



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds-
och växtproduktionsvetenskap

Rusta staden med naturen som förebild

– En litteraturstudie i användning av Naturbaserade lösningar i den urbana miljön

Anton Hedborn

Självständigt arbete • 15 hp
Landskapsarkitektprogrammet
Alnarp 2019

Rusta staden med naturen som förebild – En litteraturstudie i användning av Naturbaserade lösningar i den urbana miljön

Prepare the city with nature as role model – A literature study in working with Nature-based solutions in the urban environment

Anton Hedborn

Handledare: Mats Gyllin, SLU, Institutionen för arbetsvetenskap, ekonomi och miljöpsykologi

Examinator: Stefan Lindberg, SLU, Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Kandidatexamensarbete i Landskapsarkitektur

Kursansvarig inst.: Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Kurskod: EX0845

Ämne: Landskapsarkitektur

Program: Landskapsarkitektprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2019

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Naturbaserade lösningar, ekosystemtjänster, klimatanpassning, klimatbegränsning, klimatförändringar, urbana miljöer.

Figur 1. Framework illustrating the relationships among elements of biophysical and social systems, climate resilience and the NBS actions, impacts, indicators and methods for addressing each challenge av Raymond et al. (2017b). *“Reproduction of this publication for educational or other non-commercial uses is authorised without prior written permission from the EKLIPSE consortium, provided the source is fully acknowledged”* (Raymond et al. 2017b, s.4).

Figur 2. Green, gray & hybrid infrastructure for dealing with urban water av Depietri & McPhearson (2017) Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammandrag

Naturbaserade lösningar är medel för att mildra samhällets påverkan på omkringliggande landskap samt att klimatanpassa urbana miljöer för kommande klimatförändringar. De är multifunktionella och kan komma med sidvinster över flera samhällsliga utmaningar, vilket anses vara dess styrka. Urbana miljöer står inför flera utmaningar i följd av en ökad urbanisering och klimatförändringar. För att tillämpa naturbaserade lösningar på bästa sätt så krävs förståelse i den urbana naturen, hur olika flöden färdas i det urbana landskapet och hur det påverkar omkringliggande landskap. Detta arbete kommer till en början undersöka det urbana landskapet med fokus på luftflöde, vattenhantering och markegenskaper, för att sedan utveckla konceptet naturbaserade lösningar. Arbetet har gjorts genom litteraturstudier av vetenskapliga källor.

Abstract

Nature-based solutions are means to reduce the impact of society on nearby landscapes and to adjust urban areas to climate change. They are multifunctional and come with profits spanning over different societal challenges, which is considered to be the strength of the concept. Urban areas stands before different challenges that comes from the increasing urbanization and climate change. To apply nature-based solutions in the best way possible it requires a deeper understanding in the nature of urban areas, how different flows voyage in the urban landscape and how it affects the surrounding areas. This work will at first go in on what makes the urban landscape with focus on airflow, water management and soil property's, to later elaborate the concept of nature-based solutions. This work has be a literature study, with material of certified scientific sources.

Förord

Jag hoppas mitt arbete ger dig som läsare någon ny information att fundera över, grubbla lite, och kanske det inspirerar till något.

Innehållsförteckning

Sammandrag.....	3
Abstract	3
Förord.....	3
1. Inledning	5
1.1 Bakgrund.....	5
1.2 Mål	5
1.3 Syfte	5
1.4 Frågeställningar.....	5
1.5 Begreppsförklaring	6
1.6. Material och metod	6
2. Det urbana landskapet	7
2.1 Klimatförändringar	7
2.2. Urbanisering	8
2.3 Stadens luft	8
2.4 Värmeö-effekten	10
2.5 Stadens vatten	11
2.6 Stadens markegenskaper.....	12
3. Naturbaserade lösningar.....	13
3.1 Naturbaserade lösningars multifunktionalitet	15
3.2 Grå, grön-blå och hybrid infrastruktur	16
3.3 Naturbaserade lösningar för olika utmaningar	19
3.4 Naturbaserade lösningar för klimatförändring	20
3.5 Naturbaserade lösningar för ren luft.....	21
3.6 Naturbaserade lösningar för vattenhantering	21
4. Analys och diskussion.....	23
Hur kan naturbaserade lösningar möta klimatförändringar och hur kan det bidra till en hållbar utveckling?.....	23
Hur kan naturbaserade lösningar bidra till hanteringen av ren luft samt värmeö-effekten i urbana miljöer?.....	24
Hur kan naturbaserade lösningar bidra till en mer lämplig vattenhantering i urbana miljöer?	24
Källkritik och egna reflektioner	25
5. Slutsats	26
6. Referenser	27

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Planeringen i dagens urbana miljöer står inför många utmaningar på många olika fronter. Följder av klimatförändringar, förlust av biodiversitet, en växande population, land- luft- och vattenföroreningar ställer alla särskilda krav på planeringen och förvaltningen av städer. De är alla problem som är skapade av människan, och måste här lösas av människan. Genom att jobba med naturen, istället för emot den, så kan man bana vägen mot ett mer resurseffektivt och hållbart samhälle. Naturbaserade lösningar är ett EU-initiativ som går ut på att bedriva forskning för en mer hållbar utveckling där klimatanpassning och begränsning av samhällens klimatpåverkan är central (E.K 2015). Dessa lösningar är dock betydligt mer multifunktionella, eftersom det exempelvis kan röra sig om dagvattenhantering som utformas som rekreationsområde med sociala värden som i sin tur stärker biodiversiteten. Det är denna multifunktionalitet som är naturbaserade lösningars styrka, eftersom lösningarna kan adressera flera samhällsutmaningar samtidigt och det är ett integrerat perspektiv i begreppet (Lafortezza et al. 2017). Alla olika klimatzoner, ekosystem och regioner kräver dock sina egna skraddarsydda lösningar för att vara effektiva, samt det är av särskild vikt att ha förståelse i hur naturliga system fungerar för att optimera användningen av naturbaserade lösningar (Keesstra et al. 2017). I den urbana miljön fungerar inte ekologiska kretslopp på samma sätt som i naturliga miljöer, utan kretsloppen i urbana miljöer måste även ta av människan skapade ting och människans användning av landskapet i beaktning (Forman, 2014). Olika utmaningar möts med lösningar på olika skalor (Raymond et al. 2017b).

1.2 Mål

Min ambition med detta kandidatarbete är att undersöka naturbaserade lösningar och se hur de kan bistå till en hållbar utveckling. Att undersöka hur naturbaserade lösningar kan vara till hjälp i hanteringen vatten, ren luft och klimatförändringar. Att ge inblick och förståelse i det urbana landskapet, hur olika flöden rör sig i det urbana landskapet och vad som kan vara problematiskt.

1.3 Syfte

Syftet är att skapa underlag till hur man kan planera och jobba med naturbaserade lösningar för en mer hållbar utveckling av den urbana miljön, och att skapa en förståelse för den urbana miljön.

1.4 Frågeställningar

- Hur kan man möta klimatförändringar med naturbaserade lösningar i staden?
- Hur kan naturbaserade lösningar hjälpa hanteringen av vatten, ren luft samt värmeö-effekten i staden?
- På vilka sätt kan naturbaserade lösningar bidra till en mer hållbar utveckling?

1.5 Begreppsförklaring

Blå infrastruktur – Är som grön infrastruktur men omfattar grundvatten, vattendrag, hav och sjöar (SMHI, 2018).

Ekosystem – Är en definierad yta där växter, djur, insekter och mikroorganismer är beroende av och påverkar varandra och lever i ett kretslopp (SMHI, 2018).

Ekosystemtjänster – Ekosystems bidrag till människans välbefinnande (SMHI, 2018).

Evapotranspiration – Avdunstning av vattenånga från ytor kombinerat med vegetations transpiration (SMHI, 2018).

Grön infrastruktur – Nätverk av strukturer och livsmiljöer, såsom naturområden, för bevarandet och stärkandet av biologisk mångfald och ekosystemtjänster (SMHI, 2018).

Grönområde – Är ett obebyggt område som delvis eller helt täcks av vegetation. Termen går att applicera på allt grönt inom stadsgränsen, såsom öppna gräsytor, parker och andra träd- eller gräsbevuxna partier, villaträdgårdar och gröna stråk (SMHI, 2018).

Naturbaserade lösningar – Lösningar som är designade för att ta mer naturliga funktioner och processer in i städer, landskap och sjölandskap (E.K, 2015)

Natur kapital – Är bestånd av naturtillgångar, och inkluderar geologi, jord, luft, vatten och allt levande. Natur kapital är själva fundamentet som ekosystemtjänster härleder ifrån (E.K, 2015)

Resiliens – Kapaciteten hos ett system att absorbera störningar och förmågan att omorganisera under förändring för att essentiellt bibehålla samma funktion, struktur och identitet (Raymond et al. 2017b).

Social innovation – Är nya idéer som löser samhällliga och ekologiska problem (Raymond et al. 2017b).

Urbanisering – Urbanisering innebär en ökad densitet av byggnader eller människor genom förtätning eller utåtriktad tillväxt (Forman, 2014).

1.6. Material och metod

Materialet utgörs huvudsakligen av vetenskapliga artiklar och skrifter. De har samlats in genom sökningar på nyckelord i databaser som Web of Science, Scopus, Primo och Google Scholar. Nyckelorden såsom *Nature-based solutions*, *climate adaptation*, *green infrastructure*, *blue infrastructure*, *gray infrastructure*, *climate change*, *urban environments*, *ecosystem services* har använts. Val av metod har varit att göra en litteraturstudie eftersom naturbaserade lösningar är ett relativt nytt koncept och det finns få aktuella projekt som har använt sig av begreppet naturbaserade lösningar. Därmed kändes valet att göra en litteraturstudie och samla information om begreppet, och vilken problematik det finns i den urbana miljön, naturligt för att undersöka begreppet och eventuellt skapa underlag till framtida projekt. Informationen har sammanställts, analyserats och diskuterats. Källorna som har valts har gått under minst en av tre följande kriterier:

1 – Det är från forskare som utgör Europeiska kommissionens expert grupp på naturbaserade lösningar.

2 – Det är källor som diskuterar naturbaserade lösningar i relation till något av nyckelorden som har satts. För att utveckla och nyansera begreppet.

3 – Det är en källa som på något sätt kan nyansera den problematik som antingen finns i den urbana miljön eller som en naturbaserad lösning skulle kunna innebära.

