

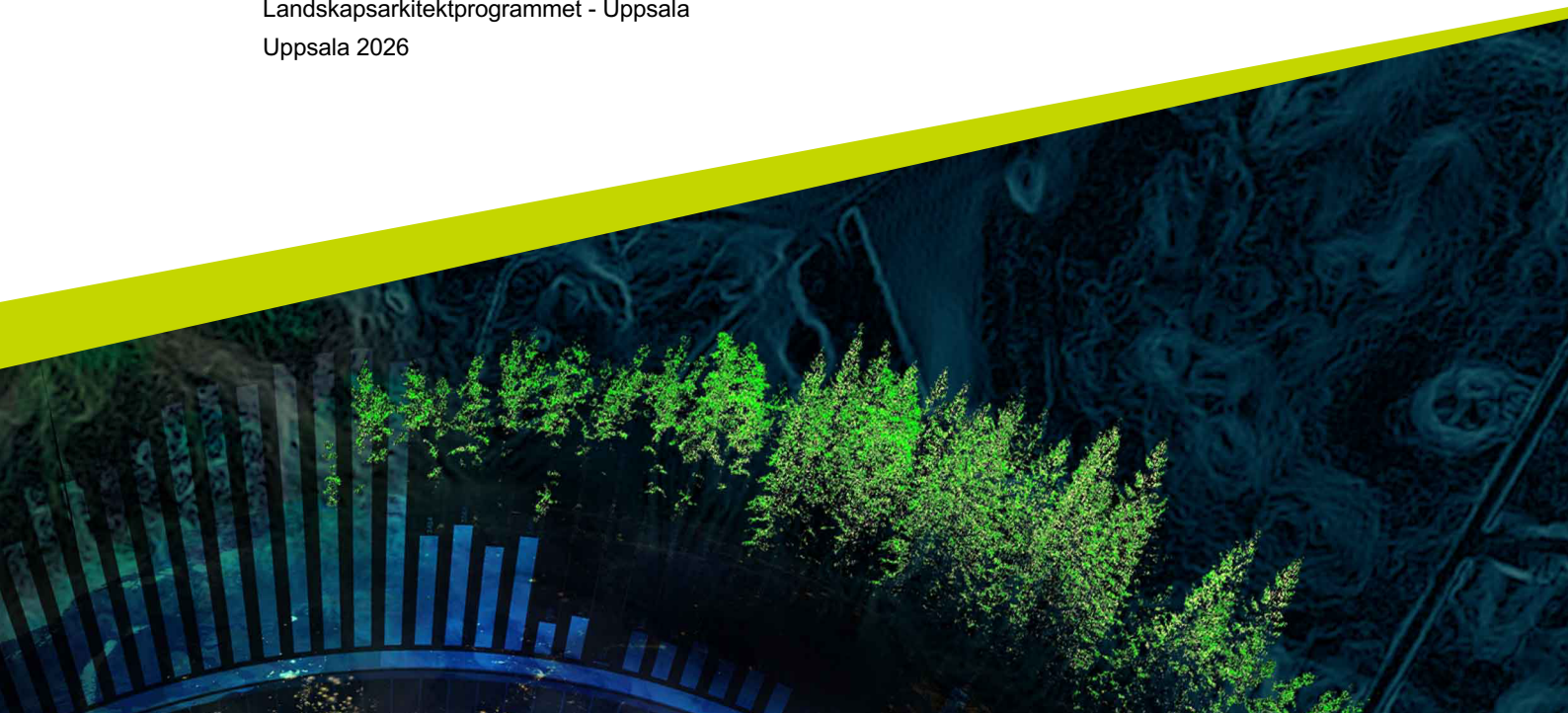


Förtätning, dagvattenhantering och resilienstagande för framtidens städer

Litteraturstudie inom naturbaserade lösningar för
urban dagvattenhantering

Emmy Röjerås och Ariane Robertson

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala
Uppsala 2026



Förtätning, dagvattenhantering och resilienstagande för framtidens städer: Litteraturstudie inom naturbaserade lösningar för urban dagvattenhantering

Densification, stormwater management, and resilience thinking for future cities: A literature review of nature-based solutions for urban stormwater management

Emmy Röjerås och Ariane Robertson

Handledare: Martin Emanuel, SLU, institutionen för stad och land

Examinator: Amalia Engström, SLU, institutionen för stad och land

Bitr. examinator: Vera Vicenzotti, SLU, institution för stad och land

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E

Kurstitel: Självständigt arbete i landskapsarkitektur

Kurskod: EX0861

Program/utbildning: Landskapsarkitektprogrammet - Uppsala

Kursansvarig inst.: Institutionen för stad och land

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2026

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

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

Nyckelord: Förtätning, dagvattenhantering, resilienstagande, social-ekologiska system (SES), naturbaserade lösningar

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Förord

Detta arbete är en kandidatuppsats på landskapsarkitektprogrammet på Sveriges Lantbruksuniversitet i Ultuna. Studien har planerats och genomförts av Emmy Röjerås och Ariane Robertson där arbete med datainsamling och skrivarbete har genomförts av båda. Introduktion skrevs gemensamt. Datainsamling och läsning av vetenskapliga artiklar genomfördes av båda. Emmy har skrivit kapitel 1.4 och 2.2 och korrekturläst texten i sin helhet. Ariane har skrivit kapitel 3.1, 6.2 och 6.3 och skapat tabellerna och figurer. Resultatet delades upp efter initiala rubriker, alla delar har sedan bearbetats av båda och har utvecklats i samförstånd. Analys och diskussion har skrivits och bearbetats av båda.

Vi vill rikta ett tack till vår handledare och handledningsgrupp som har bidragit med feedback under arbetsprocessen!

Sammanfattning

Klimatförändringar leder till mer extrema väder och ökad nederbörd samtidigt som urbaniseringen ökar och städer förtätas för att effektivisera ytanvändningen. Detta leder till mer hårdgjorda ytor som begränsar infiltrationen i marken och ökar avrinningen vilket på så sätt ökar behovet av strategier för dagvattenhantering. Detta kandidatarbete undersöker och problematiserar spänningen mellan förtätning och dagvattenhantering med syfte att ta reda på vilka utmaningar och vilka lösningar som finns för att skapa resilienta städer. För att undersöka ämnesområdet genomfördes en litteraturstudie med vetenskapliga artiklar som sedan analyserades tematiskt för att få en bred bild av kunskapsområdet. Resultatet analyserades sedan med hjälp av social-ekologisk systemteori och resiliestänkande för att koppla samman hur olika faktorer i planering och dagvattenhantering påverkar varandra genom komplexa system. Resultaten och analysen ledde till identifieringen av tre viktiga samband inom detta komplexa system. 1) Förtätning och dagvattenhantering har ofta motstridiga behov, vilket skapar komplexiteter inom stadsplaneringen. 2) Naturbaserade lösningar tillämpas ofta i liten skala, men deras kumulativa effekt är stor, vilket är ett icke-linjärt samband som präglar komplexa system. 3) Det finns en kritisk kunskapslucka mellan teknisk kunskap om naturbaserade lösningar för dagvattenhantering och deras implementering i stadsmiljöer, vilket hämmar resiliens. Dessa relationer lägger grunden för omvandlingsförmåga i planeringsmetoder, vilket kan säkerställa resiliens i framtidens städer.

Nyckelord: Förtätning, dagvattenhantering, resiliestänkande, social-ekologiska system (SES), naturbaserade lösningar

Abstract

Climate change is causing more extreme weather, including increased precipitation, while urbanization is intensifying and cities are becoming denser to increase their land use efficiency. This leads to an increased extent of sealed surfaces that limit soil infiltration, thus increasing the amount of runoff and intensifying the need for stormwater management strategies. This thesis examines and problematizes the relationship between urban densification and stormwater management, with the aim of identifying challenges and solutions which can contribute to resilience. To address this aim, this study conducted a literature review of peer-reviewed, scientific articles. Thematic analysis was used to develop a broad understanding of the strategies for urban stormwater management and the challenges associated with their implementation as outlined in the literature. These results were subsequently analyzed using social-ecological systems theory and resilience thinking to understand the interconnectedness of stormwater management and urban planning as well as how these relationships impact resilience, adaptability, and transformability within this complex system. The results and analysis led to the identification of three key relationships within this complex system. 1) Urban densification and storm water management often have conflicting needs, which creates tension in urban planning practices. 2) Nature based solutions are often applied in small scales, but their cumulative effect is great, illustrating the nonlinear behavior of complex systems. 3) There is a critical gap between technical knowledge available on nature-based solutions for stormwater management and their implementation in urban environments, which hinders resilience. These relationships form a knowledgebase which enables transformability in planning practices and supports the development of resilient cities in the future.

Keywords: Urban densification, stormwater management, resilience thinking, social-ecological systems (SES), nature-based solutions (NBS)

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	8
1. Introduktion	10
1.1 Syfte	10
1.2 Frågeställning.....	11
1.3 Avgränsning	11
1.4 Bakgrund	11
1.4.1 Stadsplanering och förtätning	11
1.4.2 Klimatförändring och dess effekter.....	12
2. Teori	14
2.1 Social-ekologiska system	14
2.2 Resilienstagande – Principer för resiliens	15
2.3 Naturbaserade lösningar	16
3. Metod	17
3.1 Litteraturstudie.....	17
3.1.1 Empiriskt material – urval	17
3.1.2 Tematisk analys – metodbeskrivning	19
3.2 Tillämpning av resilienstagande	20
4. Resultat – Teman i litteraturen	21
4.1 Strategier för dagvattenhantering i urbana miljöer	23
4.1.1 Leda bort vatten	23
4.1.2 Ökad infiltration	24
4.1.3 Vatten som resurs	27
4.1.4 Växters roll i dagvattenhantering.....	31
4.2 Utmaningar och faktorer som påverkar implementering	31
4.2.1 Anpassningar för ett nordiskt klimat	31
4.2.2 Multidisciplinärt och gränsöverskridande arbete.....	32
4.2.3 Olika intressen och styrning	33
4.2.4 Utmaningar för urbana miljöer.....	36
5. Analys – resilienstagande inom dagvattenhantering i urbana miljöer	40
5.1 Spänning mellan förtätning och hydrologi	40
5.2 Samband mellan småskalig effektivitet och storskalig resiliens	42
5.3 Luckor mellan teknisk kunskap och styrning	43
5.4 Sammanfattning analys.....	44
6. Diskussion och slutsats	46
6.1 Resilienstagande och landskapsarkitektur	46
6.2 Metodkritik	48

6.3 Reflektion och framtida forskning	49
Referenser.....	50

Tabellförteckning

Tabell 1. Sökord och parametrar som användes i databassökningarna i Web of Science och Scopus. Tabellen redovisar de exakta termerna, inklusive eventuella operatorer, samt de begränsningar som tillämpades avseende år, språk, dokumenttyp och disciplinära fält. Forskningsområde och ämnesområde utgör inbyggda filter i respektive databas. Naturbaserade lösningar är ett samlingsbegrepp som används främst i Europa och har motsvarande koncept i andra delar av världen, vilka därför också inkluderades i litteratursökningens sökord.	18
Tabell 2. Koder som användes i den tematiska analysen. Tabellen visar de initiala koderna, deras beskrivning samt om de genererades deduktivt (utifrån teori eller sökord) eller induktivt (direkt från materialet). De koder som ingår i varje tema presenteras i resultatavsnittet under respektive tema.....	20
Tabell 3. Tabellen visar indelning av koder i teman för resultatet samt artiklar som koderna identifieras i.	22

AI-deklaration

InstaText ([länk](#)) har använts för att kontrollera stavning och grammatik. Detta AI-verktyg har ett något annorlunda gränssnitt än en traditionell chatbot, eftersom det inte använder prompter. I stället klistrar användaren in ett textblock i verktyget och får förslag på hur grammatik och stavning kan förbättras. Verktyget användes som hjälpmedel av Ariane, som har svenska som andraspråk. De inställningar som användes var språk: svenska och ton: formell. Resultaten bidrog till att säkerställa konsekvent tempus i grammatiken samt korrekt stavning. Eftersom verktyget inte är en chatbot som svarar på prompter och i enlighet med de riktlinjer som ges under kursföreläsningarna, inkluderas därför inga prompter som bilagor.

InstaText. (2026). InstaText One [AI-powered web application].

<https://instatext.io/>

1. Introduktion

Förtätning är ett stadsbyggnadsideal idag som bidrar till ekologisk, ekonomisk och social hållbarhet (Bibri et al. 2020). Samtidigt gör det att grönytor byggs bort och ersätts av hårdgjorda ytor vilket påverkar infiltrationen av vatten i städer och ställer högre krav på dagvattenhanteringen (Boverket 2018: 7). På så sätt bidrar förtätning till sämre infiltration och större risk för översvämningar. På grund av detta krävs nya strategier för att hantera större vattenmängder i samband med klimatförändringar.

Risken för översvämningar är ett problem över hela världen och förvärras av förtätade urbana miljöer. Exempelvis i Sverige har medelvärdet för den årliga nederbörden ökat under de senaste trettio åren jämfört med perioden 1961-1990 (SMHI 2025b). Den årliga nederbörden samt korttidsnederbörd, det vill säga skyfall, förväntas också att öka avsevärt under detta århundrade (IEA 2022). Som en följd av detta förväntas översvämningar öka i framtiden, särskilt i urbana miljöer på grund av större mängder dagvatten (IEA 2022). Översvämningar är en av de mest kostsamma typerna av extrema väder (European Environmental Agency u.å.). Samtidigt som det också skapar långvariga effekter för människor, till exempel genom spridning av sjukdomar från vattenburna patogener, ökade psykiska hälsoproblem och hot mot dricksvattenförsörjning (Directorate-General for Climate Action 2023). Detta väcker frågor huruvida förtätning är en hållbar stadsbyggnadsmetod och vilka utmaningar som finns med att anpassa städer för framtida förhållanden.

Berghauser Pont et al. (2021: 393) framför att det krävs mer forskning kring förtätning och översvämningssrisk samt dess förhållande till grönytor. Urbana miljöer är komplexa social-ekologiska system, vilket innebär att det finns element som kan påverka varandra på oförutsägbara sätt. Det skapar ytterligare utmaningar i forskning om klimatanpassning, särskilt med fokus på både förtätning och översvämningshantering. Mot denna bakgrund syftar detta arbete, vilket genomförs som en tematisk litteraturstudie, till att undersöka strategier för dagvattenhantering i tätbebyggda urbana miljöer och hur de påverkar resiliens. Detta är en central utmaning i framtida stadsutveckling.

1.1 Syfte

Syftet med arbetet är att genom en tematisk litteraturstudie analysera komplexiteten mellan urban förtätning och dagvattenhantering med särskilt fokus på naturbaserade lösningar och hur dessa relaterar till resilienstänkande.

1.2 Frågeställning

Vilka komplexiteter identifieras i forskningslitteraturen om naturbaserade lösningar och andra strategier för dagvattenhantering i urbana miljöer?

- i. Vilka strategier, samband och utmaningar för dagvattenhantering identifieras i forskningslitteraturen?
- ii. På vilket sätt relaterar de till resilienstagande i stadsplanering?

1.3 Avgränsning

Studien avgränsades tematiskt till dagvattenhantering i urbana miljöer med särskilt fokus på naturbaserade lösningar. Förtätning har under de senaste decennierna etablerats som ett dominerande planeringsparadigm i Sverige, trots att strategin i forskningen har benämnts kunna förstärka dagvattenrelaterade problem såsom ökad avrinning och översvämningsrisk (Nolin 2022; Berghauser Pont et al. 2021). Studien inkluderar internationell forskning som bedöms vara överförbar till ett svenskt sammanhang.

