingår i Länsstyrelsens rapportserie  
ISSN 0284 - 8813

**Har du frågor eller önskar fler exemplar, kontakta**  
Länsstyrelsen i Västmanlands län, 721 86 Västerås

Tfn 010-224 90 00 | Fax 010-224 91 10 | E-post: [vastmanland@lansstyrelsen.se](mailto:vastmanland@lansstyrelsen.se)  
[www.lansstyrelsen.se/vastmanland](http://www.lansstyrelsen.se/vastmanland)