2. Det urbana landskapet

Urbana landskap är mångfaldiga. Det rumsliga arrangemanget av husgrupper och korridorer bildar många olika typer av miljöer som alla är viktiga för ekologin. Vanlig ekologi studerar organism - miljö interaktioner och tenderar att studera naturliga mönster och processer där de är som minst påverkade av människan, och tenderar att även utesluta människor i processerna, och faller därmed kort inom det urbana landskapet. I det urbana landskapet måste man även ta med antropogent skapade ting såsom byggnader och fordon, och människor, i de ekologiska processerna. Arrangemanget av husgrupper och olika korridorer bildar en mosaik av olika rumsliga mönster, där organismer, byggda strukturer och människor interagerar. Flöden och rörelse genom denna mosaik skapar ett dynamiskt system (Forman, 2014).

Städer ändras över tid. Ändring kan se över olika tidsskalor, inom olika tidsspann från minuter/timmar till dag/natt, helg/vecka, över säsong, år, årtionden århundranden eller t o m millenium. Vissa arter eller ekologiska system kan vara relativt resistent mot ändring, medans andra har resiliens och återhämtar sig snabbt efter förändring. Med intensiteten av förändringar i urbana miljöer så är vissa arter eller habitat varken tillräckligt resistent eller har resiliens nog, så ändring leder till en helt olikartad ekologisk kondition (Forman, 2014).

2.1 Klimatförändringar

Klimatförändringar och dess konsekvenser utgör en av de största utmaningarna för dagens samhälle. I Norden förväntas det ske en högre temperaturhöjning än i genomsnittet av världens länder i följd av klimatförändringar (SMHI, 2018). Ett varmare klimat och effekterna som det innebär på människor och natur upplevs först i städer eftersom städer formar mikroklimat med breda temperaturgradienter, och idag bor halva jordens befolkning i urbana miljöer (Kabisch et al. 2017).

Städer har en drivande påverkan på klimatförändring, med höga utsläpp av växthusgaser, samt i modifierandet av landskap som ofta leder till fragmenterandet av ekosystem, både på en lokal och regional skala (Depietri & McPhearson 2017). På den globala skalan beräknas klimatförändringar leda till en höjd havsnivå, ändringar i intensiteten, frekvensen och rumsliga mönster av värme, nederbörd och andra meteorologiska faktorer, såsom längre torrperioder och mer allvarliga skyfall. Urbana miljöer är särskilt utsatta för högre temperaturer och vatten. Städer är ofta belägna vid vatten, och med en stor andel hårdgjorda ytor med begränsad vatteninfiltrations förmåga genereras ytterligare en ökad risk för översvämning, även här på en lokal och regional skala (ibid). Städer är därmed särskilt sårbara med anledning av den höga koncentrationen av människor och infrastruktur, och en dålig stadsförvaltning, otillräcklig planering, ekologisk obalans är saker som kan förstärka klimatförändringars effekter (ibid).

Utöver klimatförändringar så accelereras denna problematik med den ökande urbaniseringen. Med en omfattande nybildning av städer samt tillväxt av befintliga som svar på den växande populationen så påverkas ekosystems funktionalitet negativt av flera orsaker. Orsaker som försegling av jord, förlust och nedgradering av naturliga ytor, samt förtätning (Kabisch et al. 2017).

I naturliga miljöer som har utsatts för lite mänsklig påverkan och över lång tid byggt upp en inre resiliens så påverkas inte ekosystem till samma grad av katastrofer som de görs i av människan skapade miljöer. I naturliga miljöers ekosystem pratar ekologer mer om *störningar* än om katastrofer. Störningar som stormar, ändringar av väder och annat har alltid varit en del av naturliga ekosystems funktion och kan komma med en lång rad av olika fördelar, exempelvis såsom gödslingen av jord vid översvämningar eller påfyllning av grundvatten vid orkaner. Utan det är när detta sker på påverkade och nedgångna ekosystem som det blir katastrofer, vilket ofta är fallet i och runt urbana miljöer (Depietri & McPhearson 2017).

Idag har de flesta av städers ansträngningar rörande klimatförändringar handlat om *begränsning*, exempelvis satsningar på kollektivtrafik för att minska bilism och med det minska utsläpp av växthusgaser, och mycket mindre på *anpassning*. Anpassning är långsiktiga planer för att förbättra en stads förmåga att hantera klimatförändringarna, med en bättre resistans mot dess effekter. Implementerandet av anpassningsstrategier är kritiskt, det pågår redan ändringar i det globala klimatet och det kommande århundrandet kommer det krävas stora insatser som riskerar att bli väldigt kostsamma om de utlämnas. (Depietri & McPhearson 2017).

2.2. Urbanisering

Urbanisering är en landförändringsprocess genom förtätning och/eller utåtriktad tillväxt (Forman, 2014). Förtätning innebär en ökad densitet av människor eller byggnader, exempelvis genom att bygga byggnader högre, anlägga nya eller ombildningen av grönyta till kvarter. Utåtriktad tillväxt innebär stadsrelaterad tillväxt utanför stadsgränsen, och kan vara skapandet av ny förort eller utveckling längs transportkorridor. Forman (2014) skriver att förtätning inne i redan befintliga kvarter i staden innebär mindre förlust av naturligt kapital som den urbana ekologin är beroende på. Per-person så är resursförlusterna större med fler mindre spridda städer än med färre större städer. Bildningen av förort med relativt lågt exploateringstal (befolkningstäthet) är ett exempel på en diffus stadsgräns som har negativ påverkan på den urbana ekologin, eftersom det innebär en större mänsklig påverkan per-person på omgivande landskap. Förhållandet omkrets – area är även ekologiskt viktigt eftersom större andel gränser, såsom utbuktningar eller flikar av stadsgräns, innebär mer *rörelse* över stadsgränsen och mer mänsklig påverkan på det omgivande landskapet. Stora grönområden är dock beroende av korridorer som binder dem samman och möjliggör rörelse och flöden emellan dem. Om en stad skulle ligga mitt emellan två eller fler grönområden så är det väsentligt att binda dem samman med stora gröna korridorer genom staden. Det är inte heller ovanligt att när städer växer börjar de växa runt grönområden, och bildar då fler gränser, vilket inte nödvändigtvis behöver vara dåligt om grönområdet fortsatt är tillräckligt stort för att bibehålla dess funktion. Ur en ekologisk synvinkel så är det bättre att anlägga nya stadsdelar på åkermark än på naturmark, eftersom åkermarkens naturliga processer redan är nedgraderade och bidrar inte med lika mycket till det urbana klimatet som naturmarken gör. Den nedärvda geometrin eller rumsliga mönstret som en växande stad bildar, och hur det ligger i landskapet, har därmed en bestämmande faktor på de naturliga systemen och dess användning i den urbana miljön. De städer som är bäst ekologiskt är designade så att det finns en mängd grönområden som är jämt fördelade och kopplade i staden, som bidrar med nedkylning och möjliggör rörelse för arter in och ut från staden, och att luftflöden skall ha möjlighet att nå in i de centrala delarna (ibid).

2.3 Stadens luft

Luften är generellt torrare i staden än i omkringliggande landskap (Forman, 2014). Med den stora andelen hårda ytor rinner regnvattnet bort fort ner i dräneringsrör, diken och

vattenkroppar, och med en begränsad andel vegetation så fuktas luften marginellt eftersom det sker mindre evapotranspiration. Hårda ytor såsom gator, tak och väggar är bara blöta, och avdunstar vattenånga, en kort tid. En torrare luft agerar som en katalysator för evapotranspirationen. Vegetationen bemöter torrheten i luften genom att hämta mer fukt genom sina rötter i jorden och släpper ut det genom transpirationen, vanligtvis i de högre luftskiktet där det som normalt är starkare vindar och förs bort. Detta resulterar i att även jorden i sin tur blir torrare, vilket ökar behovet av bevattning. På lokala platser så kan luften ha en högre humiditet. Det är oftast runt grönområden, öppet vatten eller på platser såsom gator med byggnader på båda sidorna, som medför en begränsad luftrörelse, och som det finns vegetation i både över- och underskikt som ökar luftens humiditet genom transpiration (ibid).

Regionala vindar, som är resultat av skillnader i makroklimat - oftast temperaturskillnader från hav och land, tar med sig värme, kyla, föroreningar och andra luftburna partiklar in och ut från urbana områden (Forman, 2014). Klustrade höga byggnader bryter av luftens horisontella strömlinje och skapar turbulens vindar, som rör sig i vertikalled och kan skapa virvlar. Det är först och främst dessa turbulenta vindar som separerar föroreningar, värme och partiklar från urbana ytor, men även den oavbrutna regionala vinden, och ventilerar staden. På nätterna brukar den regionala vinden avta. Då stiger den något varmare och förorenade luften från det urbana landskapet upp i vertikalled och drar således in kallare luft från omkringliggande landskap, vilket även resulterar i viss ventilation. Denna 'nattliga ventilation' kan förstärkas i ett lägre beläget område där det finns omkringliggande berg eller kullar. Då kommer ett starkare flöde av tung kall luft nedför backar som mer effektivt trycker bort den lättare varma luften, vilket resulterar i en än renare urban luft. Stuttgart, Tyskland, är ett exempel där den urbana planeringen har låtit bli att bygga höga byggnader i dalgången för att det kalla luftflödet under natten så effektivt som möjligt skall rena luften. Luften strömmar främst genom dalgångar, raviner och öppna ytor mellan byggnader eller träd, och frånvaron av höga byggnader förbättrar ventilationens effektivitet. Det blir även mer effektiv rening av urban luft om den kalla luften färdas nedför backar som är täckta av vegetation (ibid).

Vid kustnära städer så är vindens riktning kopplad till säsong. Exempelvis under våren och sommaren så värms staden upp snabbare än havet, och den varma luften i staden stiger under natten upp och en bris av kall luft kommer in från havet. Under natten på hösten så kyls istället staden snabbare än havet, vilket skapar en bris som strömmar ut mot havet när den varmare luften där stiger upp (ibid).

Under vissa mikroklimats förhållanden, exempelvis då det inte är någon regional vind, så bildas ett lager av varmluft ovanför det urbana landskapet (Forman, 2014). Detta lager hindrar den varmare luften från att stiga upp under natten, vilket resulterar i att varmluft ackumuleras under lagret, som gradvis sprids utåt och värmer förorter och så vidare. Och eftersom det inte sker någon ventilation, så byggs även föroreningsgraden i luften upp vilket resulterar i sämre luftkvalité (ibid).