Vidare avgränsas arbetet disciplinärt till forskningsområden som bedöms vara särskilt relevanta för landskapsarkitektur, däribland arkitektur, urbant skogsbruk, stadsplanering, hållbar utveckling, hydrologi, biodiversitet och fysisk geografi. Slutligen avgränsas studien tidsmässigt till vetenskapliga publikationer publicerade från och med år 2020. Dessa avgränsningar syftar till att säkerställa att analysen baseras på aktuell forskning och speglar den senaste kunskapsutvecklingen inom forskningsområdet.

1.4 Bakgrund

I detta avsnitt presenteras information om förtätning inom stadsplanering och klimatförändringar då detta är centrala faktorer som påverkar behovet av utvecklad dagvattenhantering och resiliens i framtida städer.

1.4.1 Stadsplanering och förtätning

Inom stadsplanering är förtätning idag ett ledande ideal där städer utvecklas på redan bebyggd mark på grund av dess positiva hållbara aspekter (Boverket 2016: 7). Detta gör att man istället för att bygga ut städer på exempelvis jordbruksmark eller andra ytor runt städer arbetar med ytor som är tillgängliga i städerna. Förtätning leder på så sätt till mer kompakta städer där olika funktioner kan samspela och skapa bättre effektivitet vilket har många positiva aspekter. En

aspekt som framförs är att förtätning kan skapa mindre avstånd vilket underlättar hållbara och kollektiva transportsätt vilket även är positivt för människors hälsa (Stevenson et al. 2016: 2933). Tätare städer kan också bidra till positiva sociala aspekter då människor bor tätare och kan skapa en starkare gemenskap (Williams et al. 1996: 77). Ur ett hållbarhetsperspektiv kan alltså förtätning leda till ekologisk- och social hållbarhet med minskade transportsträckor och minskade utsläpp samt större centralisering kring stadens funktioner.

Idealet med förtätning möter dock även kritik. Berghauser Pont et al. (2021) framför att det i många fall saknas en stabil forskningsgrund för förtätningens nämnda positiva aspekter, speciellt gällande sociala faktorer. Detta gör att idealet och hur det tillämpas kan ifrågasättas och att tätare boendemiljöer inte behöver leda till bättre sociala förhållanden. Nolin (2022) menar också att exempelvis grönytor i städerna mer eller mindre riskerar att klassificeras som tomma ytor med lågt värde vilket gör att de byggs bort i förmån för tätare städer med fler bostäder. Samtidigt så lyfts minskade grönytor och mer hårdgjorda ytor som negativa aspekter av förtätning då det bidrar till sämre dagvattenhantering (Berghauser Pont et al. 2021). Förtätningens effekt på grönytor och infiltrerbar mark skapar alltså konsekvenser för viktiga funktioner såsom möjligheten att hantera vattenmassor vid exempelvis regn. Minskad infiltration kan även bidra till större vattenföroreningar då markinfiltration renar vatten mer jämfört med annan infrastruktur (Liu och Zhang 2025). Konsekvenser av förtätning kan alltså påverka naturliga system som har flera positiva egenskaper och orsaka högre belastning på annan infrastruktur för dagvattenhantering.

Förtätning kan alltså både ge positiva följder för hållbara städer samtidigt som det finns många negativa konsekvenser, speciellt i ett förändrande samhälle som behöver anpassas för nya utmaningar med klimatförändringar. Därför behöver förtätning som ideal och hur det påverkar funktioner i samhället undersökas samt utvecklas kring hur det kan tillämpas på ett effektivt sätt utifrån olika nödvändiga perspektiv.

1.4.2 Klimatförändring och dess effekter

Global uppvärmning och klimatförändringar till följd av ökade utsläpp av växthusgaser gör att väder blir mer extrema och att riskerna för skyfall ökar (SMHI 2025a). Detta beror på att en varmare temperatur på jorden och i atmosfären leder till att mer vatten kan hållas kvar i luften samtidigt som en större mängd vatten avdunstar (SMHI u.å.). Det bidrar till att väder kan bli mer extrema i takt med en ökande medeltemperatur på jorden.

Globalt så har jordens medeltemperatur ökat med ca. 1,55 °C sedan mitten av 1800-talet (Europeiska kommissionen u.å.). Detta gör att det sker stora förändringar på global skala som påverkar jordens hydrologiska system, vilket leder till både perioder av torka och perioder av kraftiga regn som människor och urban miljö behöver klara av. Sveriges medeltemperatur har ökat med ca. 1,9 °C från år 1860 (Schimanke et al. 2022: 18). Det visar att det har skett en temperaturökning under lång tid. Man har även kunnat se att Sveriges genomsnittliga årsnederbörd har ökat med ca. 100 mm sedan 1970-talet (Schimanke et al. 2022: 28). Mätningar visar alltså att det under de senaste decennierna har skett en stor förändring i nederbörd och att den har ökat i takt med att det också har blivit en ökad temperatur. Utöver den ökade nederbörden så har man också kunnat se att extrem nederbörd har ökat från 1970-talet samtidigt som det kan ske stora variationer mellan olika decennier (Wern 2012: 32). Det finns alltså påvisade samband mellan ökad temperatur och ökade regnmängder i Sverige.

Konsekvenserna av det förändrade klimatet skapar utmaningar både globalt och i Sverige. Det blir större variationer i väder både med torka och extrem nederbörd som påverkar samhället i allt från infrastruktur till vattentillgång och hälsa (Europeiska kommissionen u.å.). Därför är det viktigt att städer anpassas för att klara dessa variationer och förändringar som kan ske på lång sikt. Översvämningar har redan skapat stora konsekvenser och i Europa har antalet skador av översvämningar ökat med 32% mellan åren 2009 och 2021 vilket både påverkar samhälle och ekonomi (European environmental agency u.å.). Detta belyser behovet av att förebygga skador till följd av översvämningar både för att minska skador på mark och infrastruktur men även ur hälsoaspekter för att kunna garantera rent vatten. För att göra detta så behöver stadsplanering och dagvattenhantering anpassas för att klara förändringar och den kapacitet som krävs vid ökad nederbörd. Det globala målet 11.5 "Mildra de negativa effekterna av naturkatastrofer" handlar om att minska konsekvenserna av klimatförändringar och göra städer mer motståndskraftiga (Globala målen 2024). Detta är något som är centralt i framtida landskapsplanering och det krävs att hitta effektiva lösningar för att skapa ett stabilt samhälle.

2. Teori

Social-ekologiska system (SES) är en teori som har blivit ett stort forskningsområde. Resilienstänkande är en del i hur dessa system kan anpassas för att vara mer stabila och motståndskraftiga. Naturbaserade lösningar kan vara en del i resiliensskapande inom dagvattenhantering.

2.1 Social-ekologiska system

Social-ekologiska system (SES) beskriver hur mänskliga och naturliga system samverkar och påverkar varandra (Folke et al. 2010). Detta bygger på att människor påverkar naturliga system med de förändringar som görs och naturen påverkar också människor. Social-ekologiska system är ett tvärvetenskapligt forskningsfält som studerar komplexa adaptiva system. Ramverket har sina rötter i Hollings (1973) forskning om ekologiska system, där begreppet systemresiliens ursprungligen enbart tillämpades inom ekologi. Begreppet har sedan vidareutvecklats och applicerats inom andra forskningsfält. SES-forskning fortsätter att utvecklas i takt med att centrala begrepp förfinas och tillämpas i nya sammanhang.

Holling (1973) definierar resiliens som ett systems uthållighet och hur väl systemet kan hantera förändringar. Detta ekologiska begrepp utvecklas vidare av Walker et al. (2004) som definierar det som:

“Resilience is the capacity of a system to absorb disturbance and reorganize while undergoing change so as to still retain essentially the same function, structure, identity, and feedbacks—in other words, stay in the same basin of attraction.” (Walker et al. 2004: 2)

Folke et al. (2010) betonar att resiliens kan skapas med ett för smalt fokus, vilket riskerar att skapa nya problem men att det även går att arbeta med bredare lösningar. Eftersom planering alltid innebär ett samspel mellan människor och natur krävs en helhetssyn. Att enbart fokusera på enstaka delar i ett komplext system ger inte en komplett lösning. Genom att förstå systemets samspel och identifiera sätt att anpassa sig till förändring kan resiliens utvecklas (Folke et al. 2005).

Walker et al. (2004) introducerar begreppet anpassningsförmåga (eng. adaptability), som avser de förändringar och anpassningar som möjliggör resiliens. Eftersom mänsklig aktivitet ofta driver förändringar i systemet är den kollektiva förmågan att hantera resiliens (eng. adaptive capacity) avgörande för att

förebygga oönskade förändringar i systemtillståndet (eng. regime shift) (Walker et al. 2004).

Ett ytterligare centralt SES-begrepp är omvandlingsförmåga (eng. transformability), vilket avser möjligheten till grundläggande systemförändringar när adaptiva åtgärder inte längre är tillräckliga (Walker et al. 2004). Detta innebär att kunna överge tidigare strukturer och utveckla helt nya lösningar vid stora miljöförändringar eller nya förhållanden.

2.2 Resilienstänkande – Principer för resiliens

Resilienstänkande (eng. resilience thinking) tar hänsyn till den komplexa strukturen hos sociala-ekologiska system samtidigt som det hanterar störningar som kan påverka systemet (Stockholm Resilience Center 2025a).

Resilienstänkande operationaliserar många av de grundläggande begreppen som finns i SES-resiliensteori, bland annat kunskapsutbyte, mångfald och feedback-loopar (Stockholm Resilience Center 2025b). Det skapar en flexibel metod för att öka resiliens och främja omvandlingsförmåga med hänsyn till antropocen-och klimatförändringar. Analysen i denna studie utgår från sju principer för skapande av resiliens, principerna fokuserar på hur system kan bli motståndskraftiga och anpassas för att klara framtida förändringar (Biggs et al. 2015: 23).

Den första principen “Maintain diversity and redundancy” handlar om att skapa mångfald både i ekologiska och sociala system för att skapa stabilitet med större kombination av kunskap och funktioner (Kotschy et al. 2015: 52-53). Principen klargör på så sätt hur mångfald skapar fördelar i skapande av resiliens då det kan möjliggöra en bredare kunskapsgrund och olika kompletterande funktioner.

Den andra principen “Manage connectivity” framför hur kopplingar inom system kan skapa bättre resiliens där ekologiska system kan bevara naturliga funktioner och sociala system kan kopplas genom kontakt och kunskapsutbyte (Dakos et al. 2015: 81-82). Resiliens kan då skapas genom att system inte isoleras från varandra utan har ett utbyte och samspel som gynnar systemens funktion.

Den tredje principen “Manage slow variables and feedback” handlar om långsamma processer och förändringar som kan skapa stora konsekvenser för sociala och ekologiska system, detta kan vara styrning och lagar men också naturliga processer som kan skapa negativa konsekvenser om de förändras för mycket (Biggs et al. 2015: 109-110). Även processer som sker långsamt har en stor påverkan på resiliens och måste hanteras för att inte förändras för mycket och påverka andra funktioner i systemet negativt.

Den fjärde principen “Foster complex adaptive systems thinking” handlar om att skapa förståelse för komplexiteten inom resiliens och de system som behöver samspela (Bohensky et al. 2015: 145). För att skapa resilienta system så behövs också förståelsen för att olika faktorer påverkar varandra och skapar komplexa system som kräver olika arbetssätt.

Den femte principen “Encourage learning” redogör för vikten av lärande för att förstå och hitta lösningar för byggande av resiliens i sociala och ekologiska system (Cundill et al. 2015: 179-180). Kunskapsinhämtning och lärande är alltså en central del i att kunna skapa resiliens.

Den sjätte principen “Broaden participation” tar upp deltagande som en viktig faktor där olika perspektiv kan synliggöras och bidra till en bättre helhetsbild över system och dess olika faktorer (Leitch et al. 2015: 203-204). Deltagande och inkludering av olika perspektiv är alltså viktigt i resiliensskapande.

Den sjunde och sista principen “Promote polycentric governance” handlar om styrning och samarbete mellan olika nivåer för att skapa mer effektiva lösningar (Schoon et al. 2015: 228-229). Styrningen är på så sätt viktig för att skapa förutsättningar för gränsöverskridande arbete.

2.3 Naturbaserade lösningar

Sociala-ekologiska system är ett brett fält kring hur olika system samspelar. Resiliensstänkande och dess principer är sedan ett sätt för att tillämpa grundläggande begrepp inom SES-teori. De sju principerna skapar ett konkret förhållningssätt för hur man kan tänka för att bidra till systemets resiliens. Naturbaserade lösningar är en del av resiliensskapande i dagvattenhantering och genom att implementera dem kan planeringen arbeta med de sju principerna för att skapa resiliens. På detta sätt är naturbaserade lösningar ett konkret exempel på hur planeringen kan bidra till social-ekologiska systemets resiliens.

Naturbaserade lösningar (eng. nature-based solutions eller NBS) är ett samlingsbegrepp för åtgärder som syftar till att skydda, hantera och återställa ekosystem, samtidigt som de bidrar till mänskligt välbefinnande och biologisk mångfald (IUCN u.å.). Naturbaserade lösningar används främst i Europa och har motsvarande koncept i andra delar av världen, exempelvis low impact development (LID), sustainable drainage systems (SuDs), water sensitive urban design med flera (Suresh et al. 2023). I detta arbete används begreppet naturbaserade lösningar som en översättning av dessa närbesläktade koncept.

3. Metod

Arbetet genomfördes som en litteraturstudie med fokus på vetenskapliga artiklar som behandlar dagvattenhantering i urbana miljöer. Studien tillämpade Braun och Clarkes (2006) tematiska analys för att identifiera mönster i litteraturen. Resultatet analyserades sedan med stöd av social-ekologiska system (SES) och resilienstagande för att förstå hur dagvattenhantering i urbana miljöer påverkar resiliens.

3.1 Litteraturstudie

3.1.1 Empiriskt material – urval

Empiriskt material hämtades från Web of Science och Scopus. Databaserna valdes som primära källor på grund av deras breda tvärvetenskapliga täckning och inkludering av referentgranskade vetenskapliga tidskrifter. Användningen av båda databaserna ökade sökningens omfattning och minskade risken för att relevanta studier förbises. Deras avancerade sökfunktioner och transparenta kriterier bidrar dessutom till studiens replikerbarhet.

Sökningen avgränsades till peer review-artiklar publicerade från och med 2020 som är skrivna på engelska inom specifika disciplinära fält (tabell 1). Avgränsningen till engelskspråkiga publikationer bedöms som rimlig med hänsyn till engelskans dominerande ställning inom internationell vetenskaplig publicering samt studiens praktiska genomförbarhet.