Längs gator som har byggnader på båda sidor så omvandlas exempelvis en regional vind till en turbulent artad vind med virvlar som rör sig fram-och-tillbaka från sida till sida och längs med gatan, med en förstärkt vindstyrka samtidigt som den i viss mån tar med sig partiklar och föroreningar (Forman, 2014). Byggnader begränsar vindcirkulationen och spridningen av föroreningar (Eisenman et al. 2019). Träd kan både reducera vindens hastighet genom att agera som vindskydd men även förstärka luftflödet genom skapandet av tunnlar under trädkronor (Forman, 2014). På en gata med byggnader på båda sidor där höjden på

byggnaderna är lika med eller större än halva gatans bredd så kan höga träd försämra luftkvaliteten eftersom de hämmar luftflödet i den vertikala axeln, och med det spridningen av luftföroreningar som istället hålls kvar och samlas på platsen (Eisenman et al. 2019).

Träd och annan vegetation kan även försämra luftkvaliteten i staden genom produktionen av pollen (Eisenman et al. 2019). Det är 20 % mer troligt att människor som bor i urbana miljöer upplever besvär på grund av pollen än de som bor på landet. Föroreningar i luften kan förstärka de allergiframkallande egenskaperna hos pollen, vilket är en underliggande orsak till varför det är en sådan skillnad. Sedan så är även överanvändandet av vissa arter och introducerandet av nya arter som orsakar nya allergier andra. I Danmark, Århus, har kommunen beslutat att stoppa nyplanteringen av arter ur *Betula* släktet i offentliga platser, eftersom det är arter som i stor grad provocerar fram allergireaktioner (ibid).

2.4 Värmeö-effekten

Värmeö-effekten är ett begrepp som innebär att det är en högre temperatur inne i staden än i omgivande landskap (SMHI, 2018). Det orsakas på grund av faktorer som material och strukturer, såsom olika materials förmåga att lagra värme och dess albedovärde - en mätning på reflektion, strukturer som storlek på område, hur stort ljusinsläppet är och vad som finns runt omkring, och olika energiflöden såsom spillvärme och föroreningar från mänskliga aktiviteter, hur luften och värme rör sig och luftens humiditet (Forman, 2014). Värmeö-effekten är starkare på natten än på dagen, och det är ett resultat av främst två faktorer: Lagring av värme i material under dagen som avger värme under natten, och hur luften i staden inte ventileras under bland annat stilla nätter eller andra mikroklimats förhållanden som nämndes i föregående kap 2.3 *Stadens Luft*. Effekten har därmed ekologiska implikationer eftersom det blir färre kalla nätter och längre växtsäsong i kalla klimat, samt att det påverkar människans hälsa med luftburna sjukdomar såsom astma orsakad av föroreningar (ibid).

När städer växer utåt, så ökar både värmeö- arean och den maximala värmen inom området (Forman, 2014). Intensiteten i det stora ökar i relation till diametern av stadskärnan, men kan öka eller minska beroende på ändringar i omgivande landskap. Temperaturen på en given plats relaterar stort till de urbana konditionerna i närområdet, snarare än till distansen till den urbana/lantliga gränsen. I generella drag är effekten som mest tilltagen och intensiv på stora områden som domineras av ogenomträngliga material såsom tak, gator, parkeringar och mindre intensiv på stora områden som har ett dominerande inslag av vegetation (ibid).

Material såsom asfalt, betong, stål, tegel och murbruk absorberar energi från solstrålningen (Forman, 2014). Och desto varmare ytan på materialen är kontra luften omkring desto mer värme strålas ut. Ca 75-95% av urbana landskap täcks av material som dessa. Det är dels materialens albedovärde, (exempelvis mörka material har låga albedovärden, och all strålning som inte reflekteras absorberas) och dess ineliggande egenskap som avgör hur mycket energi som blir till värme, exempelvis energi som absorberas av en grå sten blir i större mån värme än vad det blir hos trä, men de har ingen direkt skillnad i albedo (ibid). Vegetation har en motverkande påverkan på värmeö-effekten, eftersom det bidrar med skugga som kylv ytor, och via transpirationen ökar luftens humiditet vilket har en kylande effekt. Stora grönområden tenderar till att ha en mer intensiv kylande effekt än små. Dels blir det desto kallare desto större areal, och dels sprider sig denna kyla sedan längre in i staden. Träd som placeras så de ger skugga på byggnader, klätterväxter som täcker väggar eller grönatak bidrar med ett minskat behov för nedkylning av byggnader under varma dagar och är energieffektivt. Samtidigt som det i princip tar bort den värme som annars skulle absorberas och strålas ut från dessa ytor (ibid).

Transport och uppvärmningen eller nedkylningen av byggnader är de främsta mänskliga källorna som avger värme till stadens luft (Forman, 2014). Andelen skiljer sig dock markant beroende på klimat. I kallare klimat krävs mer energi för att värma upp byggnader, vilket resulterar i större utsläpp av värme till stadens sfär, än vad det gör i varmare klimat. Användningen av fossilbränslen per capita har generellt ökat i städer, vilket resulterar i att det avges större andelar värme och gaser till luften. Föroreningar tenderar även till att mörkna ytor såsom väggar, tak och gator, vilket sänker ytornas albedovärde och bidrar med mer värme som absorberas och strålas ut (ibid).

2.5 Stadens vatten

Städer har under lång tid utvecklat effektiva sätt att föra bort regn- och smältvatten så fort som möjligt (Sjöman et al. 2015). När vatten kommer i form av nederbörd eller snö som smälter så rinner det fort längs med gator, ner i dagvattenbrunnar, via dräneringssystem till närmaste reningsverk eller recipient. Den stora andelen hårdgjorda ytor och diverse dräneringssystem hindrar vattnet från att infiltreras ner i jorden, vilket resulterar i torrare jordklimat och en reducerad perkolation till grundvattnet. Risken för översvämning blir med det större med hårdgjorda ytor, och kan resultera i väldiga skadekostnader när det sker (ibid). Andelen avrinning som sker korrelerar med andelen ogenomträngliga ytor, och dagvattnet som rinner genom staden förorenas (Forman, 2014). Föroreningar ansamlas på urbana ytor, och speciellt under torra perioder så ackumuleras föroreningar över ytorna, vilket resulterar i att det första regnet i sin tur är extra förorenat. Det är en effektiv rening av staden, men det innebär också att föroreningarna avsätts där det hamnar. Lokala vattenkroppar såsom floder, flodmynningar och sjöar är de vanligaste recipienterna. Andelen hårdgjorda ytor, ogenomträngliga material, som rinner av anses vara den faktor som i störst grad har inflytande på vattenkroppars ekosystem och fisk populationer. Hur förorenat dagvattnet som kommer ut i recipienter är beror på hur obehindrad förbindelsen är. Exempelvis om dagvattnet rinner direkt från en parkering till recipient via dräneringssystem så kommer allt vatten dit orenat. Men om det istället skulle samlas upp i en lågpunkt placerad i en grönyta, så skulle viss andel vatten infiltreras ner i marken, dess fart skulle sänkas och det skulle även renas i viss mån genom filtrering. Därmed kommer reduktionen av obehindrade förbindelser i dagvattenhanteringen med många ekologiska och samhällsliga fördelar. Ett strategiskt och väl fördelat arrangemang av porösa ytor och grönområden i staden, som har låg avrinning, är nyckel i hanteringen av dagvatten. Exempelvis om en stad ligger i en backe ner mot en å, så kan gröna bälten och porösa ytor anläggas parallellt med ån, för att förhindra obehindrat och förorenat dagvatten att nå ut. Det vatten som når ut är betydligt renare och har till viss mån behandlats (ibid).

Vatten renas från föroreningar mer desto långsammare flödet är (Forman, 2014). Om vatten färdas längs en lång sträcka så ökar dess hastighet eftersom det inte sker något avbryt i färdriktning, men om det meandrar fram så störs framfarten och hastigheten sänks. Olika material har olika friktioner, exempelvis asfalt eller andra hårdgjorda ytor har lägre friktion än vad gräs och porösa material har, och ju högre friktionen är desto mer motstånd för vattnet innebär det, som färdas långsammare. Desto snabbare vattnet färdas desto mer material tar det med sig och desto mer förorenat är det. I urbana miljöer så är ofta vattendrag raka, och vattnet som färdas där tar då med sig lättare material vilket bidrar till en ökad erosion och heterogent vattenklimat, som innebär minskad andel biodiversitet i vattnet och minskad

andel ekosystemtjänster. När vatten färdas i ett meandrande vattendrag så minskas dess hastighet, och de lättare materialen är i större grad kvar (ibid).

Grundvattennivån är oftast lägre under urbana miljöer än under naturmarker (Forman, 2014). Det beror på att i urbana miljöer så är vattnet på ytan, och grundvattnet, åtskilda system. Vilket de inte är i naturmarker. Det beror även på att mycket av det vattnet som går till hushåll, används till industriella ändamål eller bevattning till jordbruk, pumpas upp från grundvattnet, och då i betydligt större mån i det urbana landskapet.

När det på land kan varieras kraftigt i topografi, med olika höjder, dalar och drastiska skillnader i landskapet, så följer grundvattnet dessa topografiska skillnader med böljande former. Grundvattnets nivå står även i relation till vilken jordart det är. Exempelvis lerjordar kan hålla mer vatten än sandiga jordar, och grundvattennivån är då i större mån högre.

Städer som står på leriga jordar hade i många fall till en början grundvattennivån nära ytan, kontra städer på sandiga jordar som redan från början hade en låg grundvattennivå. Det är lättare att pumpa upp vatten från sandiga jordar, men det kan bli speciellt problematiskt när det har skett till stor grad, och speciellt på leriga. I följd av utpumpning av grundvatten kan det ske land sättningar, med en lägre marknivå på flera meter. Marken kompakteras i följd av en minskad andel vatten, då speciellt leriga jordar som håller mer, och sänks.

Grundvattennivån kan även höjas i följd av bland annat läckage, omfattande undanröjning av vegetation som via transpirationen pumpar upp vatten från marken, och en höjd havsnivå.

Under kusten så sipprar grundvattnet ut i havet, det åstadkommer ett tryck som begränsar saltvattnets infiltration in i marken. Om då grundvattnet är lågt i följd av utpumpning under en kustnära stad så avtar detta tryck, och saltvatten infiltrerar jorden. Sötvatten är lättare än saltvatten, vilket gör att saltvattnet kan intränga flera hundrameter och sötvattnet ligger som ett toplager i grundvattnet. Grundvattnet blir då förorenat med saltvatten och djupare pumpning förvärrar bara inträngandet av saltvatten i grundvattnet (ibid).

2.6 Stadens markegenskaper

Vatten som infiltreras ner i jorden kan möts av en mängd olika nedgrävda mänskliga strukturer som har ackumulerats över tiden, såsom nedgrävda fundament, pelare, väggar, balkar, kablar, dräneringssystem, gamla rör som läcker eller nu är tomma/fyllda med jord/vatten. Samt nedgräva fyllningsmaterial såsom spillror av tegel, betong, och föroreningar. Allt detta skapar särskilda mikrohabitat för jordorganismer och rötter (Forman, 2014). Alltså är jorden i urbana landskap nära kopplad till nuvarande och historisk markanvändning. Den förseglas, grävs bort, fylls på, förorenas och packas. Vilket allt har en påverkan på jordens ekologiska processer, hur vatten infiltreras, vilket liv som finns där, nedbrytningen av organiskt material, mineral omlopp och cirkulationen av föroreningar (ibid).

Jordens hälsa påverkas av omliggande miljö. Som tidigare nämnts resulterar torr luft i torr jord, och i den torra jorden så finns det färre mikrober, färre jorddjur, det sker mindre nedbrytning vilket hämmar mineral- och näringscyklerna (Forman, 2014). Jorden är även extra torr under asfalt eller andra ogenomträngliga material som förhindrar vatteninfiltration och genomluftning av syre, samt absorberar och strålar ut värme (ibid). Dräneringssystem brukar ligga djupt nedgrävda, och grundvattennivån brukar vara lägre, eftersom mycket vatten tas hand om och förs till annan plats så sker marginell påfyllnad, vilket ytterligare adderar till jordens torrhet (Sjöman et al. 2015). Under asfalt så är jordens temperatur högre än den under vegetation, ner till 180 cm djup för att sedan bli kallare än den under vegetation under 180 cm djup. Regnvatten som rinner över betong och murbruk genererar en ökad halt kalciumkarbonat i jorden som höjer dess pH-värde. Kolväten från fossildrivna

fordon kan skapa en skorpa ovanpå jorden vilket försämrar vatteninfiltrationen (Forman, 2014). Bara jordar som inte har någon marktäckande vegetation eller mulch löper större risk för skorpbildning (Sjöman et al. 2015). I skapandet av hårdgjorda ytor så ändras nästan alla egenskaper hos jorden under (Forman, 2014). När jorden packas, vilket händer i följd av vibrationer från tung trafik eller rörelse av tunga föremål ovan, så minskar andelen porer i jorden vilket resulterar i sämre luftning av jord, dränering och jordstruktur. Det blir sämre levnadsförhållanden för vegetation som är känslig för kompakterad jord, såsom *Pinus nigra*, och *Acer palmatum*, som växer saktare, mindre organiskt material ackumuleras och matjorden utvecklas sämre. Rötter tenderar att röra sig den väg som utgör minst motstånd och mot källor av vatten, och när jorden är för kompakt så kan alternativa rutter vara upp genom sprickor i asfalt och gata, längs rör, vattenledningar, och de kan även söka sig in i va-system genom bristfälliga fogar (Forman, 2014; Sjöman et al. 2015). Vegetation som tolererar kompakterad jord, såsom *Acer negundo*, *Gleditzia triacanthos*, och arter från *Salix* släktet kan bidra med mer jordförbättring i urbana miljöer där kompakterad jord är en faktor. Samt att låta gräsklipp eller löv/kvistar ligga kvar ökar andelen organiskt material i jorden vilket förbättrar dess funktion, såsom jordstruktur, ökad vatteninfiltration, bättre vattenhållande kapacitet, förbättrad tillförsel av syre ner i jorden, ökat mikroliv som bidrar med förbättrad nedbrytningen av material (Forman, 2014).

Den vanligaste förekommande markförorening i urbana landskap är salt, som främst används vid halkbekämpning (Sjöman et al. 2015). Hur det påverkar jorden skiljer sig beroende på de geologiska och hydrologiska förhållandena. Exempelvis hos lerjordar så förstör saltet jordstrukturen, vilket hämmar andelen porer i jorden och syre/vatten tillförseln till vegetation. Det kan även resultera i en omvänd osmos, som innebär att den salta jorden istället suger ut vatten från vegetation för att jämna ut förhållandena i marken (ibid). Markföroreningar sprids genom mänskliga aktiviteter, naturliga processer och underjordiska flöden (Forman, 2014). Speciellt gamla industrimarker är förorenade och då krävs saneringsarbeten för att rena jorden. Antingen så grävs jorden bort och avsätts på annan plats, eller så läggs ett jordlager på som är tillräckligt tjockt för vegetationens rötter, eller så kan *bioremedering* eller *phytoremedering* vara alternativ. De är båda en jordbehandling eller reningsprocess för att stabilisera eller extrahera föroreningar i marken. I bioremedering används ofta en bakterie eller fungi, och i phytoremedering används oftast snabbt växande vegetation. Exempelvis om en viss art kan frodas i den förorenade marken så kan den extrahera markföroreningar som den lagrar i växtmaterialet, som sedan går att ta bort och avsätta på annan plats (ibid).

3. Naturbaserade lösningar

Europeiska kommissionen (2016) definierar naturbaserade lösningar som "*living solutions inspired by, continuously supported by and using nature, which are designed to address various societal challenges in a resource-efficient and adaptable manner and to provide simultaneously economic, social and environmental benefits*". Det är inte direkt nya lösningar, utan det är sprunget ur och fungerar som ett paraplykoncept för grön-blå infrastruktur, ekosystemhantering och -tjänster, resiliens, hållbar utveckling och naturligt kapital (Lafortezza et al. 2017; Raymond et al. 2017a). Men med fokus på flera sidovinster för ekonomin, miljön och samhället i den urbana miljön. Naturbaserade lösningar representerar mer effektiva och kostnadseffektiva tillvägagångsätt till utveckling än vad traditionella sätt gör. Lafortezza et al. (2017) skriver att investeringen och återskapandet av grön-blå infrastruktur i den urbana miljön minskar människans beroende av infrastruktur som är kostsam att anlägga, att det gynnar ekologin och sociala värden, samtidigt som det bidrar med mer långsiktiga lösningar. Europeiska kommissionen (2016) skriver att det handlar om att göra naturliga ekosystem en integrerad del i hållbar utveckling. Att naturbaserade

lösningar kan länkas till ett skyddande och hållbart användande av natur och ekosystem, till ekosystemets hållbarhet och multifunktionalitet och till skapandet och hanteringen av nya ekosystem. Maes & Jacobs (2015) argumenterar för att man med naturbaserade lösningar bör sträva efter att öka synergier mellan system och undvika ensidiga utvinningar. Exempelvis inom det monokulturella storskaliga jordbruket där det tillsätts stora mängder gödningsämnen ner i jorden för att öka säsongens skörd, samtidigt som det tömmer jordens förråd av kol vilket påverkar dess framtida förutsättningar till skörd. Istället skriver de att man med implementerandet av naturbaserade lösningar delvis kan ersätta användandet av gödningsämnen och inte förnybara ämnen, såsom olja, med designen av naturliga processer samtidigt som det skapas nya jobb. De definierar naturbaserade lösningar som all användning av ekosystem, med minskad tillförsel av begränsade naturliga kapital och större investeringar i naturliga processer.

Bevarandet och förstärkningen av naturligt kapital i staden är särskilt viktigt eftersom det utgör basen för naturbaserade lösningar (EK, 2015). Samt för att de olika lösningarna skall så effektivt som möjligt klimatanpassa och riskminimera städer för klimatförändringar så är de urbana ekosystemens hälsa och funktion särskilt viktig (Depietri & McPhearson, 2017). Sverige är ett av världens mest urbaniserade länder med över 85 % av invånarna boende i tätorter. I Sveriges större städer så täcker grön eller blå infrastruktur mer än 40 % av ytan, vilket är en större andel än vad de flesta europeiska städer har och ger goda förutsättningar för en effektiv användning av naturbaserade lösningar för klimatanpassning (SMHI, 2018).

Klimatanpassnings- och begränsning åtgärder kan göras och hanteras på olika skalor. De tre skalorna är macroskala, mesoskala och microskala. Från en ekologisk synvinkel går macroskalan från de globala till en biom nivå, mesoskalan går från landskap till ekosystem och microskalan går från ekosystem ner till individer. Från ett institutionellt perspektiv så motsvarar macroskalan den globala till den internationella nivån, mesoskalan en nationel/regionell nivå ner till stadsnivå och microskalan motsvarar en skala från ett kvarter ner till en byggnad (Raymond et al. 2017b). För att förstå vilken effekt en naturbaserad lösning skulle ha för den urbana miljön och vad det skulle innebära för den urbana miljöns klimatresiliens behövs förståelse i vilken skala lösningen implementeras och agerar över. Klimatbegränsnings åtgärder överskrider hela spannet micro - macroskala, eftersom det essentiellt har en påverkan på den globala koncentrationen av växthusgaser. Klimatanpassnings åtgärder görs oftast på meso - microskala och det är även på dessa nivåer som dess effekter har verkan. I naturbaserade lösningar är dessa två begrepp, klimatanpassning och begränsning, knutna till varandra eftersom utveckling av ekosystem innebär klimatanpassning, och ekosystemen kommer med tiden binda kol genom diverse naturliga processer vilket innebär klimatbegränsning (ibid).