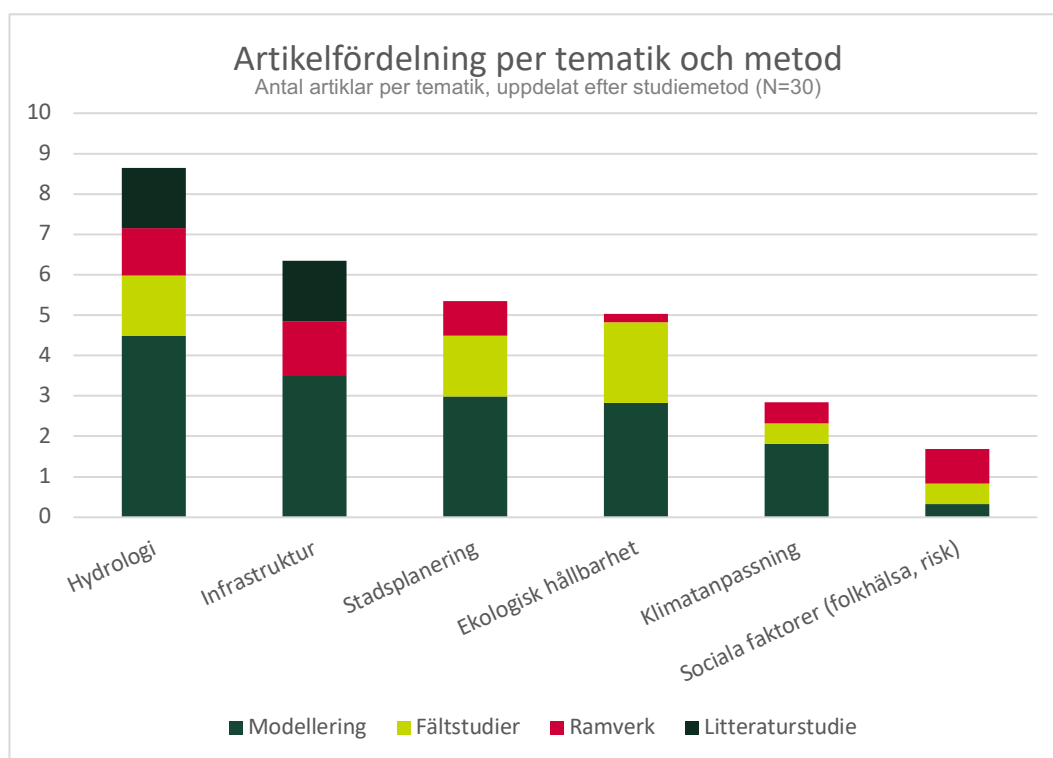
Sökningen genererade totalt 316 träffar, varav 188 hämtades från Web of Science och 128 från Scopus. Bland dessa identifierades 112 dubletter, vilket resulterade i 75 unika artiklar från Web of Science och 17 unika artiklar från Scopus. Efter att dubletter från de två databaserna hade avlägsnats återstod totalt 204 unika artiklar som utgjorde underlaget för den fortsatta granskningen.

Tabell 1. Sökord och parametrar som användes i databassökningarna i Web of Science och Scopus. Tabellen redovisar de exakta termerna, inklusive eventuella operatorer, samt de begränsningar som tillämpades avseende år, språk, dokumenttyp och disciplinära fält. Forskningsområde och ämnesområde utgör inbyggda filter i respektive databas. Naturbaserade lösningar är ett samlingsbegrepp som används främst i Europa och har motsvarande koncept i andra delar av världen, vilka därför också inkluderades i litteratursökningens sökord.

Sökparameter	
Sökord	(rain* OR pluvial) AND flood* AND urban* AND infiltration AND ("nature based solution*" OR "water sensitive urban design" OR "green infrastructure" OR "blue green infrastructure" OR "blue-green infrastructure" OR tree* OR forestry OR "green roo*" OR "permeable pavement" OR "rain garden*" OR "sustainable drainage system*" OR "sustainable storm water management system*" OR "low impact design")
Publicerades år	2020-2026
Språk	Engelska
Dokumenttyp	Tidsskriftartikel
Forskningsområde (Web of Science)	architecture, geography, physical geography, water resources, biodiversity conservation, urban studies, forestry, plant sciences
Ämnesområde (Scopus)	environmental science, social science, earth and planetary sciences, multidisciplinary

De 204 unika artiklarna granskades manuellt. Urvalet genomfördes utifrån relevans i förhållandet till arbetets avgränsningar. Artiklar exkluderades om de var för tekniskt inriktade mot ingenjörsciensdiscipliner, fokuserade på produktion eller modellers effektivitet, behandlade platsidentifiering, storskaliga lösningar, specifika implementeringar, eller modell- och fältstudier för klimatspecifika lösningar som skiljer sig avsevärt från svenska förhållanden, exempelvis tropiska klimat.

Efter denna manuella filtrering återstod 63 artiklar för genomläsning. Dessa filterades vidare utifrån relevans till 30 artiklar som inkluderades i den slutliga analysen. De inkluderade artiklarna representerar flera discipliner och olika studiemetoder, vilket bidrar till en bred och fördjupad översikt av ämnesområdet (Figur 1).



Figur 1. Stapeldiagram som visar fördelningen av de 30 inkluderade artiklarna per tematik och studiemetod. Färgkodningen illustrerar metodologisk variation inom varje disciplin.

Notering: Eftersom flera artiklar representerar mer än en disciplin eller tema överstiger det totala antalet tematiktilldelningar 30. Varje artikel har tilldelats en vikt på 1,00, fördelad jämnt mellan de teman den representerar.

3.1.2 Tematisk analys – metodbeskrivning

En tematisk analys genomfördes i enlighet med Braun och Clarke (2006) för att identifiera, koda och kategorisera återkommande teman i den vetenskapliga litteraturen. Samtliga inkluderade artiklar lästes initialt i sin helhet. Koder utvecklades både deduktivt med utgångspunkt i social-ekologiska system (SES) och genom vanliga naturbaserade lösningar identifierade i sökprocessen, samt induktivt, där koder genererades direkt från materialet (tabell 2). Relaterade koder grupperades därefter för att generera initiala teman. Dessa teman granskades för att säkerställa att de representerades i hela datamängden och att de fångade ett gemensamt meningsinnehåll inom dagvattenhantering i urbana miljöer. Därefter vidareutvecklades och namngavs de innan de presenterades i resultatavsnittet. Kodning och tematisering utfördes manuellt för att identifiera centrala idéer och återkommande mönster.

Tabell 2. Koder som användes i den tematiska analysen. Tabellen visar de initiala koderna, deras beskrivning samt om de genererades deduktivt (utifrån teori eller sökord) eller induktivt (direkt från materialet). De koder som ingår i varje tema presenteras i resultatavsnittet under respektive tema.

Deduktiv kod	Beskrivning	Induktiv kod	Beskrivning
GR	Gröna tak	RO	Avrinning
PP	Genomsläpplig beläggning (permeable pavement)	SP	Fysisk planering (spatial planning)
RB	Regnbädd	UGS	Urbana grönområden
BS	Bio-dike (Bioswale)	IF	Infiltration
IC	Infiltrationskassetter (underjordisk lagring)	VT	Växter och träd
BST	Bassäng, damm eller annan lagring	RB	Regnvattentunna
BRC	Bioretention cell	RWH	Regnvatteninsamling
IT	Infiltrationsdike	GWR	Grundvattenbildning
LK	Lärande och kunskap	HY	Hårdgjorda ytor/ förseglade markytor
AT	Aktörer	EVT	Evapotranspiration
EM	Ekonomi	PFR	Flödestoppsdämpning (peak flow reduction)
GS	Styrning (Governance)	WQ	Vattenkvalitet / föroreningar
		WDP	Vått-torrt vädermönster
		PC	Betydande klimatförändringar förutspås
		KK	Kallt klimat

3.2 Tillämpning av resilienstänkande

Efter indelning i teman tolkades resultatet därefter i relation till resiliensteori för att förankra i befintlig teori. Principerna för resilienstänkande applicerades på resultatet för att analysera och identifiera hur dagvattenhantering kan kopplas till skapande av resiliens i urban miljö. Detta möjliggör utforskande av komplexiteter, samband och utmaningar mellan dagvattenhantering och förtätning.

4. Resultat – Teman i litteraturen

Med utgångspunkt i tematisk analys har identifierade koder i litteraturen grupperats till teman (tabell 3) och återkommande motiv, vilket ger en strukturerad översikt över forskningsfältet och möjliggör en systematisk presentation av centrala aspekter och mönster. Dessa teman är organiserade utifrån strategier för dagvattenhantering i urbana miljöer samt faktorer som påverkar implementeringen av dem. Vissa koder är kopplade till flera teman, vilket belyser komplexiteten och det ömsesidiga beroendet mellan dessa aspekter.

Tabell 3. Tabellen visar indelning av koder i teman för resultatet samt artiklar som koderna identifieras i.

Temat	Koder	Artiklar
Leda bort vatten	RO, PRF, BST, IC, RWH	Meng et al. 2021 Tansar et al. 2023 Costa et al. 2021 Liu och Zhang 2025 Li et al. 2020 Marchioni et al. 2025) Taura et al. 2021 Monachese et al. 2024 Qin 2020
Ökad infiltration	IF, RG, BS, PP, BRC, IT, IC, VT, UGS	Chinchella et al. 2025 Qin 2020 Lashford et al. 2020 Suresh et al. 2023 Zellner och Massey 2024 Raimondi et al. 2023 Moravej et al. 2022 Tansar et al. 2023 Rosenberger et al. 2021 Monachese et al. 2024 Liu och Zhang 2025 Lhamidi och El Khattabi 2025 Marrazzo och Raimondi 2025 Chen et al. 2025 Ambrogi Ferreira do Lago et al. 2023 Rahman et al. 2025 Neumann et al. 2024 Pons et al. 2022
Vatten som resurs	RB, RWH, GWR, EM, WQ, RG, PC, WDP	Pérez Cambra et al. 2025 Liu och Zhang 2025 Strauss-Mazzullo 2025 Rahman et al. 2025 Monachese et al. 2024 Taura et al. 2021 Suresh et al. 2023 Qin 2020 Wilbers et al. 2022 Zellner och Massey 2024 Moravej et al. 2022 Chen et al. 2025 Marchioni et al. 2025 Chen och Gaspari 2023 Lhamidi och El Khattabi 2025
Växters roll i dagvattenhantering	VT, EVT, GR, BS, UGS	Eben et al. 2024 Qin 2020 Marrazzo och Raimondi 2025
Anpassningar för ett nordiskt klimat	KK, SP, GR	Strauss-Mazzullo 2025 Kuoppamäki 2021
Multidisciplinärt gränsöverskridande arbete	GS, LK, AT	Chen och Gaspari 2023 Moravej et al. 2022
Olika intressen och styrning	GS, AT, EM, LK, WDP, PC, KK	Strauss-Mazzullo 2025 Pérez Cambra et al. 2025 Monachese et al. 2024 Meng et al. 2022 Pons et al. 2022 Taura et al. 2021 Wilbers et al. 2022 Tansar et al. 2023 Rahman et al. 2025 Lashford et al. 2020 Qin 2020
Utmaningar för urbana miljöer	SP, UGS, HY, GR, PP, BS, RG	Zellner och Massey 2024 Huang et al. 2025 Marchioni et al. 2025 Rosenberger et al. 2021 Monachese et al. 2024 Neumann et al. 2024 Moravej et al. 2022 Tansar et al. 2023 Liu och Zhang 2025 Rahman et al. 2025 Meng et al. 2022 Wilbers et al. 2022 Strauss-Mazzullo 2025 Pérez Cambra et al. 2025 Chen och Gaspari 2023

4.1 Strategier för dagvattenhantering i urbana miljöer

4.1.1 Leda bort vatten

Koder: RO, PRF, BST, IC, RWH

Kontrollera avrinning

Studier poängterar att effektiv hantering av dagvattenavrinning utgör ett växande problem i många städer till följd av ökad frekvens av intensiva nederbördshändelser orsakade av klimatförändringar samt en ökande andel hårdgjorda och förseglade ytor i urbana miljöer (Meng et al. 2021; Tansar et al. 2023). Denna utveckling har medfört att befintliga dagvattensystem i allt större utsträckning utsätts för belastningar som överskrider deras dimensionerade kapacitet (Costa et al. 2021; Meng et al. 2021; Tansar et al. 2023). I litteraturen framgår alltså att förtätning är en central aspekt i skapandet av vattenrelaterade utmaningar.

Traditionellt har dagvatten hanterats genom konventionella grå infrastruktursystem. Dessa system har begränsad kapacitet och är benägna att falla när flödena överstiger deras dimensionerade kapacitet, vilket bidrar till översvämningar i stadsmiljöer (Tansar et al. 2023). Problemet förvärras ytterligare av urbanisering och förtätning, eftersom den grå infrastrukturen generellt inte har byggts ut i motsvarande takt (Costa et al. 2021). Litteraturen pekar ut en strukturell lucka mellan ökade avrinningsvolymen och befintlig hanteringskapacitet.

Mot denna bakgrund har naturbaserade lösningar lyfts fram som ett komplement till konventionella system (Tansar et al. 2023; Liu och Zhang 2025; Li et al. 2020). Dessa lösningar syftar till att minska toppflöden, ytavrinning, översvämningens volym och vattennivåer vilket i sin tur reducerar risken för översvämningar (Costa et al. 2025). Samtidigt betonar forskning att den faktiska prestandan varierar beroende på flera faktorer, inklusive konstruktion, klimat och placering (Marchioni et al. 2025). På bostadsområdesnivå kan naturbaserade lösningar ge en påvisbar minskning av total avrinning, särskilt när flera åtgärder kombineras i ett sammanhängande system (Ibid.). Deras effektivitet på större skalor är mer begränsade, vilket vanligtvis kan förklaras av att de har en relativt liten geografisk utbredning (Ibid.). Olika lösningar för att hantera avrinningen är på så sätt olika effektiva beroende på i vilken utbredning de kan implementeras.

Li et al. (2020) visar på att naturbaserade lösningar kan reducera den totala ytavrinningen med 4–23% samt fördröjer toppflödet. Genom att reducera

toppflöden och avrinningen minskar belastningen på den grå infrastrukturen under skyfall, vilket därmed minskar risken för översvämningar i urbana miljöer (Taura et al. 2021; Tansar et al. 2023). Hybridsystem som kombinerar traditionella och naturbaserade lösningar, benämnda grågrön eller blågrågrön infrastruktur, anses vara kostnadseffektiva och har påvisats minska avrinningen i urbana miljöer, vilket stärker städernas resiliens (Liu och Zhang 2025; Tansar et al. 2023). Litteraturen nämner alltså hur kombinerade lösningar kan vara en effektiv strategi för mer robust vattenhantering.

Lagring av vatten

Enligt Europeiska unionens regionkommitté måste en effektiv vattenpolitik omfatta lagring, inneslutning och dränering (Monachese et al. 2024). Lagring möjliggör ett gradvis utsläpp av dagvatten eller bidrar till en reservförsörjning för användning under torra perioder (Ibid.). Dagvattenlagring är främst utformad för att minska risken för översvämningar i urbana miljöer men system som använder naturbaserade lösningar kan även förbättra föroreningskontrollen genom att minska transporten av näringsämnen och sediment (Marchioni et al. 2025).

Vattenlagringssystem förekommer i många former. Underjordiska cisterner eller tankar kan lagra avrinning men benämns också kräva kontinuerlig energi för att pumpa ut vattnet, vilket ökar kostnaderna och underhållskraven (Qin 2020). Infiltrationsdammar (eng. soakaways) lagrar också dagvatten under mark men släpper gradvis ut det genom infiltration (Ibid.). Retentionsdammar är konstgjorda dammar som är utformade för att tillfälligt lagra dagvattenavrinning och därefter släppa ut det gradvis, vilket förhindrar översvämningar nedströms (Monachese et al. 2024). Uppsamlingsbassänger lagrar också dagvatten tillfälligt men är främst utformade för att kontrollera toppflöden (Ibid.).

Regnvattentunnor eller regnvattentankar installeras antingen ovan eller under mark och samlar upp regnvatten från tak och andra hårdgjorda ytor medan överskottsvatten leds vidare till konventionell grå infrastruktur (Qin 2020). Vattenhållande beläggningar liknar genomsläppliga beläggningar men är utformade för att hålla kvar vatten och frigöra det genom avdunstning snarare än infiltration (Ibid.). En nackdel som framförs med samtliga lagringsmetoder är dock deras begränsade kapacitet (Marchioni et al. 2025; Qin 2020). I litteraturen går det alltså att identifiera att även om det finns många olika tillvägagångssätt för att lagra vatten och fördröja det så är kapaciteten en tydlig begränsning.

4.1.2 Ökad infiltration

Koder: IF, RG, BS, PP, BRC, IT, IC, VT, UGS

Modifierade hårdgjorda ytor

Genomsläppliga beläggningar (eng. Permeable pavements) är en typ av genomsläppliga markmaterial som kan begränsa avrinning i urbana miljöer och därmed återställa markens naturliga infiltrationskapacitet (Chinchella et al. 2025). Dessa system består av en genomsläpplig yta som anläggs ovanpå ett bärlager av grus eller sten, ofta kompletterat med ett perforerat dräneringsrör för att förhindra vattenansamling (Qin 2020). Även om det finns flera typer och utformningar har de en gemensam funktion, att minska avrinning, även om prestandan varierar beroende på konstruktion och materialval (Ibid.). Begränsningar i effektiviteten innefattar sårbarhet för igensättning av partiklar som transporteras med vattnet samt beroendet av den underliggande jordens hydrologiska egenskaper (Chinchella et al. 2025).

Beläggningarna som kan infiltrera vatten framförs vara svåra att visuellt skilja från traditionella hårdgjorda ytor och kan därför ersätta dessa utan att förändra stadsbilden (Lashford et al. 2020). De kan anläggas på en rad olika platser, såsom parkeringsytor, gångvägar och lågtrafikerade vägar, vilket gör dem både multifunktionella och lämpliga för att minska översvämningsrisken i urbana miljöer (Suresh et al. 2023; Zellner och Massey 2024; Lashford et al. 2020). Implementeringen kräver inte att grönytor tas i anspråk eftersom systemen vanligtvis ersätter befintliga hårdgjorda ytor (Lashford et al. 2020). Sammantaget har detta bidragit till att genomsläppliga markbeläggningar är bland de mest använda lösningarna inom naturbaserade lösningar (Raimondi et al. 2023). En omfattande implementering ökar även den hydrologiska konnektiviteten mellan ytor, vilket innebär att genomsläppliga beläggningar tar emot både direkt nederbörd och ytavrinning från angränsande ogenomträngliga områden. De är mest effektiva vid lätt till måttlig nederbörd men kan nå sin kapacitetsgräns under intensiva regnhändelser (Moravej et al. 2022). Genomsläppliga markmaterial har alltså fördelar som framhävs i litteraturen gällande att de ökar infiltrationen samtidigt som de inte kräver stora visuella eller estetiska förändringar i stadsmiljö men har även dem begränsningar.

Genomsläppliga beläggningar benämns ofta i litteraturen även kombinerats med annan grön infrastruktur såsom gröna tak och regnbäddar (Tansar et al. 2023; Rosenberger et al. 2021). Alla dessa åtgärder för dagvattenhantering syftar till att minska dagvattenavrinning, öka den vattenhållande förmågan samt öka infiltrationen (Rosenberger et al. 2021). I samverkan med biodiken kan effekten förstärkas ytterligare tack vare större lagringsvolym och hög infiltrationskapacitet (Zellner och Massey 2024). De är även särskilt fördelaktiga i anslutning till stadsträd där ökad infiltration gynnar rotutveckling samtidigt som

avrinningen reduceras (Raimondi et al. 2023). Litteraturen betonar att de är användbart att starka upp andra strategier för mer robust dagvattenhantering.

Utöver sin funktion i dagvattenhantering medför genomsläppliga beläggningar flera ytterligare värden såsom förbättrad vattenrening, återställning av naturliga hydrologiska processer, minskad ytavrinning, dämpning av urbana värmeeffekter samt reducerat buller från trafik (Qin 2020). De kan dessutom minska transporten av tungmetaller som Al, Cr, Cu, Mo och Sr, även om reningseffekten påverkas av nederbördens intensitet och varaktighet (Monachese et al. 2024). Kostnaden kan utgöra ett hinder vid implementering men studier visar att systemen är kostnadseffektiva för hantering av dagvatten (Lashford et al. 2020). Sammantaget bidrar genomsläppliga beläggningar till att främja övergripande hållbarhetsmål i urbana miljöer där de både kan öka infiltration och samtidigt bidra med andra funktioner såsom att minska föroreningar.

Jord- och markförbättring

Jordens egenskaper, såsom jordart, skrymdensitet och porositet, spelar en grundläggande roll för att bestämma infiltrations- och lagringskapaciteten för dagvatten eller nederbörd (Liu och Zhang 2025). Lhamidi och El Khattabi (2025) framhåller att dagmaskar avsevärt kan förbättra jordens hydrauliska kapacitet i biodiken med ökad genomsläpplighet och minskad tömningstid, vilket motverkar igensättning, stärker ekosystemtjänster som jordbildning och vattenreglering samt minskar översvänningsrisker i ett förändrat klimat. Medan viss litteratur diskuterar förbättring av jordar, fokuserar de flesta studier endast på träd eller annan vegetation (Marrazzo och Raimondi 2025; Qin 2020).

Grönytor

Urbana grönområden utformas för närvarande främst med fokus på estetik men det framväxande designparadigmet syftar till att öka deras funktionalitet genom att utnyttja ekosystemtjänster såsom översvänningshantering, vattenrening och mikroklimatreglering (Liu och Zhang 2025). Detta, i kombination med förbättrad fysisk planering för att skapa sammankopplade nätverk och gröna korridorer, kan stärka städernas övergripande resiliens (Ibid.). Mot denna bakgrund utgör vegeterade lösningar en grundläggande komponent i naturbaserade lösningar, särskilt inom dagvattenhantering.

Regnbäddar, liksom andra vegeterade dagvattenhanteringslösningar, syftar till att minska dagvattenavrinning samt öka den vattenhållande förmågan och

infiltrationskapaciteten (Rosenberger et al. 2021). Regnbäddar är låglänta planteringar med genomsläppliga jordarter som samlar upp ytavrinning vid regn och gradvis återför vattnet till sitt kretslopp genom avdunstning och infiltration (Chen et al. 2025). Regnbäddar benämns även som bioretentionsområden eller biofilter (Qin 2020). Faktorer såsom klimat och anläggningens utformning påverkar dess prestanda och infiltrationen försämras om jorden är mättad eller alltför torr (Qin 2020; Ambrogi Ferreira do Lago et al. 2023; Rosenberger et al. 2021). Litteraturen visar att regnbäddar kan minska volymen av ytavrinning och belastningen på avloppssystem samt bidra till grundvattenbildning och filtrering av föroreningar, vilket gör dem väl anpassade till dagvattenhantering i tätbebyggda urbana miljöer med ett förändrat klimat (Rosenberger et al. 2021; Chen et al. 2025; Rahman et al. 2025). Dessa naturbaserade lösningar kan alltså vara effektiva men de kräver också ytor för att tillämpas.

Biodiken (eng. bioswale) är lågt liggande, vegetationstäckta kanaler som är utformade för att öka infiltrationen samtidigt som de leder om vattenflödet till grå infrastruktursystem via underjordiska rör. Infiltrationsdiken har liknande form och funktion men är fyllda med grus. Hybridsystem, kallade svalgden (eng. swale-trench), är utformade med inbyggda funktioner för att förhindra översvämningar när marken är mättad, där vatten då istället avleds genom infiltrationsdiken. Neumann et al. (2024) hävdar att biodiken är mycket effektiva för att minska översvämningar och rekommenderar svalgden för maximalt översvämningsskydd. Biodiken är dock sårbara för igensättning orsakad av sediment som transporteras med vattnet. (Monachese et al. 2024; Qin 2020; Suresh et al. 2023; Neumann et al. 2024)

En annan lösning är gröna tak som också infiltrerar regnvatten men vattnet avges till största del genom avdunstning snarare än genom infiltration till marken. Prestandan påverkas av bland annat av jordtyp, jorddjup, vegetationstyp samt klimatet. Det finns även icke-vegeterade infiltrationstak men dessa är mindre vanliga eftersom gröna tak erbjuder ytterligare fördelar. Generellt fungerar gröna tak väl vid mindre regnhändelser men kraftiga regn överskrider ofta deras retentionskapacitet (Chen et al. 2025; Qin 2020; Pons et al. 2022). Gröna tak som strategi har nämnda begränsningar men är också effektiva då de implementeras på tak och inte kräver annan mark i urban miljö.

4.1.3 Vatten som resurs

Koder: RB, RWH, GWR, EM,WQ, RG, PC, WDP

Vattenstress orsakad av klimatförändring

Vattenstress och perioder med risk för vattenbrist påverkar 30 % av Europas befolkning under ett genomsnittligt år, ofta samtidigt som både översvämningar och yttemperaturer ökar (Pérez Cambra et al. 2025). För att möta denna utmaning behöver synen på regn- och dagvatten förändras från att betraktas som ett problem som ska avledas till att ses som en resurs som bör integreras och förvaltas i urbana miljöer.

Inom traditionell grå infrastruktur har det primära målet varit att avlägsna vatten från urbana miljöer så snabbt som möjligt (Liu och Zhang 2025). Naturbaserade lösningar bygger däremot på att efterlikna naturliga hydrologiska processer, inklusive vattnets kretslopp. Detta förutsätter ett en förändrad syn på vatten i planering och förvaltning där det inte enbart betraktas som ett problem utan även som en värdefull resurs (Strauss-Mazzullo 2025).

Regnvatteninsamling

Naturbaserade lösningar används för att stärka resiliens mot översvämningar samtidigt som de bidrar till en multifunktionell urban miljö, exempelvis genom regnvattenuppsamling (Rahman et al. 2025; Monachese et al. 2024). Utöver sin funktion i översvämningshantering så benämner litteraturen att regnvattenuppsamling även har ett socialt värde. Lokala boenden värdesätter sådana system och betraktar denna funktion som en prioriterad åtgärd vid implementering av naturbaserade lösningar (Rahman et al. 2025; Taura et al. 2021).

Taura et al. (2021) hävdar att regnvattenuppsamling i Japan inte enbart används som en teknisk lösning för dagvattenhantering utan även för att förstärka kulturella och estetiska värden. Uppskattning av vatten är ett centralt element i traditionella japanska trädgårdar, vilket återspeglas i användning av kedjerännor, stenbassänger och andra karakteristiska element som leder vatten från takytor till regnvattentunnor (Ibid.). Strategier för dagvattenhantering kan alltså uppfylla olika värden och vara estetiska.

Litteraturen betonar att regnvatten utgör en betydelsefull resurs både utifrån ett vattenbesparings- och ekonomiperspektiv. Regnvatten kan samlas och lagras i regnvattentunnor eller infiltreras i urbana grönområde eller på offentliga platser och därefter lagras i underjordiska vattentankar (Suresh et al. 2023; Pérez Cambra et al. 2025; Qin 2020). Användningen av regnvatten är främst inriktad på icke-drickbara ändamål, såsom bevattning och toalettspolning, vilket bidrar till att bevara dricksvattenresurser för konsumtion (Monachese et al. 2024; Pérez

Cambra et al. 2025; Wilbers et al. 2022). Regnvatteninsamling kan vara särskilt viktig för låginkomsttagare, de kan nyttja det som en lågkostsam resurs samtidigt som det bidrar till översvämningshantering, då dessa hushåll ofta är mer fysiskt sårbara för översvämningar och därmed löper större risk för ekonomisk stress (Rahman et al. 2025).

Även om regnvattentunnor och vattentankar har en begränsad lagringskapacitet, kan regnvattenuppsamling avsevärt reducera både avrinningsdjup och volym i mikroavrinningsområden (Zellner & Massey 2024; Suresh et al. 2023; Qin 2020). Vid hög befolkningstäthet minskar dock den relativa effektiviteten, eftersom systemen kräver utrymmen som ofta är begränsade i täta urbana miljöer, vilket begränsar deras tillämpbarhet inom urban dagvattenhantering (Moravej et al. 2022).

Grundvattenbildning

Förtätade urbana miljöer med en hög andel förseglad mark stör vattnets naturliga kretslopp. I ett naturligt hydrologiskt system återgår ytvatten antingen till atmosfären genom evapotranspiration eller infiltration i marken och bildar så småningom grundvatten (Chen et al. 2025; Suresh et al. 2023; Monachese et al. 2024). Naturbaserade lösningar kan effektivt fånga upp och fördröja dagvatten i olika skalor, även i tätbebyggda områden genom integrering i exempelvis gröna tak, genomsläppliga ytor och både småskaliga åtgärder som regnbäddar och större samlade insatser kan öka infiltrationen och därmed stärka grundvattenbildningen (Marchioni et al. 2025; Qin 2020).

Litteraturen framhäver att klimatförändringar kan också påverka grundvattenbildningen. Ökad temperatur och förändringar i frys- och upptiningsmönster kan leda till förändrade snösmältningmönster. Långsam smältning möjliggör gradvis infiltration i marken, medan snabb smältning vid plötsliga temperaturökning ökar avrinningen och därmed minskar infiltrationen och potentialen för grundvattenbildning (Strauss-Mazzullo 2025).

I många delar av världen utgör grundvatten den primära källan till dricksvatten, vilket betyder att det är en samhällskritisk resurs som behöver skyddas och förvaltas långsiktigt. Strauss-Mazzullo (2025) redogör exempelvis att 65% av dricksvatten kommer från grundvatten och i Finland krävs i många fall ingen ytterligare kemisk behandling. Litteraturen synliggör att grundvattenbildning är en del av det större hydrologiska systemet, vilket innebär att det är en viktig faktor i vattenhantering och påverkas av hot i andra delar av systemet, såsom föroreningar.

Vattenkvalitet

Pluviala översvämningar är förknippade med betydande negativa konsekvenser för såväl sociala som miljömässiga förhållanden (Wilbers et al. 2022; Rahman et al. 2025; Marchioni et al. 2025). Urbant dagvatten utgör dels en risk för fysiska översvämningsskador och är dels en betydande källa till spridning av föroreningar (Monachese et al. 2024). Utöver de hälsorisker som detta medför för människor i urbana miljöer påverkas även djur- och växtliv samt vattenkvaliteten inom hela avrinningsområden (Wilbers et al. 2022; Monachese et al. 2024). Litteraturen lyfter på så sätt fram olika perspektiv kring vattenhantering och dess påverkan på vattenkvalitet.

Kombinerade system som integrerar grön infrastruktur med traditionell grå infrastruktur kan hantera större volymer dagvatten samtidigt som vattenkvaliteten kan bibehållas eller förbättras (Chen och Gaspari 2023). Naturbaserade lösningar har visat sig vara effektiva i att avlägsna ett brett spektrum av föroreningar från dagvatten, inklusive sediment, näringsämnen, xenobiotiska organiska föreningar samt tungmetaller såsom koppar, krom, zink och bly med mera (Chen och Gaspari 2023; Monachese et al. 2024; Marchioni et al. 2025; Zellner och Massey 2024). Implementering av grön infrastruktur, såsom gröna tak, vegetation och genomsläppliga markbeläggningar kan förbättra dagvattenkvaliteten och i vissa fall möjliggöra återanvändning av vattnet, samtidigt som minskade föroreningshalter reducerar risken för spridning till grundvatten och närliggande vattendrag (Monachese et al. 2024; Zellner och Massey 2024).