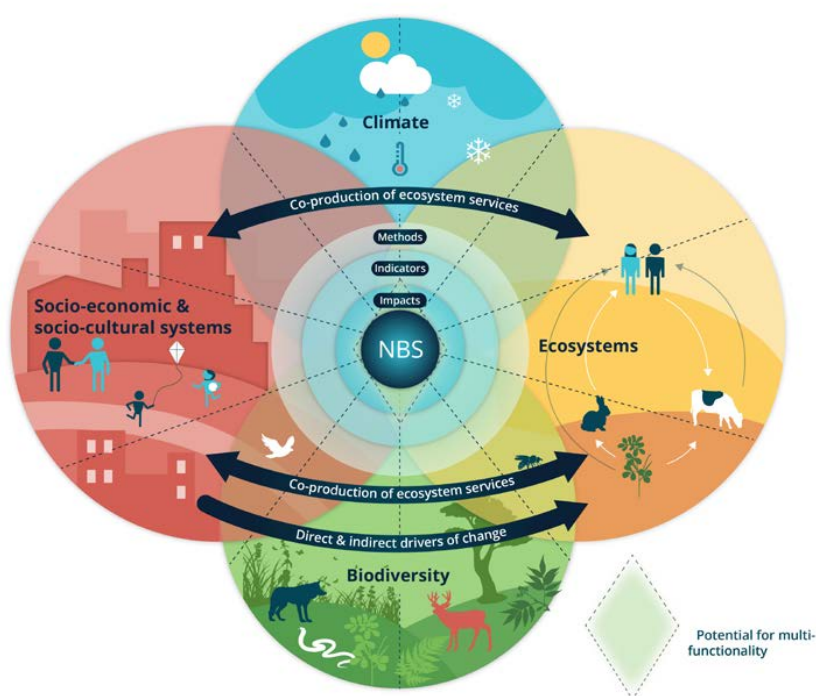
För att anamma naturbaserade lösningar så krävs förståelse i hur naturliga system fungerar. Keesstra et al. (2018) skriver att teorin om 'system thinking' är basen som tillvägagångsätten i naturbaserade lösningar står på. 'System thinking' är att tänka i det hela, att förstå hur systems beteende uppstår och vilka komponenter som har störst inflytande på dess funktion utan att överfokusera på enstaka elements egenskaper. De flesta naturliga system fungerar i ett system av jämvikt, att en balans upprätthålls genom interna drivande processer. Nyckeln i att jobba med naturbaserade lösningar ligger alltså i dynamiken av systemen, att ha förståelse för vilka processer som bestämmer dess funktion, såsom hur vatten rör sig i ett landskap och hur det avlägger sediment, och hur det i sin tur interagerar med det existerande landskapet. Ett exempel på detta är hur de i Holland vid kusten nära Ter Heijde avsätter en stor andel sand i havet var femte år, som sedan havets strömmar för vidare och sedimenterar längs kusten för att förstärka kustens resistans mot erosion. Projektet visar hur det går att nyttja naturens krafter när man har förståelse för systems dynamiker, och har visat sig vara ekonomiskt sparsamt eftersom det är naturen som gör det stora arbetet (ibid).

3.1 Naturbaserade lösningars multifunktionalitet

Kärnan i naturbaserade lösningar är att klimatanpassa urbana miljöer till följd av klimatförändringar. Men i och med lösningarnas multifunktionalitet, kapacitet att utföra en mängd olika funktioner samtidigt både direkt och över tid, är det troligt att de kommer med sidvinster över fler områden (Raymond et al. 2017b). Exempelvis översvämningsåtgärder i den urbana miljön som designas på ett natur efterliknande sätt skulle inte bara vara en klimatanpassning för höjd havsnivå utan skulle troligtvis även komma med flera sociala värden. Eftersom det skulle öka miljön kvalitét och med det levnadsförhållandena i närmiljön. Detta leder även oftast till ett högre marknadsvärde på närbelägna bostäder och tomter, vilket kan leda till gentrifiering och med det en sämre social sammanhållning i staden (ibid).

I implementerandet av naturbaserade lösningar behövs politiska, vetenskapliga och ekonomiska utmaningar lyftas samtidigt. Naturbaserade lösningar kan ses som öppna innovationer som kräver engagemanget av flera aktörer, något som överbryggar sociala och ekonomiska intressen, och som stimulerar ny grön ekonomi och nya gröna jobb. (Raymond et al. 2017a) Utövare behöver tänka in olika delar av helheten såsom hanteringen av den urbana miljön, styre, biodiversitet och social innovation inom det socio-ekologiska systemet (Raymond et al. 2017b). Samtidigt som kunskap och funktion integreras i designen av lösningarna och att de i sin tur implementeras i staden på ett sådant sätt att de blir socialt begripliga och accepterade (ibid).

Raymond et al. (2017b) utgör den expertgrupp som Europeiska kommissionen utsåg för att ta fram ett ramverk för implementerandet av naturbaserade lösningar. I deras ramverk visar de hur naturbaserade lösningar kan ha inverkan på det sociala, ekonomiska och på miljön. Det som skiljer naturbaserade lösningar från tidigare ekosystems implementerande verktyg är att det även tar in det socio-ekonomiska och socio-kulturella systemen, och visar hur olika åtgärder för samhällsutmaningar kan samproducera ekosystemtjänster, som illustreras på figur 1.



Figur 1. Raymond et al. (2017b) Samproduktionen av ekosystemtjänster över olika system och samhällsutmaningar.

Raymond et al. (2017b) skriver att samproduktionen av ekosystemtjänster kan ske genom olika sätt.

- 1 – Processer som kombinerar olika former av bevis och kunskap för att vägleda hanteringen av ekosystem.
- 2 – Kombinationen av olika typer av mänskligt, naturligt och finansiellt kapital för att uppnå ekosystemtjänster.
- 3 – Samspelet inom socio-kulturella systemen, såsom traditioner, världssyner, värderingar och beteende, som har en påverkan på ekosystems tillstånd.
- 4 – Samspelet inom socio-ekonomiska system, såsom marknad, policy och styre, som har en påverkan på ekosystems tillstånd.

Denna bredd av effekter visar på behovet av ett holistiskt tillvägagångsätt i implementerandet av naturbaserade lösningar. För att nå dit så behövs förståelse i vilken påverkan på miljön och den socio-ekologiska kontexten som en lösningens design har. Och att designen i sin tur är på ett sådant sätt att den tillkännager flera olika samhällsutmaningar för att nyttja sidvinsterna så gott det går (Raymond et al. 2017a). Mångfunktionella lösningar kan dock skapa förvirring om vem som gör vad i processen, såsom i projekteringen och i skötseln, därför behöver det utvecklas nya arbetssätt och nya samarbeten (SMHI, 2018).

I sin text *Seven lessons for planning nature-based solutions in cities* skriver Frantzeskaki (2019) att genom sätta ett tydligt mål som anpassning till klimatförändringar, kan man få ett inkluderande som inspirerar kollegor från olika avdelningar som i sin tur kan resultera i ett mycket mer konstruktivt och positivt projekt. Hon poängterar även vikten av att framhäva de sociala fördelarna som projekt kan bidra med för att få in naturbaserade lösningar i planeringen. Genom att inkludera allmänheten i bland annat workshops så skapas en känsla av tillhörighet som är positiv för allmänhetens bild av naturbaserade lösningar (Frantzeskaki, 2019). Designen av lösningar är väsentlig för att få allmänhetens acceptans till naturbaserade lösningar, samtidigt som de måste vara designade på ett sådant sätt att designen går att återanvända på andra platser (ibid). Anläggandet av otraditionella gröna lösningar kan upplevas ovärdade hos medborgare, och för att bygga en acceptans till naturbaserade lösningar förespråkar även SMHI (2018) att inkludera allmänheten till engagemang och att vidta kunskapshöjande åtgärder. Exempelvis vilka fördelar och ekonomiska besparingar som kommer med en äng istället för vanlig bruksgräsmatta (ibid).

Davies & Laforteza (2018) argumenterar för att om naturbaserade lösningar skall få verklig slagkraft så krävs det beslutstaganden bort från det konventionella. De skriver om hur besluten som tas är kopplade till *'path dependence'*, vilket är det aktiva minnet av förgående årtiondens beslutstaganden som har ett bestämmande inflytande på de beslut som tas. Detta leder till att fel görs om och om igen, trots frivilliga beslutstaganden. Vilket de menar är en underliggande orsak till varför grå infrastruktur fortfarande är det dominerande tillvägagångsättet. De säger inte att de motsäger behovet av grå infrastruktur, utan anbefaller beslutstagare att gå ifrån självbekräftande normer och ta underrättade beslut. Att beslutsfattare skall föreställa sig en framtid där naturen är anställd snarare än besegrad, och används i kombination med redan existerande tillvägagångssätt. De vill att naturbaserade lösningar borde ses som det nya normala i hanteringen av infrastruktur, och understryker att naturbaserade lösningar har potentialen att återställa nedgraderade ekosystem för att begränsa och anpassa samhällen till klimatförändringar. Men för att det skall fungera så måste naturbaserade lösningar stå på ett fundament av välfungerande, rumsligt fördelad grön infrastruktur.

3.2 Grå, grön-blå och hybrid infrastruktur

Grå infrastruktur är fysiska strukturer som medlar mellan det mänskliga systemet och variabiliteten inom klimatet. De är ofta gjorda av betong eller andra långlivade material, och

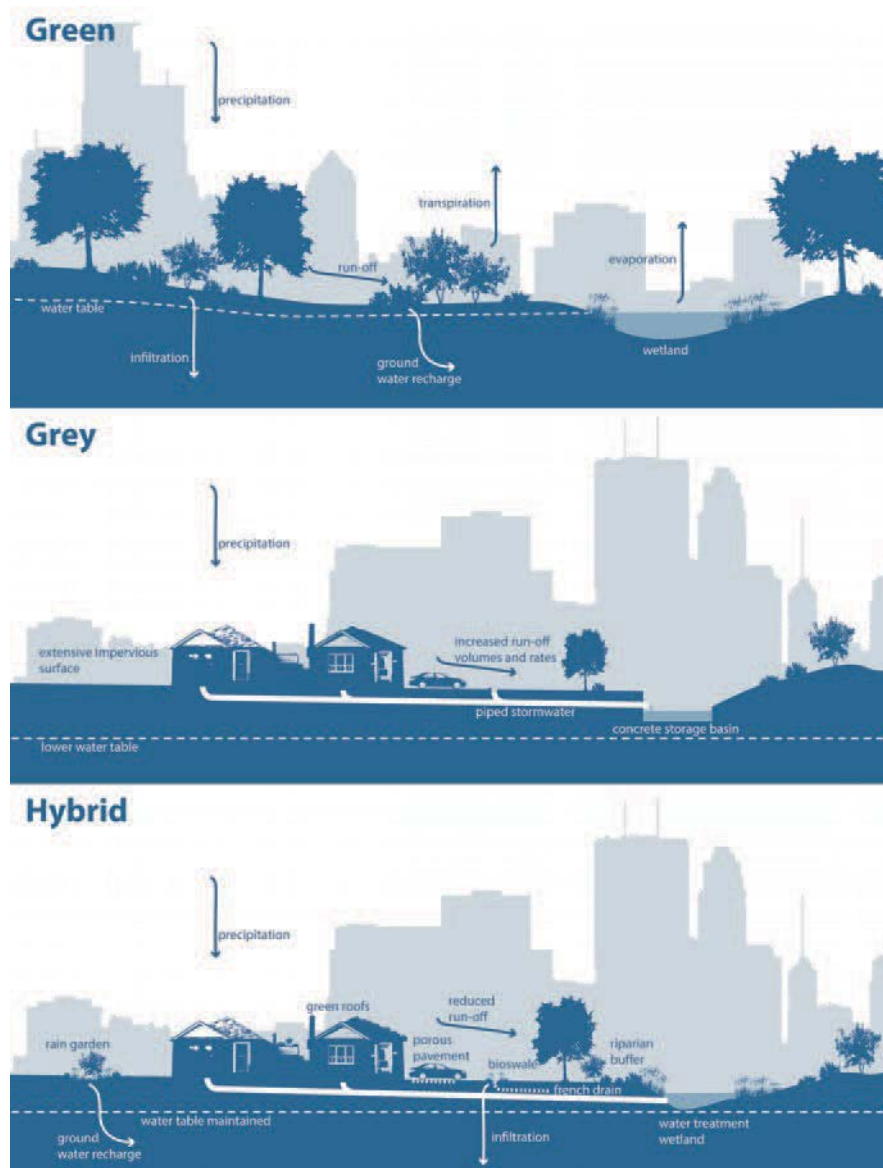
kan bland annat vara vallar, flodfördämningar och skyddsmurar för att hantera påtryckningar av vatten. Samt olika dräneringssystem för att hantera dagvatten, såsom ledningar och fördröjningsmagasin, och kylcenter och luftkonditionering för att hantera extrem värme (Depietri & McPhearson, 2017). Grön infrastruktur är principiellt välfungerande biofysiska system som endast kräver viss restaurering och hantering. De kan representeras av bland annat sandstränder och sanddyner, växter som växer i och nära vatten, skog, parker och gatuträd och diverse gräsmarker. Blå infrastruktur utgörs av alla olika typer av vattenmassor, såsom dammar, sjöar, våtmarker och hav. Grön-blå infrastruktur är sammanslaget av all grön och blå infrastruktur och beror huvudsakligen på hälsosamma och funktionella ekosystem (ibid).