Placeringen av naturbaserade lösningar är central för att minska spridning av föroreningar, då strategisk placering i trafik- och industriområden kan reducera tungmetaller i dagvatten medan bristande planering, exempelvis otillräcklig rening vid urbana snöupplag, riskerar att möjliggöra spridning via ytavrinning och infiltration vid snösmältning (Monachese et al. 2024; Strauss-Mazzullo 2025). Naturbaserade lösningar har begränsad kapacitet att hantera stora föroreningsmängder, då biodiken kan drabbas av igensättning samt riskerar att överbelastas och mättas, särskilt nära hårt trafikerade vägar eller när system är sammankopplade, vilket minskar reningsförmågan och ökar risken för föroreningsackumulering (Lhamidi och El Khattabi 2025; Zellner och Massey 2024). Naturbaserade lösningar kan därmed minska föroreningar men har också begränsningar i hur mycket som kan infiltreras.

4.1.4 Växters roll i dagvattenhantering

Koder: VT, EVT, GR, BS, UGS

En aspekt som identifierades i litteraturen kring översvämningshantering är växter och hur de har en central roll med sina olika egenskaper. Eben et al. (2024) framför i studier hur olika växter kan klara stress vilket är relevant för växter i infiltrationsytor då de i stadsmiljö både behöver klara utsläpp från trafik, salter, torra samt översvämning vid exempelvis skyfall. Förutsättningarna i förtätade miljöer gör alltså att det krävs genomtänkta växtval som klarar olika situationer. Utöver det så spelar olika växter roll för hur vatten kan ledas bort. Qin (2020) redogör hur trädkronor bidrar till att regnvatten avdunstar genom evapotranspiration och genom att träden tar upp vatten med rötterna. Detta gör träd till en viktig del av infiltrationen även om det finns flera faktorer som spelar in. Marrazzo och Raimondi (2025) framför även hur val av trädart är viktig då kronan påverkar hur mycket vatten som fångas upp, vilket påverkas av vilken tid på året det är och hur länge träden har löv, samtidigt som planteringsbädden runt träden också är central för infiltrationen. Olika trädarter med olika kronform eller olika blad kan då spela in i hur väl de bidrar till dagvattenhantering. I vattenhantering med växter i stadsmiljöer så krävs det att ta hänsyn till flera olika faktorer där växtval kan effektivisera avdunstning och infiltration samtidigt som de också behöver vara tåliga och klara påfrestningar.

I annan grön infrastruktur såsom gröna tak så har också växterna en viktig roll i vilka egenskaper som lösningarna får. Underlaget och jordmånen har en stor betydelse men sedan spelar växterna in där gräsarter håller vatten bättre än exempelvis sedumväxter (Qin 2020). Beroende på vilka lösningar som tillämpas och vilka miljöer de ska finnas i så krävs växter som är anpassade för de olika situationerna. Växtval behöver alltså vara väl genomtänkta och anpassas efter specifika platser och lösningar som de ska tillämpas i.

4.2 Utmaningar och faktorer som påverkar implementering

4.2.1 Anpassningar för ett nordiskt klimat

Koder: KK, SP, GR

I länder med kallare klimat så finns det andra aspekter som behöver hanteras jämfört med i länder med varmare klimat. Översvämningshantering i urbana miljöer måste då anpassas efter de förhållanden som finns och klara av låga temperaturer. En aspekt som behöver hanteras i kallare klimat är hur infiltrationen påverkas och vilka lösningar som är tillämpbara. Strauss-Mazzullo (2025) lyfter

fram utmaningar med dagvattenhantering i norra Finland där marken blir tjälad under vinterhalvåret vilket gör att infiltrationen blir låg och att grön infrastruktur inte fungerar. Detta skapar då stora utmaningar i nordligare länder och gör att lösningar behöver anpassas. En ytterligare utmaning med att planera grönytor i förtätade miljöer är behovet av snöröjning som gör att träd och planteringsbäddar blir svårare att planera och är lättare att placera utanför stadens tätare delar (Ibid). Dessa förhållanden gör att lösningar i varmare klimat med planteringar och infiltreringsbäddar inte går att väva in i stadsstrukturen på samma sätt där det finns andra krav på infrastrukturen. Strauss-Mazzullo (2025) menar också att det är svårt att anpassa och bygga om städer som är konstruerade med helt andra system efter dagens rådande lösningar och behov. Detta visar en barriär i planeringen som gäller både städer i kallare och varmare klimat, att det är svårt att ändra system som hela städer är byggda efter och att det finns stora svårigheter i att göra om städer i grunden samt att det är kostsamt.

Det finns ändå lösningar som kanske kan appliceras i städer som förtätas även i kallare klimat. Kuoppamäki (2021) redogör i sin studie att gröna tak kan vara effektiva lösningar även i kallare och mer varierade klimat och att infiltration är möjlig även i frysta materialstrukturer om det är uppbyggt med grövre material. Gröna tak kan alltså vara en lösning i förtätade städer som saknar utrymmen samt där annan mark fryser.

4.2.2 Multidisciplinärt och gränsöverskridande arbete

Koder: GS, LK, AT

En utmaning med dagvattenhantering är att det är ett multidisciplinärt område där olika kunskaper och perspektiv behövs för att skapa effektiv planering. Detta är ett ämne som tas upp i flera av de vetenskapliga artiklarna i urvalet och berör olika utmaningar gällande att arbeta gränsöverskridande med kunskap. Chen och Gaspari (2023) framför som slutsats i sin studie att det finns få exempel där olika naturbaserade lösningar kombineras och att det finns få exempel där lösningarna tillämpats, mycket på grund av bristande styrning. Många olika lösningar har alltså utvecklats men det återstår att kunna få dessa att samspela. Moravej et al. (2022) framför även att arkitekter har en viktig roll i vattenplaneringen i stadsmiljö och att det tidigare har varit stort fokus på tekniska lösningar, vilka skulle kunna bli mer effektiva om de var en del i gestaltningen. Det finns alltså kunskaper som behöver överbryggas där tekniska lösningar behöver implementeras i gestaltningsprocesser för att kunna anpassas och bli så effektiva som möjligt för en specifik miljö. Riktlinjer och gestaltningsprinciper skulle kunna underlätta att väva design och teknik samman i arbetet med dagvattenhantering och skapa mer flexibilitet (Ibid). Att endast använda färdiga tekniska lösningar är kanske inte det som passar specifika platser bäst utan genom

gestaltning kan man arbeta med en plats utformning och effektivisera lösningarna. I arbetet med mer komplexa lösningar i en förtätad miljö så krävs då att olika kunskapsområden samspelar.

4.2.3 Olika intressen och styrning

Koder: GS, AT, EM, LK, WDP, PC, KK

Urban dagvattenhantering är komplex, inte bara ur ett tekniskt perspektiv utan också på grund av de många inblandade intressenterna samt de regler och förordningar som varierar mellan olika länder och städer. Trots dessa utmaningar är dagvattenhantering avgörande för det mänskliga samhället. Som Strauss-Mazzullo (2025: 2) påstår: "In this dialectical relationship, neither society nor water is an independent entity." Dagvattenhantering kräver åtgärder på olika skalor, från individnivå till EU-direktiv och globala mål.

Regler och riktlinjer

Europeiska kommissionen har fastställt riktlinjer som påverkar stadsplanering och strategier för översvämningshantering. Till exempel finns det nu gränser för markförsegling i nya områden samt åtgärder för att mildra eller kompensera för befintliga förseglade ytor (Pérez Cambra et al. 2025). Detta driver vissa europeiska städer att börja avförsegla marken, vilket kan gynna hanteringen av dagvatten i städer (Ibid.).

Folkhälsoföreskrifter kan också kräva nya regler för översvämningsåtgärder och minskade mängder av skadliga ämnen. Trots detta är avrinning från städer, liksom från jordbruk, fortfarande ofta oreglerat genom miljökrav (Strauss-Mazzullo 2025). Strauss-Mazzullo (2025) framför att nya bedömningar av miljökvalitetsnormer och riktmärken nu fastställs vilket gör det troligt att avrinning från städer snart också kommer att omfattas av dessa folkhälsoföreskrifter.

Hållbarhets- samt klimatmål kan också driva regeländringar och utveckling av nya system. Konventionella system är ofta oflexibla och förändringar sker stegvis, vilket kan hindra dem från att uppnå klimatmålen. Åldrande grå infrastruktur kräver betydande underhåll och kan även behöva bytas ut, vilket innebär en betydande investering av både tid och pengar för lokala kommuner. Dessutom finns komplexiteter med att dessa system ofta är belägna under marken och svårare att ersätta. Att fortsätta med samma strategier som tidigare kan därför misslyckas med att uppfylla klimatmålen, vilket tvingar fram innovation och flexibilitet inom systemen (Monachese et al. 2024).

Flexibilitet är nödvändig för att städer ska kunna anpassas till förändringar i befolkning, vattenbehov och markanvändning samt för att hantera framtida klimatförändringar (Monachese et al. 2024). Stadsplanerare och myndigheter måste först bedöma den nuvarande situationen och förstå de potentiella konsekvenserna och utmaningarna med att modernisera hållbara dräneringssystem i täta stadsmiljöer utifrån framtida scenarier (Meng et al. 2022; Monachese et al. 2024). Att förstå dessa viktiga faktorer är grundläggande för att utforma motståndskraftiga, resilienta städer och program för dagvattenhantering.

Klimatförändring och behov av flexibilitet

Klimatförändring skapar betydande utmaningar för urban dagvattenhantering som ofta är utformad för att motstå tröskelvärden baserade på historiska vädermönster (Pons et al. 2022). Till exempel leder klimatförändringarna i Barcelona till sammansatta händelser av torra, frekvent intensivt regn och värmeböljor, vilket tvingar fram utvecklingen av nya miljöstrategier, särskilt för översvämnings- och dagvattenhantering (Pérez Cambra et al. 2025). I Finland drivs nya dagvattenstrategier och etablering av naturbaserade lösningar också av fluktuationer i frys- och smält mönster orsakade av klimatförändringar (Strauss-Mazzullo 2025). Hela Rovaniemis stadsbild förväntas sannolikt förändras i följd av klimatförändringar (Ibid.). En föreslagen strategi för grön-blå infrastruktur kan ha en transformativ effekt för en stad som tidigare tog bort stadsträd som hindrade snöröjning (Ibid.). Utmaningar med att anpassa städer för framtida förhållanden är alltså bland annat att klimatet hela tiden förändras och det är svårt att utgå från tidigare mönster. Därför kan man identifiera att det behövs flexibilitet som klarar variationer.

Även länder eller kommuner med väl etablerade regler för urban dagvattenhantering måste uppdatera dessa för att möta förändrade behov. Exempelvis uppdaterades översvämningsplanen för Japan 2015 för att inkludera grön infrastruktur och återspegla nya normer och kunskaper, såsom ekosystemtjänster, biologisk mångfald samt stads- och landskaps attraktivitet (Taura et al. 2021). Förändrade normer driver också den obligatoriska kompensationen av markförsegling genom att öka infiltrationen i grönområden eller genom genomsläppliga markbeläggningar i Barcelona (Pérez Cambra et al. 2025). Det finns alltså exempel på städer och länder som har börjat arbeta mer med flexibilitet och anpassningar på grund av ny kunskap och nya strategier.

Utmaningar vid implementering

Att implementera naturbaserade lösningar i ett dräneringssystem kan vara utmanande på grund av regleringshinder, ekonomiska begränsningar, behov av

förebyggande underhåll samt allmänhetens uppfattning, särskilt oro för vattenkvaliteten (Monachese et al. 2024). Aktuella kostnader och prestanda varierar beroende på kontexten och lokala förhållanden men detta samband identifieras i litteraturen både som en barriär och ett kriterie vid implementering av naturbaserade lösningar. (Wilbers et al. 2022; Tansar et al. 2023). Multifunktionell grön infrastruktur kan bidra till att övervinna dessa hinder eftersom den är effektiv både vad gäller hydrologisk prestanda och kostnadseffektivitet, två centrala aspekter för beslutsfattare och stadsplanerare (Rahman et al. 2025). Deltagande planering gör det möjligt för stadsplanerare att utbilda allmänheten om de potentiella fördelarna med översvämningsåtgärder samtidigt som de anpassas till lokala preferenser och behov (Ibid.). Detta framåtblickande strategi bidrar till flexibilitet, vilket underlättar för städer att etablera adaptiva åtgärder för översvämningskontroll, en central del av klimatesiliens (Rahman et al. 2025).

Privata aktörer, samhälle och samarbete

Strategier för att förbättra hållbarhet och livskvalitet i städer bör inkludera medborgarnas deltagande och preferenser (Wilbers et al. 2022). I Seoul, Sydkorea, betonade feedback från invånare behovet av förbättrad infrastruktur, vilket ledde till prioritering av insatser med grön infrastruktur som kan ge både översvämningshantering och socioekonomiska fördelar (Rahman et al. 2025). Stöd från lokalsamhällen är avgörande för ett framgångsrikt genomförande av dagvattenhantering (Meng et al. 2022; Strauss-Mazzullo 2025). Detta visar att deltagande och inkludering kan ha en effekt på dagvattenhantering.

I litteraturen lyfts det fram att naturbaserade lösningar fungerar väl som en serie småskaliga insatser, vilket gör implementeringen på privatägd mark en viktig del av urban dagvattenhantering (Lashford et al. 2020). Taura et al. (2021) redogör att workshops med experter och markägare kan möjliggöra iterativa processer med kunskapsutbyte som kan underlätta skapande av kontextbaserade lösningar och samtidigt stärka samhällsrelationer. Återigen nämns deltagande som en viktig faktor för att skapa effektiva strategier.

Samarbete och konsensusbyggande är avgörande för att implementera attraktiva översvämningsåtgärder som lätt accepteras av markägare och samhällen. Rovaniemi i Finland har aktivt försökt förbättra kommunikation med invånarna och öka medvetenheten om naturbaserade lösningar och dagvattenhantering för att bemöta tidigare motstånd (Strauss-Mazzullo 2025). En samarbetsprocess möjliggör också anpassning av metoder till den unika kulturella och miljömässiga kontexten samt ett införlivande av traditionella tekniker för dagvattenhantering (Taura et al. 2021).

Sociala och ekonomiska hinder

Privata markägares och invånares åtgärder och engagemang är ofta avgörande för att översvämningsåtgärder ska lyckas, men vissa strategier för dagvattenhantering kräver ett tvingande engagemang från boende. Hög kostnad kan också leda till konflikter mellan invånare och myndigheter (Strauss-Mazzullo 2025). För att minska kostnaderna föredrar vissa regeringar naturbaserade lösningsstrategier installerade som offentlig-privat samverkan (eng. public-private partnerships eller PPP), där invånarna bidrar till finansiering av implementeringen (Wilbers et al. 2022). Detta är vanligt vid regnvattenuppsamling, vilket även kräver att den privata markägaren underhåller systemet genom att regelbundet tömma regnvattentunnor. Även om den initiala kostnaden kan fås tillbaka genom användning av uppsamlat vatten, kan underhållskraven vara svåra att acceptera (Qin 2020). Detta är problematiskt eftersom den hydrologiska prestandan är beroende av enskilda markägares agerande. System som kräver beteendeförändringar från individer påverkas ofta av bredare kulturella eller sociala normer (Pérez Cambra et al. 2025; Qin 2020).

4.2.4 Utmaningar för urbana miljöer

Koder: SP, UGS, HY, GR, PP, BS, RG

Fysisk planering

Fysisk planering kan avsevärt minska vattenansamlingar i städer. Mängden ogenomtränglig yta, fördelningen av infiltrationsområden (det vill säga grönområden), avloppsförhållanden samt topografi (som styr ytvattenflöden) påverkar prestandan hos naturbaserade lösningar (Zellner och Massey 2024; Huang et al. 2025). Litteraturen belyser fysisk planerings roll genom att visa samspelet mellan dessa faktorer och deras inverkan på effektiviteten.

Tillämpningen av flera naturbaserade lösningar leder till betydande förbättringar av dagvattenhanteringen, även vid intensiva regnfall (Marchioni et al. 2025). Rosenberger et al. (2021) visar att system som kombinerar gröna tak, regnbäddar och genomsläppliga markbeläggningar kunde minska avrinningen med 38 %, vilket indikerar att kombinerade system bättre kan hantera kraftig nederbörd. Prestanda under intensiva regnfall är en utmaning för dagens system, men litteraturen uppvisar att redundans inom systemet genom en kombination av naturbaserade lösningar bidrar till detta. Andelen av arealen som omvandlats för naturbaserade lösningar (eng. spatial ratio), påverkar också deras effektivitet (Marchioni et al. 2025; Monachese et al. 2024).

Litteraturen betonar vidare att arrangemang av naturbaserade lösningar kan påverka prestandan. Neumann et al. (2024) förslår att en heterogen rumslig fördelning av naturbaserade lösningar fungerar bättre för översvämningsbegränsning än homogena fördelningar med samma implementeringsgrad. Ofta saknas denna aspekt i planeringspolicys som bara definierar ett minimalt antal grönområden utan att beakta hur placeringen kan påverka deras prestanda (Moravej et al. 2022). Decentraliserad dagvatteninfiltration är mer kostnadseffektiv och förbättrar det grågröna systemets funktionalitet genom att minimera risken för synkronisering av toppflöden som annars skulle kunna överstiga systemets kapacitet (Tansar et al. 2023).

Optimal planering av grå-grön infrastruktur måste beakta egenskaperna hos hela avrinningsområdet samt tekniska, ekonomiska och hydrauliska begränsningar. Lokala faktorer såsom typ, lokalisering och storlek på naturbaserade lösningar samt deras relation till gråinfrastrukturelement måste också beaktas. Effektiv fysisk planering för översvämningshantering kräver lokalisering av riskområden för översvämningsmen även identifiering av viktiga platser, såsom skolor, sjukhus, järnvägsstationer med flera som kan drabbas (Tansar et al. 2023).

Holistisk planering, vilken tar hänsyn till hydraulisk prestanda samtidigt som social och ekologisk hållbarhet, är särskilt viktig för grågröna infrastrukturelement (Liu och Zhang 2025). Zellner och Massey (2024) undersöker flödesvägslayouter för att fånga upp vatten där det flödar eller samlas i lågpunkter i syfte att optimera placeringen av biodiken och genomsläppliga markbeläggningar. Även om minskning av avrinning på lokal nivå var små kan deras samlade effekt frigöra avloppskapacitet på andra platser, vilket minskar den totala sannolikheten för översvämningsmen (Zellner och Massey 2024; Rahman et al. 2025). Holistisk planering och skapande av nätverk kan även förstärka andra aspekter av systemet genom att främja utvecklingen av ekologiska korridorer snarare än fragmenterade grönytor (Liu och Zhang 2025).

Förtätning, hårdgjorda ytor och urbana grönområden

Hållbar stadsplanering, design för dagvattenhantering och översvämningskontroll är ett brett och komplext område. Kontextspecifik planering kräver fokus på lokala faktorer samtidigt som hänsyn behöver tas till den övergripande landskapskontexten (Liu och Zhang 2025; Rahman et al 2025). Klimatförändringar och befolkningstillväxt ökar ytterligare komplexiteten i att balansera urbanisering, hydrologi och grönstruktur (Liu och Zhang 2025).

Det finns ett starkt samband mellan urbanisering och ökad dagvattenavrinning. Meng et al. (2022) hävdar att stadsutvecklingen har förändrat miljön i sådan utsträckning att avrinningsområdenas gränser i delar av Australien behöver omdefinieras. Förändringar i markanvändning till följd av urbanisering ökar drastiskt andelen ogenomträngliga ytor, vilket i sin tur leder till ökad dagvattenavrinning samtidigt som grundvatteninfiltration och evapotranspiration minskar (Meng et al. 2022; Rahman et al. 2025). Brister i fysisk planering och planering av grönområden försvagar ytterligare städernas förmåga att förebygga katastrofer orsakade av dagvatten (Rahman et al. 2025; Liu och Zhang 2025; Meng et al. 2022).

Ökad andel grönområden i städer medför en rad fördelar, däribland förbättrad dagvattenhantering, därför är det en gemensam prioritering för många kommuner (Liu och Zhang 2025; Wilbers et al. 2022; Strauss-Mazzullo 2025). Vissa städer tillför grönområden där det är möjligt, bland annat genom att öka andelen grönytor inom befintliga parker, som i Barcelona, där 78 % av stadens yta är täckt, samtidigt som stadens styrdokument begränsar möjligheterna att öka parkernas areal (Pérez Cambra et al. 2025). Det är viktigt att notera att Rahman et al. (2025) framhåller att en minskning av andelen ogenomträngliga ytor har större effekt än att öka antalet genomsläppliga ytor. Detta stöder Chen och Gaspari (2023), som påstår att en omfattande implementering av gröna tak kan vara ett mycket effektivt sätt att hantera dagvatten eftersom takytor utgör cirka 40–50 % av de totala ogenomträngliga ytorna i urbana miljöer. Sett till ytan så är gröna tak en bra lösning i täta städer med mindre markyta.

Även om värdet av grönområden är väl dokumenterat i litteraturen är de inte alltid en prioriterad fråga i praktiken. Meng et al. (2022) beskriver öppna ytor, parker, naturliga vattenvägar, trädgårdar och naturmark som de obebyggda områdena i ett avrinningsområde. På liknande sätt menar stadsingenjörer i Finland att det är alltför utmanande att tillföra grönska i stadskärnor och att närliggande skogsområden istället kan fylla en motsvarande funktion. Detta får Strauss-Mazzullo (2025) att problematisera tillgängligheten till grönområden för personer med fysiska eller ekonomiska begränsningar.

Naturbaserade lösningar som utformas för att underlätta dagvattenhantering har den gemensamma fördelen att de samtidigt ökar mängden grönområden i städer. Liu och Zhang (2025: 4) framhåller att nuvarande urbana grönområden ofta har begränsad funktion och rekommenderar en holistisk och integrerad planering för att "rationally and fully utilizing limited urban spatial resources". Detta kan stärka sociala värden, såsom förbättrad folkhälsa, ökade rekreativsmöjligheter, estetiska kvaliteter samt ekonomiska fördelar i form av stigande fastighetsvärden och turism (Strauss-Mazzullo 2025; Wilbers et al. 2022; Liu och Zhang 2025).

Ekologiska nyttor, utöver återställandet av den hydrologiska cykeln, omfattar ökad biologisk mångfald samt ekosystemtjänster såsom minskade urbana värmeeffekter och förbättrad luftkvalitet (Wilbers et al. 2022; Strauss-Mazzullo 2025). Multifunktionella grönområden skapar därmed synergier och stärker städernas resiliens mot klimatförändringar (Wilbers et al. 2022; Liu och Zhang 2025).

5. Analys – resilienstänkande inom dagvattenhantering i urbana miljöer

Litteraturen uppvisar tre återkommande komplexiteter som är centrala för att förstå resiliens i urban dagvattenhantering vid förtätning. Den första är komplexiteten mellan förtätningens ideal och hydrologiska kretslopp. De processer som skapar kompakta städer underminerar systematiskt naturlig infiltration. Den andra gäller skalans begränsning. Naturbaserade lösningar är effektiva lokalt men uppnår sällan den konnektivitet som krävs för resiliens på stadsnivå. Den tredje är institutionell. Tekniska lösningar finns men styrning och tvärdisciplinärt samarbete utgör barriärer för implementering. Dessa relationer analyseras nedan med stöd av resilienstänkandets principer, med Walker et al.:s (2004) definition av resiliens som analytisk utgångspunkt.

5.1 Spänning mellan förtätning och hydrologi

Förtätning stör långsamma hydrologiska processer som är svåra att återskapa. Denna destabilisering av hydrologiska system betonar vikten av princip tre i resilienstänkande: att skydda och hantera långsamma processer. Inom urbana miljöer betraktas grönområden ofta som outvecklade eller tomma (Nolin 2022). Denna syn har möjliggjort systematisk exploatering av genomsläppliga markytor såsom grönytor i takt med att städer förtätats mer intensivt. Dessa förändringar har en stor påverkan och har fundamentalt förändrat hydrologin i stadsområden. Som Meng et al. (2022) påpekar har urbaniseringen gjort det nödvändigt att omdefiniera lokala avrinningsområden, eftersom förändrad markanvändning och ökad andel hårdgjorda ytor fundamentalt har förändrat de hydrologiska egenskaper som används för att definiera deras gränser. Med stora delar förseglade ytor har vattnets kretslopp förändrats (Chen et al. 2025; Suresh et al. 2023). Denna minskning av markinfiltration är inte ett isolerat problem utan påverkar och destabiliserar naturliga hydrologiska processer. Det visar att förtätningens hydrologiska påverkan sträcker sig långt bortom översvämningensrisken.

Marchioni et al. (2025) påpekar att naturbaserade lösningar har en begränsad effekt på stora skalor. När lösningarna används i välplanerade kombinationer kan de dock minska den totala avrinningsvolymen som når den konventionella grå infrastrukturen, vilket minimerar översvämningensrisken (Costa et al. 2025; Li et al. 2020). Även om det finns en mångfald av åtgärder och redundans, nyckelbegrepp från princip ett i resilienstänkande, kan naturbaserade lösningar inte kompensera

för de störningar i långsamma processer som orsakas av förtätning. Detta är ett resiliensproblem, inte bara ett kapacitetsproblem. Konventionell grön infrastruktur är emellertid utformad utifrån historiska väderdata och inte för de förändrade nederbördsmönster som blir allt vanligare (Costa et al. 2025; Meng et al. 2022). Detta innebär att systemen är oförberedda för att klara framtida vattenmängder och att strategier därför behöver utvecklas ytterligare. Klimatförändringar skapar ytterligare komplikationer för dagvattenhantering i områden med kallt klimat eftersom snösmältningsmönster förändras och påverkar infiltration och långsamma processer som styr grundvattenbildning (Strauss-Mazzullo 2025).

Även om naturbaserade lösningar finns så behöver de också ytor för att kunna implementeras, något som det finns begränsningar av i urban miljö på grund av förtätning. Detta är en stor utmaning i skapande av resiliens men vissa lösningar såsom gröna tak kan vara yteffektiva samtidigt som de har begränsningar. Zellner och Massey (2024) framför att gröna tak kan fylla flera funktioner men att de inte är tillräckligt effektiva när det gäller dagvattenhantering. Vattenhantering genom tak räcker alltså inte utan andra ytor behöver användas för att kunna infiltrera de vattenmängder som kapaciteten måste klara.

Minskad infiltration påverkar inte bara översvämningsrisken utan även vattenkvaliteten och ekosystemens hälsa. Detta visar på behovet av princip fyra i resilienstänkande: att erkänna komplexitet och tillämpa ett systemperspektiv. Dagvatten kan lätt sprida föroreningar genom vattendragssystem, vilket hotar hälsan i hela ekosystem (Monachese et al. 2024). Liu och Zhang (2025) hävdar dock att markinfiltration är effektiv för att rena föroreningar från avrinning. Det är därför positivt om man kan öka markinfiltrationen. Grundvatten används även som dricksvatten i många delar av världen (Strauss-Mazzullo 2025). Detta visar att grundvattenbildning är en samhällskritisk resurs kopplad till urbana samhällens långsiktiga funktion. När ekologiska system destabiliseras påverkas även det sociala systemet, ofta på sätt som inte är omedelbart synliga. Detta mönster är centralt i social-ekologiska systems teori och påvisar varför dagvattenhantering inte kan behandlas som ett isolerat tekniskt problem. För att förebygga negativa konsekvenser och skapa resiliens så behövs då även lärande som nämns i princip fem, för att skapa kunskap kring hur de komplexa systemen påverkar varandra och vad som krävs för att hitta hållbara strategier framåt.

5.2 Samband mellan småskalig effektivitet och storskalig resiliens

Inga enskilda naturbaserade lösningar kan lösa problemen med urban dagvattenhantering. Naturbaserade lösningar är effektiva på bostadsområdesnivå, men deras effektivitet är begränsad i större skalor (Marchioni et al. 2025). Varje typ av naturbaserade lösningar har en kapacitetsgräns. Exempelvis kan gröna tak överbelastas vid kraftigt regn, genomsläppliga beläggningar kan bli igensatta och lagringssystemen har en begränsad volym (Qin 2020). Tansar et al. (2023) hävdar att ett kombinerat system med både grå, grön och blå infrastruktur är mer effektivt än enskilda lösningar. För att skapa resiliens bör strategier som stöttar upp varandra och skapar redundans i systemet kombineras eftersom enskilda lösningar överbelastas under extrema väderförhållanden. När en mångfald av naturbaserade lösningar implementeras tillsammans kan de skapa ett system med redundans, där deras funktioner kan samspela och komplettera varandra, vilket bidrar till resiliens enligt princip ett i resilienstänkande.

Åtgärder för dagvattenhantering uppnår inte systemens resiliens förrän de är funktionellt och rumsligt sammankopplade. Konnektivitet är därmed en avgörande variabel, som betonas av princip två i resilienstänkande. Rosenberger et al. (2021) framhäver att kombinerade system minskade avrinning med 38%, vilket indikerar att sammankoppling av olika lösningar har en mätbar effekt. Zellner och Massey (2024) påstår också att strategisk placering av naturbaserade lösningar bidrar till lokal minskning av avrinning vilket i sin tur kan frigöra kapacitet i andra delar av systemet. Placering och utbredning av lösningar är därför en viktig del av fungerande strategier för hantering av större vattenmängder. Neumann et al. (2024) menar även att en heterogen rumslig fördelning av naturbaserade lösningar fungerar bättre än en homogen fördelning. Det är alltså inte bara antalet implementerade naturbaserade lösningar och deras kombinationer utan även deras rumsliga arrangemang som bidrar till systemets resiliens genom att upprätthålla konnektivitet.

Konnektivitet kräver holistisk fysisk planering, något som ofta är svårt att samordna i planeringsprocesser. Princip fyra betonar ett systemperspektiv, vilket kräver ett skifte från planering av individuella lösningar till planering av helhetssystem. Naturbaserade lösningars prestanda är platsspecifika, vilket innebär att faktorer som topografi, dräneringsförmåga och fördelning av infiltrationsområde är avgörande (Huang et al. 2025; Zellner och Massey 2024). Detta ställer krav på planeringen och att strategier måste anpassas efter plats. Vissa planeringspolicys definierar endast ett minimikrav på antal grönområden utan att ta hänsyn till deras placering, vilket äventyrar deras övergripande funktionalitet (Moravej et al. 2022). Utöver sin roll i dagvattenhantering är

fragmenterade grönområden mindre effektiva än sammankopplade ekologiska korridorer (Liu och Zhang 2025). I planeringsprocessen bör det därför prioriteras att planera storskaliga system som förbättrar effektiviteten av grönområdena. Det är också viktigt att ta hänsyn till lokalisering och hur översvämningar eller element för dagvattenhantering kan påverka känsliga platser med högt socialt värde, såsom skolor och sjukhus, en process som kräver mångfald av kunskap (Tansar et al. 2023). Att uppnå konnektivitet kräver fysisk planering, styrning och designkompetens, inte enbart tekniska lösningar. Detta belyser den roll landskapsarkitekter kan spela i utvecklingen av resilienstagande genom sin förmåga att integrera rumsliga, ekologiska och sociala aspekter i ett sammanhållet system.