Traditionellt sätt så har samhällen förlitat sig på grå infrastruktur vid riskhantering och minimering. Grå infrastruktur tenderar att ta lite plats i anspråk, går att kopiera och kontrollera, vilka alla är lämpliga karaktärsdrag i den urbana kontexten. Tekniska lösningar brukar dock ignorera eller förtränga funktionerna hos de biofysiska systemen. Grå infrastruktur är inte isolerade system, utan invävd i det urbana systemet och har där en direkt påverkan på de existerande sociala och ekologiska komponenter som finns. Grå infrastruktur för hanteringen av exempelvis vattenpåtryckningar kan bryta av de naturliga processer som annars sker där. De är viktiga för att klimatanpassa den urbana miljön, men är kostsamma att anlägga, har låg flexibilitet, och har långsiktiga påverkningar på ekosystems hälsa och funktion. Expanderande städer som redan ligger vid utsatta lägen tenderar att bero mer och mer på grå infrastruktur. Exempelvis skyddsmurar av betong är de mest hållbara skydden mot påtryckningar av vatten vid stormar, men kan ge en falsk känsla av säkerhet vilket kan resultera i fortsatt expanderande i utsatt läge. Om sedan sågd skyddsmur skulle kollapsa, om det vid extrema väderförhållanden ändå skulle gå över vatten, eller om klimatförändringarna skulle bli värre än beräknat så skulle konsekvenserna bli än mer katastrofala (ibid).

Grön-blå infrastruktur är med ekosystemtjänster och dess reglerande verkan på klimatet effektiva men för att klimatanpassa och riskminimera miljöer. Samtidigt som de har sidvinster för det sociala såsom rekreation, hälsa och föroreningsmotverkande effekter. De är kontra grå infrastruktur flexibla, men dock inte lika platseffektiva utan kräver relativt stora arealer mark för att leverera dess tjänster, vilket oftast är problematiskt i de allt mer täta urbana miljöerna. Generellt sätt så är träd och grönområden i städer ojämnt fördelade, och inte alltid där de är som mest behövda, vilket hämmar effektiviteten av dess tjänster. Grön-blå infrastruktur kan dock vara betydligt mer kostnadseffektiva alternativ till klimatanpassning än vad grå infrastruktur är. Ett exempel är hur de i Portland, Oregon, USA uppskattade hur en ökning av stadsträd var 3-6 gånger mer kostnadseffektivt för hanteringen av dagvatten än vad anläggandet av konventionellt dräneringssystem skulle vara (ibid).

Hybrid infrastruktur kombinerar grön-blå med grå infrastruktur. Några exempel är regnbäddar, gröna tak, biodiken, asfalt som tillåter infiltration eller gatuträd med öppna bäddar i gatumiljön och andra konstruerade åtgärder för klimatanpassning som bidrar med ekosystem tjänster. Depietri & McPhearson (2017) skriver att termen grön infrastruktur brukar omfatta alla dessa åtgärder, men de gör en särskildring mellan system som helt förlitar sig på ekosystem funktioner (grön-blå infrastruktur) och en teknologisk eller byggd infrastruktur som kan komplettera tjänsterna som annars tillhandahålls av grön-blå infrastruktur, alltså hybrid infrastruktur. Hybrid tillvägagångsätt är då en kombination av teknologi och ekosystem. Hybrid tillvägagångsätt är mer lämpade för klimatanpassning av

den urbana miljön, än om det endast skulle utgöras av blå-grön och grå infrastruktur, eftersom de för sig sällan möter behoven av riskminimering. De är menade att minska beroendet på det systematiska användandet av grå infrastruktur, som i sig inte är hållbart och bidra med en mer hållbar gestaltning av den urbana miljön, eftersom de är tillvägagångsätt som är platseffektiva, vilket lämpar sig för den urbana miljön, och bidrar med ekosystem tjänster (ibid).



Figur 2. Användning av grön, grå och hybrid infrastruktur för hanteringen av vatten i den urbana miljön av Depietri & McPhearson (2017) (CC BY 4.0).

Urban infrastruktur medlar förhållandet mellan mänskliga aktiviteter och ekosystems processer och kan förstärka eller reducera den mänskliga påverkan beroende på tillvägagångsätt (Depietri & McPhearson, 2017). Grå infrastruktur är lätta att handskas med i den urbana miljön och kan ge ett säkert skydd inom ramen som de byggs för, men de saknar flexibilitet, ger inga sidvinster, gynnar inte biodiversiteten och är generellt kostsamma. Grön-blå infrastruktur är flexibla, kostnadseffektiva, skapar habitat för biodiversitet, gynnar sociala och ekologiska värden, men kräver mer plats än vad som oftast

Naturbaserade lösningar kan med jord-vegetation- och landskapslösningar ha reglerande verkan på fyra nyckelpunkter som är grundläggande för ekosystem i landskapet (Keesstra et al. 2017). Figur 3 visar en schematisk översikt på dessa som är tillhandahållande av vatten, översvämningsreglering, jordskydd och vattenkvalité. Tillhandahållandet av vatten syftar på att med en ökad infiltration och osammanhängande landskap hålla kvar vatten på platser för att stimulera mer tillväxt av vegetation, att återkoppla den naturliga vatten distributionen till platsen. Översvämningsreglering innebär att genom främja infiltration och kvardröja vatten med olika vegetationshinder så blir vattnet inte lika direkt kopplat. Alla lösningar verkar i att avleda och minska vattnets hastighet vid exempelvis skyfall. Naturbaserade lösningar för att främja jordskydd går främst ut på att motverka erosion och flöden ovanpå mark, genom användandet av vegetation eller exempelvis mulch. Vattenkvalité syftar på att rena vatten genom att fördröja, minska dess hastighet och filtrera för att motverka vattenflödets förmåga att bära sediment och föroreningar (ibid).

3.4 Naturbaserade lösningar för klimatförändring

Vilken effekt som en naturbaserad lösning får beror på i vilken rumslig skala den implementeras i (Raymond et al. 2017b). Enskilda åtgärder såsom nyplantering av gatuträd kan förbättra klimatet och föroreningshalten i luften på en microskala, men enskilda projekt kommer knappt ha någon påverkan på klimatet och föroreningshalten på mesoskalan. Däremot kan många enskilda projekt som är insprängda över hela det urbana landskapet ha en påverkan i mesoskala (ibid). Ekologin gynnas mer av att jobba med gröna lösningar på en stor skala (Zhang & Chui, 2018).

Raymond et al. (2017b) skriver att naturbaserade lösningar för klimatbegränsning kan bemötas på macroskalan, genom att öka lagringen av koldioxid i vegetation och jord, och minska den totala mängden växthusgaser. Det visas på tabell 1. Klimatanpassning bemöts på meso- och microskalan genom införandet av vegetation som visas på tabell 2.

Åtgärder	Effekter
Öka arean, och undvika förlust, av grönområden. Speciellt våtmarker och andelen träd, för både direkt och indirekt lagring av koldioxid.	- Mildare klimat i både meso- och microskala, vilket minskar energibehovet av nedkylning. Förbättrad översvämningsreglering i meso- och microskalan.
Maximera netto lagringen av koldioxid genom att vid växtval välja arter som är anpassade till klimatet.	- Klimatbegränsning genom lagringen av koldioxid i vegetation och jord. Förbättrad luftkvalité i mesoskalan.

Tabell 1. Åtgärder för klimatbegränsning och dess effekter. Raymond et al. (2017b).

Åtgärder	Effekter
Öka arean, och undvika förlust av, vegetation och speciellt andelen träd.	- Ökad evapotranspiration som har en lindrande verkan på värmeö-effekten. Ökar lagringen av koldioxid och säkerställer dess långsiktiga lagring. Minskat energibehov för nedkylning av byggnader, samt träd sänker vindhastigheten som kan vara problematisk i kalla klimat.
Öka andelen gröna tak och gröna väggar.	- Samma som ovan.

Tabell 2. Åtgärder för klimatanpassning och dess effekter. Raymond et al. (2017b).

3.5 Naturbaserade lösningar för ren luft

För att bemöta behov av ren luft i urbana miljöer så föreslår Raymond et al. (2017b) åtgärder som visas på tabell 3. Vegetation påverkar luftkvaliteten främst genom avsättningen av luftföroreningar genom att lagra det i biomassa (ibid). Varom främst storbladiga träd fångar luftburna dammpartiklar (Forman, 2014). Träd kyler ytor genom skuggning, och kyler luften genom skuggning och transpiration. Träd kan öka lokala platsers värme eller kyla genom att störa luftflödet. Vissa trädarter kan släppa ut *lättflyktiga organiska föroreningar*, som är en föregångare till marknära ozon vilket är en växthusgas, samtidigt som träd och annan vegetation binder koldioxid och andra växthusgaser (ibid). Ett större diversitet av arter kan behandla en bredare varietet av föroreningar (Zhang & Chui, 2018).