5.3 Luckor mellan teknisk kunskap och styrning

Teknisk kunskap om naturbaserade lösningar finns men den är inte integrerad i designprocessen, vilket minskar deras effektivitet. Princip fem framhäver att lärande är en förutsättning för anpassningsförmåga och resiliens, därför måste planering prioritera lärande och samordning av olika discipliner. Moravej et al. (2022) framhäver att arkitekter har en viktig roll men att tekniska lösningar ofta planeras isolerat från gestaltning och att tydliga riktlinjer och designprinciper skulle kunna bidra till ökad flexibilitet i planeringsprocessen. Chen och Gaspari (2023) hävdar också att bristande styrning gör att kombinerade naturbaserade lösningar är ovanliga i praktiken trots deras dokumenterade effektivitet. Detta visar att det finns brister i planeringen och det gränsöverskridande arbetet. Taura et al. (2021) belyser att workshops möjliggjorde kunskapsutbyte mellan experter och lokala aktörer, vilket hade en positiv effekt på både hydrologi och samhällsrelationer. Ett system där tekniska och designrelaterade kunskaper integreras har därför en strukturellt bättre förmåga att anpassa sig till nya förhållanden.

Deltagande planering är inte bara ett demokratiskt ideal. Enligt princip sex är det också funktionellt nödvändigt för resiliens. Lokala kunskaper kan fungera som en resurs, exempelvis i Seoul där invånare utvecklade en positiv hållning till naturbaserade lösningar på grund av sina egna erfarenheter av översvämningar (Rahman et al. 2025). Utöver lokalkunskap möjliggör samarbetsprocesser även anpassning till kulturella och miljömässiga sammanhang (Taura et al. 2021). Att inkludera invånare och olika aktörer kan på så sätt bidra till förändring i planering och att fler perspektiv representeras. Offentlig och privat samverkan kräver att privatpersoner bidrar till underhåll av systemen, vilket förutsätter ägandeskap och grundläggande kunskap (Wilbers et al. 2022). Informationsspridning kan också bidra till att hantera tidigare motstånd mot naturbaserade lösningar, vilket observerades i Rovaniemi, Finland (Strauss-Mazzullo 2025). Invånares motstånd

mot nya lösningar i urban miljö kan vara ett tecken på bristande deltagande i planeringsprocessen. Naturbaserade lösningar som implementeras utan lokalt ägarskap är sårbara för socialt motstånd och bristande underhåll, vilket påverkar deras hydrologiska prestanda. Detta indikerar att större inkludering av medborgare är en förutsättning för mer hållbar planering. Princip fem och sex i resiliensänkande är tätt sammanflätade då utan lärande och deltagande undergrävs både implementering och underhåll av naturbaserade lösningar.

Resiliens i dagvattenhantering kräver att olika styrningsnivåer samverkar, i enlighet med princip sju. Europeiska kommissionen har fastställt riktlinjer, såsom gränser för tillåten andel förseglad mark i stadsmiljöer, som driver förändringar på lokal nivå (Pérez Cambra et al. 2025). Japan har också uppdaterat sin översvämningsplan och integrerat grön infrastruktur (Taura et al. 2021). Detta visar att styrning och regler kan skapa omfattande åtgärder vilket förändrar hur naturbaserade lösningar implementeras. Konventionella system med grå infrastruktur är oflexibla och anpassas inte till nya behov (Monachese et al. 2024). Detta visar att styrning måste gå bortom implementering och möjliggöra grundläggande omställning. När anpassningsåtgärder inte längre räcker krävs förändringar i de institutionella strukturer som styr hur städer planeras och förvaltas (Walker et al. 2004). En sådan omvandling representerar den mest djupgående formen av resiliens. Sådana omvandlingar kan krävas i styrning och lagar för att möjliggöra större förändringar när det gäller planering av dagvattenhantering i städer som förtätas.

5.4 Sammanfattning analys

De tre komplexiteterna som kan identifieras i litteraturen förstärker på flera sätt varandra. Förtätning som minskar den hydrauliska kapaciteten och infiltration kräver sammankopplade system med konnektivitet och olika strategier, vilka i sin tur kräver institutionell kapacitet att planera och implementera dem. Resiliens i dagvattenhantering i urbana miljöer är därför inte enbart ett tekniskt problem utan ett problem för de social-ekologiska systemen eftersom de behöver samverka för att bli effektiva.

Denna komplexitet ligger i linje med Walker et al. (2004) som framför att resiliens handlar om att upprätthålla systemets funktion under förändringar. De tre komplexiteterna utgör inte bara separata utmaningar utan representerar en systemlogik som binder dem samman, något som resiliensänkandets sju principer synliggör. För att möjliggöra resiliens krävs styrning som driver bred, multidisciplinär planering tillsammans med en effektiv kombination av strategier där hydrologiska system upprätthålls trots förtätning och ökade mängder vatten att hantera. En grundläggande omstrukturering av stadsplanering i relation till

hydrologiska system krävs, inte bara tekniska eller institutionella justeringar. Detta understryker behovet av omvandlingsförmåga för att skapa system som kan hantera framtidens utmaningar i urban miljö.

6. Diskussion och slutsats

6.1 Resilienstänkande och landskapsarkitektur

Förtätning och det hydrologiska systemets resiliens är inte oförenliga men skulle kunna hanteras på andra sätt med olika strategier i dagens planeringsprocesser. Dagvattenhantering bör vara en kärnprincip i stadsutveckling och inte ett tekniskt tillägg. Kombinerade blå-grön-grå infrastrukturens system med hög konnektivitet kan delvis kompensera för minskad naturlig markinfiltration vid förtätning (Rosenberger et al. 2021; Tansar et al. 2023). Det krävs dock att vattenplaneringen integreras från början i gestaltungsprocessen för att möjliggöra helhetslösningar.

Den flexibla styrning som resiliens kräver saknas i de planeringsprocesser som litteraturen beskriver. Även välutformade system som implementerar naturbaserade lösningar är svåra att skala upp effektivt och kräver kontinuerlig tillsyn (Marchioni et al. et al. 2025). De är dessutom känsliga för klimatförhållanden som förändras snabbare än planeringsprocesser hinner anpassa sig till. Stadsplaneringen måste därför ta hänsyn till klimatförändringarna och utveckla nya ramverk för beslutsfattande (Pons et al. 2022; Strauss-Mazzullo 2025). Detta skulle kunna möjliggöra mer adaptiv och långsiktig planering.

Den största utmaningen för effektiv dagvattenhantering i urbana miljöer är institutionell snarare än teknisk, vilket innebär att lösningar måste sökas i beslutsprocesser och styrning, inte bara i tekniska åtgärder. Förtätning drivs ofta av ekonomiska och politiska intressen, medan hydrologiska processer kräver långsiktiga investeringar vars fördelar är diffusa och svåra att kvantifiera. Varken implementering av naturbaserade lösningar eller förändringar av styrningsprinciper kan ensamma lösa detta problem eftersom de är sammankopplade. Tekniska lösningar förutsätter fysisk planering, fysisk planering förutsätter styrning, och styrning förutsätter en grundläggande omställning där hydrologiska ekosystemtjänster utgör en central princip i stadsplanering.

Landskapsarkitekter kan bidra till lösningar genom förmågan att integrera platsberoende, mänskliga och ekologiska faktorer i ett komplext system. Moravej et al. (2022) betonar att det finns en kunskapslucka mellan teknisk och designrelaterad kunskap. Landskapsarkitekter kan bidra till ett unikt perspektiv som ingenjörer och stadsplanerare ofta saknar. Effektiv implementering av naturbaserade lösningar måste ta hänsyn till faktorer såsom topografi och markens egenskaper eftersom deras prestanda är kontextberoende (Marchioni et al. et al.

2025; Liu och Zhang 2025). Landskaps- och platsanalys möjliggör detta samtidigt som det tas hänsyn till ekologiska faktorer och mänskliga behov. Detta möjliggör naturbaserade lösningar som erbjuder hydrologiska funktioner samtidigt som de bidrar med ekologiska värden, exempelvis gröna tak som fungerar som livsmiljöer eller blågrön infrastruktur som fungerar som ekologiska korridorer (Wilbers et al. 2022; Liu och Zhang 2025). I litteraturen kunde man även se att växtval i olika naturbaserade lösningar också spelar roll då de har olika egenskaper och tål olika förhållanden. Där kan landskapsarkitektens roll ytterligare bidra till att kombinera olika kunskap för att skapa så effektiva lösningar som möjligt. Det är många olika faktorer som spelar in i naturbaserade lösningar och det krävs mer multifunktionella perspektiv.

Ett landskapsarkitekturperspektiv kan belysa multifunktionalitet av grönytor, vilket säkerställer att de bevaras i urbana miljöer. Multifunktionella lösningar är nödvändiga för att skapa förtätade miljöer som tar hänsyn till de sociala, ekologiska och estetiska värden som behövs i en stad. Detta innebär att planering behöver ske på flera skalor och att flera komplexa system måste samverka. Landskapsplanering, i kombination med tydliga riktlinjer och styrning, är väl lämpad att möta denna utmaning.

Landskapsarkitekter besitter kompetens för att överbrygga estetik och funktion inom blå-grön-gråa infrastruktursystem. Dessa system har potential att både hantera dagvatten och samtidigt bidra till ekologiska och kulturella värden i urban miljöer (Liu och Zhang 2025). En kombination av olika naturbaserade lösningar möjliggör att infiltration sker naturligt, vilket gynnar både vattenrening och upprätthållandet av långsamma hydrologiska processer. Samtidigt kan grå infrastruktur hantera stora vattenmängder vid kraftig nederbörd, vilket innebär att även dessa system behövs. I ett idealt system krävs grönytor som gör systemet mer självreglerande och minskar belastningen på teknisk infrastruktur. Detta kräver multidisciplinärt samarbete där landskapsarkitekters kunskap integreras tidigt i planeringsprocessen.

Landskapsarkitektens roll i dagvattenhantering måste därför integreras tidigt i planeringsprocessen och inte komma in för sent. Multidisciplinärt samarbete kan underlätta skapandet av effektiva system där olika funktioner samspelar och där grönytor och infrastruktur klarar den belastning som ökade regnmängder kan orsaka. Landskapsarkitekter kan bidra till detta genom sin unika kunskap, vilket gör det möjligt för dem att syntetisera tekniska, ekologiska och mänskliga behov. Systemet idag kan anpassas för att skapa resiliens, men det krävs mer genomgripande förändringar för att utveckla nya arbetssätt som möjliggör mer flexibla förhållningssätt i planeringen. Utan omvandlingsförmåga riskerar både

naturbaserade lösningar och styrning att förbli inkrementella anpassningar istället för att bidra till långsiktig resiliens.

6.2 Metodkritik

Litteraturoversikter är användbara för att syntetisera stora mängder forskning och för att orientera sig inom ett forskningsfält men metoden har också begränsningar. Dagvattenhantering i urbana miljöer är ett tvärvetenskapligt ämne, vilket innebär att forskningsvolymen är mycket stor och gör en heltäckande genomgång svår att genomföra. Av denna anledning avgränsades studiens omfattning genom kriterier kopplade till publiceringsår, disciplin och ämnesområde, med särskilt fokus på naturbaserade lösningar. Endast 30 artiklar inkluderades i studien, vilket innebär att analysen baseras på en begränsad del av den totala forskningen inom området.

Dessa avgränsningar var nödvändiga för att möjliggöra en hanterbar studie samtidigt som det innebär en risk att relevant eller betydande litteratur exkluderades om den inte uppfyllde de uppställda kriterierna i urvalet. Det finns även en potentiell risk för bias i sökprocessen, särskilt vid manuell granskning och filtrering av artiklar. Sökorden styrde också disciplinerna som inkluderades i studien, vilket innebär att exempelvis sociala aspekter underrepresenterades även om det är viktiga faktorer i urbana miljöer. Vidare kan valet att fokusera på naturbaserade lösningar ha påverkat sökresultaten och därmed bidragit till en viss snedvridning i det material som inkluderades i analysen.

Tematisk analys som metod är användbar för att identifiera mönster och spänningar, särskilt inom ett tvärvetenskapligt forskningsområde. Metoden möjliggjorde tolkningar på systemnivå men kan samtidigt sakna nyanser, särskilt när det gäller komplexiteten i implementeringen av naturbaserade lösningar. Fallstudier, såsom Taura et al. (2021) och Strauss-Mazzullo (2025), visar hur lokala faktorer kan spela en avgörande roll i implementeringsprocessen, en nyans som en bred tematisk analys inte alltid fångar på ett effektivt sätt.

Kodningsprocessen i sig är tolkande, vilket medför vissa metodologiska risker. Studien tillämpade deduktiva koder, vilket kan innebära en inbyggd bias genom att analysen i viss mån styrs av förutbestämda kategorier. Samtidigt användes även induktiva koder för att möjliggöra identifiering av framväxande teman. Trots detta finns en risk att vissa aspekter i litteraturen har förbisetts, särskilt sådana som är underrepresenterade i materialet.

Valet av resilienstänkande som analytiskt ramverk möjliggjorde en analys av hur tekniska, ekologiska och institutionella faktorer samverkar, men fokuset på de sju principerna innebär att andra aspekter av SES-teori, såsom feedback-loopar och

panarki, inte fångades. Därutöver riskerar detta val att minimera vikten av ekonomiska drivkrafter och maktförhållanden som styr vilka lösningar som prioriteras i praktiken.

6.3 Reflektion och framtida forskning

Litteraturen visar tydliga spänningar rörande vad som kan betraktas som optimal implementering av naturbaserade lösningar. I en stor skala så påverkar klimat, urbanisering, population, vatten och ekonomi hur systemet samspelar. En betydande andel av studierna utgörs av platsspecifika fallstudier, vilket indikerar att olika typer av naturbaserade lösningar uppvisar starkt kontextberoende vad gäller funktion och effektivitet. Trots denna variation finns en relativt bred konsensus om att integrerade strategier, där flera typer av naturbaserade lösningar kombineras och samverkar med konventionell grå infrastruktur, generellt bidrar till att minska översvämningsrisken i urbana miljöer.

Naturbaserade lösningars prestanda är kontextberoende, vilket innebär att det finns ett behov av mer forskning från nordiska förhållanden. Problemen kring snösmältningsmönster som Strauss-Mazzullo (2025) beskriver krävs ytterligare forskning, särskilt hydrologisk modellering för att få en djupare förståelse för framtidens utmaningar och förebygga överbelastning av dagvattenhanteringssystemet.

Landskapsarkitekturens specifika bidrag till resiliens i dagvattenhantering skulle också kunna undersökas mer systematiskt i framtida forskning. Exempelvis genom fallstudier av multidisciplinära planeringsprocesser där disciplinen integrerats tidigt. Framtidens forskning kan också operationalisera andra aspekter av SES. Fördjupad förståelse av komplexiteten och samspelet mellan tekniska, sociala och ekologiska system skulle kunna utforskas vidare genom feedback-loopar där olika systems förhållanden kan synliggöras enligt Walker et al. (2004). Luckor mellan teknisk kunskap och implementering skulle också kunna utforskas ytterligare genom att använda teori om institutionella aktörer och styrning inom SES.

Urbana dagvattensystem kommer att förbli en komplex utmaning i framtidens stadsplanering. Social-ekologiska system och resilienstänkande utgör värdefulla analytiska perspektiv för att förstå komplexiteten i urban dagvattenhantering, särskilt i samband med förtätning och klimatförändringar, men deras fulla potential realiseras bara när de integreras i både forskning och praktik. Detta kräver den omvandlingsförmåga som uppsatsen argumenterar är nödvändig för långsiktig resiliens.

Referenser

- Ambrogi Ferreira do Lago, C., Shahrokh Hamedani, A., Mendiando, E.M. & Hofheinz Giacomoni, M. (2023). Simulation and optimization framework for evaluating the robustness of low-impact development placement solutions under climate change in a small urban catchment. *Hydrological Sciences Journal*. 68 (14), 2057–2074. <https://doi.org/10.1080/02626667.2023.2248137>
- Berghauser Pont, M., Haupt, P., Berg, P., Alstäde, V. & Heyman, A. (2021). Systematic review and comparison of densification effects and planning motivations. *Buildings & Cities*. 2 (1). <https://doi.org/10.5334/bc.125>
- Bibri, S.E., Krogstie, J. & Kärrholm, M. (2020). Compact city planning and development: Emerging practices and strategies for achieving the goals of sustainability. *Developments in the Built Environment*. 4, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2020.100021>
- Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L. (2015). An introduction to the resilience approach and principles to sustain ecosystem services in social–ecological systems. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. 1-31. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.002>
- Biggs, R., Gordon, L., Raudsepp-Hearne, C., Schlüter, M & Walker, B. (2015). Principle 3 –Manage slow variables and feedbacks. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. 105-141. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.006>
- Bohensky, E.L., Evans, L.S., Anderies, J.M., Biggs, D & Fabricius, C. (2015). Principle 4 – Foster complex adaptive systems thinking. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press.142-173. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.007>
- Boverket. (2016). *Rätt tätt - en idéskrift om förtätning av städer och orter*. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2016/ideskrift-ratt-tatt.pdf> [2026-02-25]
- Boverket. (2018). *Tillsynsvägledning avseende översvämningsrisker*. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/tillsynsvagledning-avseende-oversvamningsrisker.pdf> [2026-01-20]
- Braun, V. & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*. 3 (2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Chen, C.-F., Chen, Y.-W. & Lin, J.-Y. (2025). Rain gardens can be combined with urban planning strategies to increase urban resilience. *Landscape and Ecological Engineering*, 21 (4), 813–827. <https://doi.org/10.1007/s11355-025-00678-1>

- Chen, Y. & Gaspari, J. (2023). Exploring an Integrated System for Urban Stormwater Management: A Systematic Literature Review of Solutions at Building and District Scales. *Sustainability*. 15 (13). <https://doi.org/10.3390/su15139984>
- Chinchella, E., Cauteruccio, A. & Lanza, L.G. (2025). Modelling the role of permeable pavements in mitigating pluvial flooding in Genoa, Italy. *Journal of Hydrology: Regional Studies*. 60, 102596. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102596>
- Costa, S., Peters, R., Martins, R., Postmes, L., Keizer, J.J. & Roebeling, P. (2021). Effectiveness of Nature-Based Solutions on Pluvial Flood Hazard Mitigation: The Case Study of the City of Eindhoven (The Netherlands). *Resources*. 10 (3). <https://doi.org/10.3390/resources10030024>
- Cundill, G., Leitch, A.M., Schultz, L., Armitage, D & Peterson, G. (2015). Principle 5 – Encourage learning. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. 174-200. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.008>
- Dakos, V., Quinlan, A., Baggio, J.A., Bennett, E., Bodin, Ö & Burnsilver, S. (2015). Principle 2 – Manage connectivity. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. 80-104. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.005>
- Directorate-General for Climate Action. (2023). *How climate change is disrupting rainfall patterns and putting our health at risk*. https://climate.ec.europa.eu/news-other-reads/news/how-climate-change-disrupting-rainfall-patterns-and-putting-our-health-risk-2023-08-03_en [2026-01-20]
- Eben, P., Duthweiler, S., Helmreich, B., Knoll, S., Moning, C., Stinshoff, P. & Pauleit, S. (2024). Thriving under multiple stressors: Performance of drought-tolerant perennials and their suitability for infiltration swales. *Urban Forestry & Urban Greening*. 101, 128535. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128535>
- European Environmental Agency (U.Å.). *Floods*. https://adventure.discomap.eea.europa.eu/experience/3/page/Floods?views=How-prepared-are-we%3F-%2CPhysical-injury#data_s=id%3AdataSource_36-1879945613c-layer-1%3A12 [2026-01-20]
- Europeiska kommissionen. (u.å.). *Klimatförändringar*. https://climate.ec.europa.eu/climate-change_sv [2026-02-25]
- Folke, C., Carpenter, S. R., Walker, B., Scheffer, M., Chapin, T., & Rockström, J. (2010). Resilience Thinking: Integrating Resilience, Adaptability and Transformability. *Ecology and Society*. 15(4). DOI: 10.5751/ES-03610-150420
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P. & Norberg, J. (2005). Adaptive governance of social-ecological systems. *Annual Review of Environment and Resources*. 30, 441–473. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144511>

- Globala målen. (2024). *Mål 11: Hållbara städer och samhällen*.
<https://globalamalen.se/om-globala-malen/mal-11-hallbara-stader-och-samhallen/>
 [2026-01-20]
- Holling, C.S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 4, 1–23. <https://www.jstor.org/stable/2096802> [2026-02-04]
- Huang, Z., Sun, Y., Fan, Y., Guan, R., Zhang, H., Zhao, L. & Zhang, B. (2025). Toward Urban Micro-Renewal: Integrating “BMP-Plan” and “LID-Design” for Enhanced Stormwater Control—A Case Study. *Water*. 17 (7).
<https://doi.org/10.3390/w17070992>
- IEA (2022). *Sweden Climate Resilience Policy Indicator*.
<https://www.iea.org/articles/sweden-climate-resilience-policy-indicator> [2026-01-29]
- IUCN (u.å.). *Nature-based solutions*. <https://iucn.org/our-work/nature-based-solutions>
 [2026-03-04]
- Kotschy, K., Biggs, R., Daw, T., Folke C & West, P.C. (2015). Principle 1 –Maintain diversity and redundancy. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. 50-79.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.004>
- Kuoppamäki, K. (2021). Vegetated roofs for managing stormwater quantity in cold climate. *Ecological Engineering*. 171, 106388.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2021.106388>
- Lashford, C., Charlesworth, S., Warwick, F. & Blackett, M. (2020). Modelling the Role of SuDS Management Trains in Minimising Flood Risk, Using MicroDrainage. *Water*. 12 (9). <https://doi.org/10.3390/w12092559>
- Leitch, A.M., Cundill, G., Schultz, L & Meek C.L. Principle 6 – Broaden participation. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. 201-225. <https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.009>
- Lhamidi, K. & El Khattabi, J. (2025). Enhancing the hydrological performance of Low Impact Development infrastructure through earthworm activity and vegetation dynamics for mitigating urban flooding. *Ecological Engineering*. 221, 107786.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2025.107786>
- Li, Y., Huang, J.J., Hu, M., Yang, H. & Tanaka, K. (2020). Design of low impact development in the urban context considering hydrological performance and life-cycle cost. *Journal of Flood Risk Management*. 13 (3), e12625.
<https://doi.org/10.1111/jfr3.12625>
- Liu, N. & Zhang, F. (2025). Urban green spaces and flood disaster management: toward sustainable urban design. *Frontiers in Public Health*. 13.
<https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1583978>

- Marchioni et al., M., Raimondi F., Becciu G., Dresti, C. (2025). Nature-based solutions for watershed management: An investigation on water-related ecosystem services delivery at multiple spatial scales. *Ecosystem services*. 73. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2025.101718>
- Marrazzo, G. & Raimondi, A. (2025). The role of urban trees as nature-based solutions for stormwater runoff control. *Urban Forestry & Urban Greening*. 103, 128598. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128598>
- Meng, X., Li, X., Nghiem, L.D., Ruiz, E., Johir, M.A., Gao, L. & Wang, Q. (2022). Improved stormwater management through the combination of the conventional water sensitive urban design and stormwater pipeline network. *Process Safety and Environmental Protection*. 159, 1164–1173. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.02.003>
- Monachese, A.P., Gómez-Villarino, M.T., López-Santiago, J., Sanz, E., Almeida-Ñauñay, A.F. & Zubelzu, S. (2024). Challenges and Innovations in Urban Drainage Systems: Sustainable Drainage Systems Focus. *Water*. 17 (1). <https://doi.org/10.3390/w17010076>
- Moravej, M., Renouf, M.A., Kenway, S. & Urich, C. (2022). What roles do architectural design and on-site water servicing technologies play in the water performance of residential infill? *Water Research*. 213. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118109>
- Neumann, J., Scheid, C. & Dittmer, U. (2024). Potential of Decentral Nature-Based Solutions for Mitigation of Pluvial Floods in Urban Areas—A Simulation Study Based on 1D/2D Coupled Modeling. *Water*. 16 (6). <https://doi.org/10.3390/w16060811>
- Nolin, C. (2022). Vålfärdssamhällets vardagslandskap under press. *Bebyggelsehistorisk tidskrift*. 82, 82–101. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-491604> [2026-01-29]
- Pérez Cambra, M. del M., Martínez Santafé, M.D. & Roca Cladera, J. (2025). Exploring the mitigation of compound events in Barcelona: Urban water scarcity, flood risk and reduction of surface temperatures through water-sensitive urban design. *Urban Climate*. 59, 102298. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102298>
- Pons, V., Muthanna, T.M., Sivertsen, E. & Bertrand-Krajewski, J.-L. (2022). Revising green roof design methods with downscaling model of rainfall time series. *Water Science and Technology*. 85 (5), 1363–1371. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.023>
- Qin, Y. (2020). Urban Flooding Mitigation Techniques: A Systematic Review and Future Studies. *Water*. 12 (12). <https://doi.org/10.3390/w12123579>
- Rahman, M.R., Kang, S., Lee, S. & Lee, J. (2025). A green infrastructure planning approach for enhanced flood control and resilience in urban areas. *Land Use Policy*. 153, 107535. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107535>
- Raimondi, A., Marrazzo, G., Sanfilippo, U. & Becciu, G. (2023). A probabilistic approach to stormwater runoff control through permeable pavements beneath urban

- trees. *Science of The Total Environment*. 905, 167196.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167196>
- Rosenberger, L., Leandro, J., Pauleit, S. & Erlwein, S. (2021). Sustainable stormwater management under the impact of climate change and urban densification. *Journal of Hydrology*. 596, 126137. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126137>
- Schimanke, S., Joelsson, M., Andersson, S., Carlund, L., Wern, L., Hellström, S. & Kjellström, E. (2022). *Observerad klimatförändring i Sverige 1860–2021*. (Klimatologi nr 69). SMHI. <https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2022-11-20-observerad-klimatforandring-i-sverige-1860-2021> [2026-02-25]
- Schoon, M.L., Robards, M.D., Meek, C.L. & Galaz, V. (2015). Principle 7 – Promote polycentric governance systems. I: Biggs, R., Schlüter, M & Schoon, M.L (red.) *Principles for Building Resilience: Sustaining Ecosystem Services in Social-Ecological Systems*. Cambridge University Press. 226-250.
<https://doi.org/10.1017/CBO9781316014240.010>
- SMHI. (u.å.). *Extremväder*.
<https://www.smhi.se/forskning/amnen/extremvader#Attribution> [2026-02-25]
- SMHI. (2025a). *Extremväder blir fler och kraftigare*.
<https://www.smhi.se/klimat/klimatlaget/viktig-fakta-om-klimatlaget/extremvader-blir-fler-och-kraftigare> [2026-02-25]
- SMHI. (2025b). *Precipitation*. <https://www.smhi.se/en/climate/tools-and-inspiration/climate-indicators/precipitation#:~:text=Based%20on%20the%20equalized%20values,150%20millimeters%20in%20present%20time>. [2026-01-29]
- Stevenson, M., Thompson, J., de Sá, T.H., Ewing, R., Mohan, D., McClure, R., Roberts, I., Tiwari, G., Giles-Corti, B., Sun, X., Wallace, M. & Woodcock, J. (2016). Land use, transport, and population health: estimating the health benefits of compact cities. *The Lancet*. 388 (10062), 2925–2935. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30067-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30067-8)
- Stockholm Resilience Center (2015a). *Applying resilience thinking*.
<https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-02-19-applying-resilience-thinking.html> [2026-03-09]
- Stockholm Resilience Center. (2015b). *What is resilience?*
<https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2015-02-19-what-is-resilience.html> [2026-03-09]
- Strauss-Mazzullo, H. (2025). Arctic urban water management: Rain and snow in Rovaniemi, Finland. *URBAN DESIGN International*.
<https://doi.org/10.1057/s41289-025-00279-2>
- Suresh, A., Pekkat, S. & Subbiah, S. (2023). Quantifying the efficacy of Low Impact Developments (LIDs) for flood reduction in micro-urban watersheds incorporating climate change. *Sustainable Cities and Society*. 95, 104601.
<https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104601>

- Tansar, H., Duan, H.-F. & Mark, O. (2023). A multi-objective decision-making framework for implementing green-grey infrastructures to enhance urban drainage system resilience. *Journal of Hydrology*. 620, 129381. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129381>
- Taura, F., Ohme, M. & Shimatani, Y. (2021). Collaborative Development of Green Infrastructure: Urban Flood Control Measures on Small-Scale Private Lands. *Journal of Disaster Research*. 16 (3), 457–468. <https://doi.org/10.20965/jdr.2021.p0457>
- Walker, B., Holling, C.S., Carpenter, S. & Kinzig, A. (2004). Ecology and Society: Resilience, Adaptability and Transformability in Social–ecological Systems. *Ecology and Society*. 9 (2). <https://doi.org/10.5751/ES-00650-090205>
- Wern, L. (2012). *Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900 - 2011*. (Meteorologi nr 2012-143). SMHI. <https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2012-07-09-extrem-nederbord-i-sverige-under-1-till-30-dygn-1900---2011> [2026-02-25]
- Wilbers, G.-J., Bruin, K. de, Seifert-Dähnn, I., Lekkerkerk, W., Li, H. & Ballinas, M.B.-P. (2022). Investing in Urban Blue–Green Infrastructure—Assessing the Costs and Benefits of Stormwater Management in a Peri-Urban Catchment in Oslo, Norway. *Sustainability*. 14 (3). <https://doi.org/10.3390/su14031934>
- Williams, K., Burton, E & Jenks, M. (1996). Achieving the Compact City through Intensification: An Acceptable Option? I: Williams, K., Burton, E och Jenks, M. (red.). *The Compact City: A Sustainable Urban Form?* Spon Press. 71-83. ISBN 0-203-37495-9
- Zellner, M.L. & Massey, D. (2024). Modeling benefits and tradeoffs of green infrastructure: Evaluating and extending parsimonious models for neighborhood stormwater planning. *Heliyon*. 10 (5), e27007. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27007>

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

JA, jag, Emmy Röjerås har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

JA, jag, Ariane Robertson har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.