Åtgärder	Effekter
Nyplantering av träd. - I privata trädgårdar - Längs gator - I parker, grönområden och stadsrum	- Reducering av luftföroreningar genom deposition. Sidvinster såsom dagvattenhantering, mikroklimats reglering genom skuggning, habitat, matproduktion för biodiversitet och bullerdämpande förmåga. Sociala värden såsom rekreation, och ökad attraktivitet i område.
Anläggande av gröna tak och gröna väggar.	- Reducering av luftföroreningar genom deposition. Sidvinster såsom kvarhållandet och fördröjning av dagvatten, minskat energibehov för nedkylning av byggnader, samt ljudisolerande effekt. Sociala värden som ökad attraktivitet i område.
Underhållet och bibehållandet av befintlig grön infrastruktur och grönområden.	- Effekter som vid nyplantering av träd.

Tabell 3. Åtgärder för bättre luftkvalité och dess effekter. Raymond et al. (2017b).

3.6 Naturbaserade lösningar för vattenhantering

Naturbaserade lösningar kan bidra till en hållbar hantering av urbant vatten genom åtgärder som visas på tabell 4 (Raymond et al. 2017b). För att förhindra att städer översvämmas så måste dagvatten främst tas hand om där det ackumuleras, och då främst där det utgör fara

för människor eller infrastruktur. Syftet är att fördröja dagvatten, att öka den vattenlagrande kapaciteten och att rena på plats. Lagrat dagvatten är även en resurs som kan återanvändas lokalt eller för avlägsna vattenbehov, och kan minska trycket på befintliga sötvattenkällor (ibid).

Åtgärder	Effekter
Användning av öppen dagvattenhantering, såsom uppföring av nedgrävda vattensystem eller kanaler, med vegetation, och ökad vegetation kring vattenkroppar.	- Ökad infiltration, ökad vattenhållande kapacitet, ökad evapotranspiration, minskad värmeö-effekt, minskad översvämningsrisk, bättre vattenkvalité, ökad biodiversitet. Sociala värden såsom ökat välbefinnande.
Nyplantering och underhåll av vegetation i urbana miljöer.	- Ökad infiltration, interception av regn, mindre tryck på system som hanterar dagvatten och förmildrande kostnader vid översvämning eller torka, ökad evapotranspiration, minskad värmeö-effekt, ökad biodiversitet, lagring av koldioxid. Sidvinster som mänskligt välbefinnande.
Skapandet av artificiella vattenkroppar för kortsiktig vattenlagring i urbana miljöer.	- Ökad vattenhållande kapacitet, minskad avrinning, mindre tryck på system som hanterar dagvatten, minskad översvämningsrisk och förmildrade kostnader vid översvämning eller torka, sidvinster som mänskligt välbefinnande.
Nyskapandet av dammar, vattendrag, sjöar eller andra vattenkroppar i urbana miljöer.	- Ökad vattenhållande kapacitet, minskad avrinning, mindre tryck på system som hanterar dagvatten, ökad infiltration, minskad risk för översvämning och förmildrande kostnader vid översvämning eller torka, ökad evapotranspiration, minskad värmeö-effekt, bättre vattenkvalité, ökad biodiversitet, lagring av koldioxid. Sidvinster som mänskligt välbefinnande.
Skapa områden för tillfällig översvämning, såsom flodslättar, utmed vattendrag genom att flytta översvämningskydds infrastruktur.	- Minskad översvämningsrisk, ökad evapotranspiration, ökad biodiversitet, bättre vattenkvalité, lagring av koldioxid.
Nyskapandet av underjordiska vattenkroppar för vattenlagring i urbana miljöer.	- Minskad avrinning, mindre tryck på system som hanterar dagvatten, minskad översvämningsrisk och förmildrande kostnader vid översvämning eller torka, ökad vattenhållande kapacitet.
Återställning/skapandet/ökad andel av våtmarker utmed flodområden.	- Minskad avrinning, minskad risk för översvämning torka, ökad infiltration, ökad vattenhållande kapacitet, ökad evapotranspiration, bättre vattenkvalité, ökad biodiversitet, lagring av koldioxid.

Tabell 4. Åtgärder för hantering av urbant vatten och dess effekter. Raymond et al. (2017b).

4. Analys och diskussion

Hur kan naturbaserade lösningar möta klimatförändringar och hur kan det bidra till en hållbar utveckling?

Naturbaserade lösningars styrka ligger i dess multifunktionalitet, i och med att det går att möta flera samhällseliga utmaningar samtidigt när de länkas och bemöts på en bredare skala (Laforteza et al. 2017). Från materialet så är det dock otydligt hur detta skall gå till väga. Raymond et al. (2017b) pekar på att i naturbaserade lösningar så tar man även in de socio-ekonomiska och socio-kulturella systemen, men från effekterna som visas på alla tabeller som har sammanställts från samma källa framgår väldigt lite vad detta skulle vara. De pekar på social innovation, och SMHI (2018) efterlyser nya samarbeten. Om det i det socio-ekonomiska främst är att grönska höjer marknadsvärdet på omkringliggande mark och byggnader, och eftersom naturbaserade lösningar är något nytt som kanske verkställs först i nya kvartersområden som oftast är dyra, så är det knappast för den sociala rättvisan i staden.

Vår stadsbyggnad kommer möta fler problem och utmaningar i följd av klimatförändring och en ökad urbanisering, där naturbaserade lösningar kan bidra till en mer hållbar utveckling. Det är inte ett svar på allt, men på mycket. Det har potentialen att integrera stad med landskap, och förmildra all den problematik som har blivit i följd av människans påverkan på landskap (Depietri & McPhearson, 2017), såsom avskärmning av jord med ökad avrinning av dagvatten som bär med sig föroreningar och ett grundvatten som blir lägre (Forman, 2014). Städernas påverkan på landskap präglas av utsläpp av föroreningar som med naturbaserade lösningar går att bearbeta till viss mån på plats. Städernas ekologi står i relation till omkringliggande landskap (ibid). Och det är därför väsentligt att städer bör sträva efter att ha så liten påverkan på omkringliggande landskap som möjligt för att bibehålla de ekosystemtjänster som det kan röra sig om. Det är betydelsefullt att urbanisering så gott som möjligt håller sig inom redan dragna stadsgränser för att undvika mer mänsklig påverkan på omkringliggande landskap. Urbanisering bör heller inte ske på bekostnad av grönytor vilket skulle vara kontraproduktivt i ett arbete för att klimatanpassa städer med gröna medel.

I konsensus så kanske det handlar om att ta naturen till staden och inte staden till naturen. Den systematik som i stadsplaneringen har byggts upp över åren har gett effektiva resultat för samhällens funktion (Sjöman et al. 2015) men det har även resulterat i fragmenterandet av ekosystem och en ökad klimatförändring (Kabisch et al. 2017). I designen av städernas rumsliga förhållanden så finns det möjlighet att mildra effekterna av klimatförändring, och speciellt då om det tas krafttag och man jobbar med det på en större skala (Raymond et al. 2017b). Grön infrastruktur tar i regel mycket plats i anspråk men är däremot flexibla och kommer med sidvinster. Grå infrastruktur kan vara platseffektiva till vissa avseenden men saknar den flexibilitet som blir allt mer viktig med klimatförändringar. Hybrid infrastruktur kan kombinera dessa och är något som passar i den urbana miljön (Depietri & McPhearson, 2017). För att klimatanpassa och riskminimera urbana miljöer så kräver det både en

stadsplanering som tar in flexibla strukturer men även att beslutsfattare är flexibla i den mån att de kan bryta trenderna av 'path dependence'. I norden förväntas det bli en högre temperaturökning än hos genomsnittet av världens länder i följd av klimatförändringar (SMHI, 2018), vilket gör det än mer aktuellt att jobba med klimatanpassning och klimatbegränsning i nordiska städer.

Hur kan naturbaserade lösningar bidra till hanteringen av ren luft samt värmeö-effekten i urbana miljöer?

För att tillgodose behov av ren luft i staden så är planteringen och underhållet av träd och gröna tak/väggar de främsta tillvägagångssätten som än finns inom naturbaserade lösningar (Raymond et al. 2017b). För att det skall bli en mätbar effekt i mesoskalan så måste det göras i stor grad, men all vegetation bidrar till ett mildare klimat och renare luft i microskalan (ibid). För att kunna möta den stora varieteten av föroreningar så förespråkar Zhang & Chui (2018) en diversitet bland vegetation. Dock så upplever fler människor i urbana miljöer besvär av pollenallergi, och det är dels på grund av överanvändning av vissa arter som producerar mycket pollen, såsom arter inom *Betula* släktet, och dels på grund av att andra föroreningar i luften kan förstärka pollens allergiframkallande egenskaper (Eisenman et al. 2019). Men även då introducerandet av nya arter, som visserligen bidrar till en diversitet men som även kan ta med nytt pollen och nya allergier (ibid). Därmed så bör personer som introducerar exotisk vegetation till städer först undersöka dessa arter för att bortse de som avsätter mycket pollen.

Träds placering bör även övervägas så att de inte begränsar luftcirkulationen på platser. För att luftföroreningar inte skall ackumuleras så är det viktigt att det finns ett ständigt in- och utflöde av luft (Forman, 2014). Träd kan även placeras för att bryta upp luftflöden vilket kan vara fördelaktigt i kalla klimat (Raymond et al. 2017b). Stora grönområden kyler luften mer vilket resulterar i att staden ventileras i viss mån när det även inte är regionala vindar (Forman, 2014). Samt för att tillgodose behovet av ren luft så bör stadsplanerare ha förståelse i hur staden ligger i landskapet, för att dra nytta av de olika typer av ventilation. Som havsbrisar och luftflöden ner från högländ, och planera struktur för att inte hindra dess framfart. Samt att se till att hela staden ventileras, hela vägen in i centrum som Forman (2014) skriver gör en stad ekologiskt bra. Det är särskilt viktigt att säkerställa ventilation med att jobba för att öka och inte förlora grönska i städer för att mildra effekter av värmeö-effekten.

Hur kan naturbaserade lösningar bidra till en mer lämplig vattenhantering i urbana miljöer?

Naturbaserade lösningar anses vara mer flexibla och lämpliga i hanteringen av vatten i urbana miljöer än vad konventionella va-system är. Det är mer kostnadseffektiva åtgärder, eftersom de dels är ovan mark och är med det lättare att anlägga/expandera och med det öka den vattenhållandekapaciteten, kontra hur utökning av va-system kräver väldiga och tidskrävande åtgärder, och de renar vattnet innan det når dess recipient (Forman, 2014).

Andelen hårdgjorda ytor är direkt kopplat till hur förorenat vattnet blir (ibid), eftersom det innebär mer avrinning och bör därmed efterhållas till största möjliga mån. Speciellt obehindrad avrinning ner i recipienter bör motarbetas, eftersom det innebär större påverkan på ekosystem och dess tjänster (ibid). Att öka infiltrationen, med porösa material och grönytor, ner i marken gynnar biodiversiteten och en bättre jordhälsa (Keesstra et al. 2018). Det innebär en fuktigare jord som annars är väldigt torr i staden, vilket ökar dess kapacitet att hålla liv och bidra med ekosystemtjänster samt minskar behovet av bevattning. Det bidrar även med att grundvattnet fylls på vilket ger en större trygghet då längre torrperioder kan bli en följd av klimatförändringar vilket blir ännu viktigare i följd av klimatförändringar (Forman, 2014).

Distributionen av naturbaserade lösningar i staden bör vara där vatten ackumuleras för att undvika stora skadekostnader (Raymond et al. 2018), och bör även vara där det är som mest obehindrad avrinning ner i recipient (Forman, 2014). Det kan även vara kostnadseffektivt. Ett gott exempel är hur Augustenborg i Malmö, som har byggts med ett välfördelat nätverk av grön-blå lösningar gick skadefritt från skyfallet år 2014, när det till övriga Malmö var skadekostnader i följd av skyfallet på en kvarts miljard kronor (SMHI, 2018).

Källkritik och egna reflektioner

I mitt arbete så har jag lyft material som på något sätt har diskuterat och nyanserat naturbaserade lösningar eller problematiken som finns i den urbana miljön. Vissa författare är återkommande i flera källor, vilket kanske inte ger detta arbete den bredd som jag ursprungligen hade hoppats på. Dock så är det nog ett resultat av naturbaserade lösningars relativt unga ålder, vilket gör att det inte har nått ut till den breda skaran än. Att det inte har genomförts så många projekt som har använt sig av begreppet naturbaserade lösningar, som bidrar till fler forskares uppmärksamhet och utvecklande. Ett återkommande tema i källorna är även den positiva inställningen till naturbaserade lösningars potential att klimatanpassa och riskminimera urbana miljöer i följd av klimatförändringar. Vilket säkert är något som författarna har underbyggande anledningar för att vara övertygande om, och är något som de argumenterar för eftersom de grön-blå eller hybrida lösningarna fortfarande ligger i underläge mot de allt mer vanliga grå lösningarna. Därmed kan detta arbete som har hämtat material och fakta från många sådana artiklar ge en vinklad bild, vilket jag har varit medveten om och bemött genom att ta fram källor som även problematiserar användningen av grön-blå tillvägagångssätt. Svaren och problematiken som har presenterats är en generalisering och kan variera hur aktuella de är beroende på geografiskt läge och hur stor area den urbana miljön täcker. Exempelvis Sverige har ett kallt klimat i jämförelse med södra Europa, och litteraturen som har använts har till viss del varit från forskare som skrivit om naturbaserade lösningars användning och klimatförändringars utmaningar över flera olika geografiska lägen i Europa. Vilket då medför att all problematik och alla svar inte nödvändigtvis är anpassade till det svenska klimatet. Det svenska klimatet i sin tur skiljer sig även brett gällande temperatur, mängd nederbörd samt vindpåverkan vilket gör att olika urbana miljöer står inför samma utmaningar fast till en varierande grad.

Mina olika frågeställningar har mer eller mindre besvarats. Svaret på frågeställningen '*På vilka sätt kan naturbaserade lösningar bidra till en mer hållbar utveckling?*' är bredare än vad som presenteras i detta arbete och skulle kunna utvecklas väsentligt. I ett retrospektiv så skulle jag ha velat utgå från en mer sammanslagen frågeställning exempelvis som '*Vilka utmaningar finns i den urbana miljön och hur kan naturbaserade lösningar svara på dessa?*', dock så hade en sådan frågeställning antagligen lett arbetet in på en helt annan riktning. Min intention när jag gick in i arbetet var att utveckla min egen miljökompetens och för det ändamålet var frågeställningarna bra. Svaren som har presenterats är även mer riktlinjer än kompletta svar på frågeställningarna. För att de ska bli mer kompletta och konkreta så krävs fördjupning som, om man vill svara på alla frågeställningar, inte får plats i ett och samma G2E arbete.

Det finns kortsagt väldigt mycket information om gröna ytors fördelar när det kommer till hantering av diverse problematik. Trots det så är grå infrastruktur det vanligaste tillvägagångsättet, vilket väcker frågan om det ändå finns kunskapsluckor, eller om beslutsfattare väljer att förbise klimatförändringar. Frågan är hur det går att överbrygga dessa luckor för att faktiskt möta klimatförändringarna. Träd kräver tid för att etableras och bör därför ha planterats igår snarare än imorgon. Kanske om naturbaserade lösningar med alla dess gröna element skulle ses som det "nya normala" i stadsplaneringen, där det byggs ett nätverk av jämt fördelad grön struktur, kan det vända den urbana miljöns negativa påverkan på omkringliggande landskap och klimatanpassa städer. Samt om det även ses som det "nya normala" så kanske det kan bidra med faktisk social rättvisa i staden.

5. Slutsats

Naturbaserade lösningar har potentialen att till viss del förbereda urbana miljöer för klimatförändringar men inte helt, utan även i viss kombination med grå infrastruktur. De kommer med sidvinster som kan göra projekt kostnadseffektiva eftersom de kan möta flera olika samhällsutmaningar, men för att det skall göras så krävs nya samarbeten och social innovation. För att till bästa sätt klimatanpassa städer med naturbaserade lösningar så krävs ett jämt fördelat nätverk över hela staden. Dock så skall vattenhantering först vara där det ackumuleras och där det innebär obehindrad avrinning, och större grönområden kyler luften mer än vad små grönområden gör. Naturbaserade lösningar kan förmildra stadens påverkan på omkringliggande landskap, och skapa ett behagligare klimat i staden som annars i takt med klimatförändringar bara kommer bli värre.

För vidare forskning hade det varit intressant att se på hur porösa hårdgjorda material påverkar markförhållanden. Hur det går att integrera mer grönska i städer genom mångfunktionella ytor. Hur det går att jobba med kunskapshöjande åtgärder för att bygga en acceptans för otraditionell grönska i staden, samt hur det går att jobba för att bryta 'path dependence' i stadsplaneringen.

6. Referenser

Davies, Clive. & Laforteza, Raffaele. (2019). Transitional path to the adaptation of nature-based solutions. *Land Use Policy* 80: 406-409

Depietri, Yaella. & McPhearson, Timon. (2017). Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. I Kabisch, Nadja., Korn, Horst., Stadler, Jutta. & Bonn, Aletta. (red.). *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas Linkages between Science, Policy and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 92-109.

Eisenman, Theodore S., Churkina, Galina., Jariwala, Sunit P., Kumar, Prashant., Lovasi, Gina S., Pataki, Diane E., Weinberger, Kate R. & Whitlow, Thomas H. (2019). Urban trees, air quality, and asthma: An interdisciplinary review. *Landscape and Urban Planning* 187: 47-59

Europeiska Kommissionen. (2015). *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*.

Tillgänglig via: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/fb117980-d5aa-46df-8edc-af367cddc202>

Forman, Richard T. T. (2014). *Urban ecology: science of cities*. Cambridge: Cambridge University Press

Frantzeskaki, Niki. (2019). Seven lessons for planning nature-based solutions in cities. *Environmental Science and Policy* 93: 101-111

Kabisch, Nadja., Korn, Horst., Stadler, Jutta. & Bonn, Aletta. (2017). Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas Linkages between Science, Policy and Practice. I Kabisch, Nadja., Korn, Horst., Stadler, Jutta. & Bonn, Aletta. (red.). *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas Linkages between Science, Policy and Practice*. Cham: Springer International Publishing, 1-11.

Keesstra, Saskia., Nunes, Joao., Novara, Agata., Finger, David., Avelar, David., Kalantai, Zahra. & Cerdà, Artemi. (2017). The superior effect of nature based solutions in land management for enhancing ecosystem services. *Science of Total Environment* 610-611: 997-1009

Laforteza, Raffaele., Chen, Jiquan., Konijnendijk van den Bosch, Cecil. & Randrup, Thomas B. (2017). Nature-Based solutions for resilient landscapes and cities. *Environmental Research* 165: 431-441

Maes, Joachim. & Sander, Jacobs. (2015). Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. *Conservation letters*, xxxx 2015: 1-4

Raymond, Christopher M., Frantzeaskaki, Niki., Kabisch, Nadja., Berry, Pam., Breil, Margaretha., Nita, Mihai Razvan., Geneletti, Davide. & Calfapietra, Carlo. (2017a) A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science and Policy* 77: 15-24

Raymond, C.M., Berry, P., Breil, M., Nita, M.R., Kabisch, N., de Bel, M., Enzi, V., Frantzeskaki, N., Geneletti, D., Cardinaletti, M., Lovinger, L., Basnou, C., Monteiro, A., Robrecht, H., Sgrigna, G., Mumuari, L. & Calfapietra, C. (2017b) An Impact Evaluation Framework to Support Planning and Evaluation of Nature-based Solutions Projects. Report prepared by the EKLIPSE Expert Working Group on Nature-based Solutions to Promote Climate Resilience in Urban Areas. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom

Sjöman, Johanna Deak., Sjöman, Henrik. & Johansson, Erik. (2015). Staden som växtplats. I Sjöman, Henrik & Slagstedt, Johan (red.). *Träd i urbana landskap*. 1. uppl. Lund: Studentlitteratur

SMHI. (2018). *Klimatanpassa nordiska städer med grön infrastruktur*.
Tillgänglig via: <http://smhi.diva-portal.org/smash/get/diva2:1272429/FULLTEXT01.pdf>

Zhang, Kun. & Chui, Ting Fong May. (2018). Linking hydrological and bioecological benefits of green infrastructures across spatial scales. *Science of the Total Environment* 646: 1219-1231