

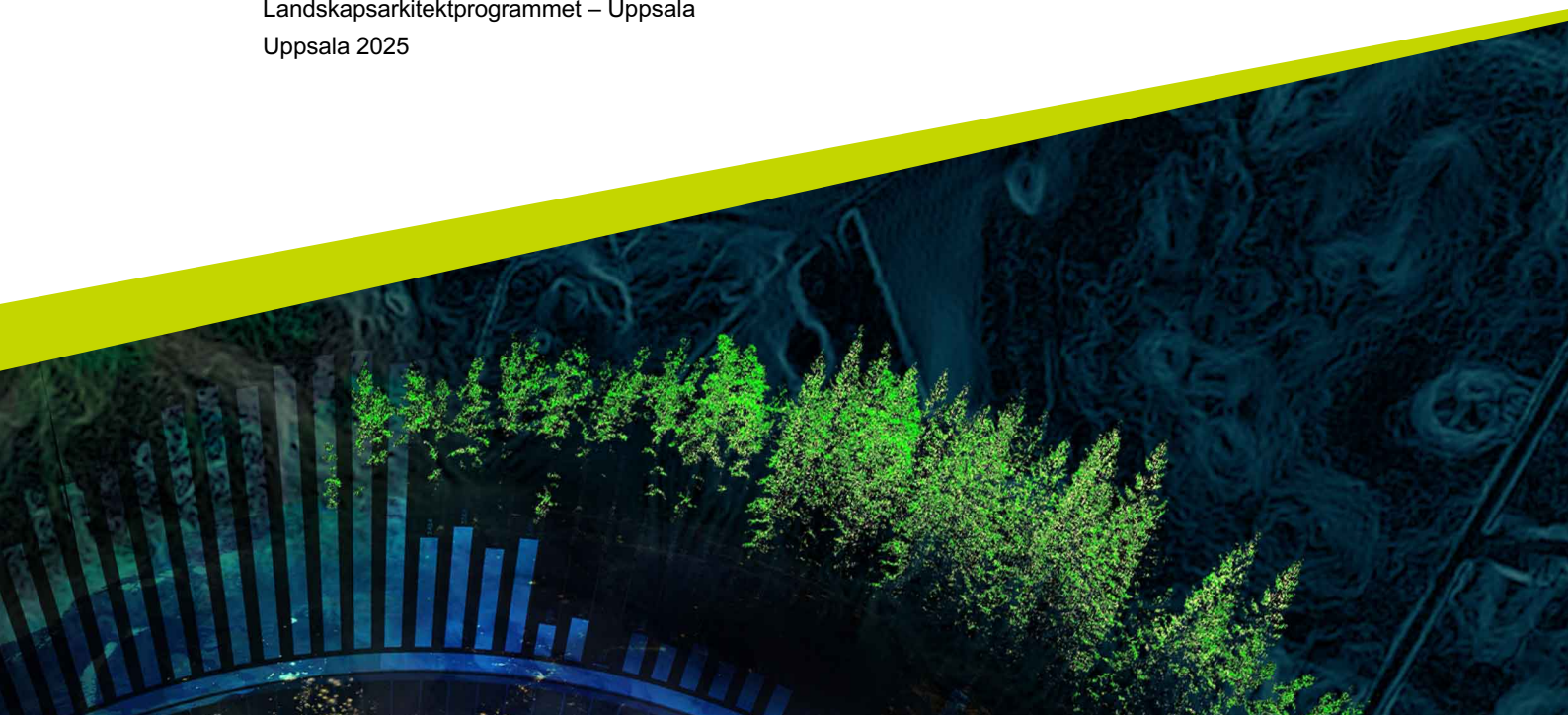


Historiska lärdomar möter framtida klimatförändringar

Hur forntida Egypten och Machu Picchu kan bidra
till svensk dagvattenhantering

Lovisa Runåker & Elsa Styrenius

Examensarbete/Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Landskapsarkitekturprogrammet – Uppsala
Uppsala 2025



Historiska lärdomar möter framtida klimatförändringar. Hur forntida Egypten och Machu Picchu kan bidra till svensk dagvattenhantering

Historical lessons meet future climate change. How ancient Egypt and Machu Picchu can contribute to Swedish stormwater management

Lovisa Runåker, Elsa Styrenius

Handledare:	Helena Espmark, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land
Examinator:	Amalia Engström, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land
Bitr. examinator:	Vera Vicenzotti, Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för stad och land

Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i landskapsarkitektur
Kurskod:	EX0861
Program/utbildning:	Landskapsarkitekturprogrammet – Uppsala
Kursansvarig inst.:	Institutionen för stad och land
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2025
Upphovsrätt:	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Elektronisk publicering:	https://stud.epsilon.slu.se
Nyckelord:	Dagvattenhantering, Dagvatten, översvämning, torka, dagvattenstrategi, Machu Picchu, forntida Egypten, historisk vattenhantering, vattenhantering, översvämningshantering.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur

Sammanfattning

Denna studie undersöker hur historiska vattenhanteringsmetoder från forntida Egypten och Machu Picchu kan inspirera till hållbara lösningar för dagens och framtidens vattenhantering i Sverige. I studien ges argument för att klimatförändringarna, med mer frekventa skyfall och längre torrperioder, sätter press på befintliga svenska vattenhanteringssystem och kräver en omfattande omställning. Genom en jämförande analys av de historiska vattenhanteringsmetoderna och dagens svenska förhållanden identifieras lärdomar och principer som kan inspirera för att öka resiliensen och hållbarheten i urbana miljöer. Studien visar att forntida Egyptens bassängsbevattningssystem, anpassat till Nilens årliga översvämningar, illustrerar värdet av att anpassa sig till och utnyttja naturens egna cykler och processer. Machu Picchus terrassering och dräneringssystem framhålls som ett exempel på hur stora mängder nederbörd kan hanteras i brant terräng och samtidigt skapa multifunktionella ytor.

Resultaten visar att terrassering, anpassad till svenska förhållanden, kan vara en relevant strategi för att hantera dagvatten lokalt, minska översvämningens risker och skapa ekologiska samt rekreativa värden. Studien betonar även vikten av att omvärdera synen på vatten som en resurs snarare än ett problem och att integrera naturbaserade lösningar för att skapa mer hållbara och klimatanpassade städer.

Nyckelord: Dagvattenhantering, dagvatten, översvämning, torka, dagvattenstrategi, Machu Picchu, forntida Egypten, historisk vattenhantering, vattenhantering, översvämningshantering.

Abstract

This thesis identifies historical water management methods from ancient Egypt and Machu Picchu and examines whether these can inspire sustainable solutions for stormwater management in Sweden. Climate change, with increased heavy rainfall and longer drought periods, puts pressure on existing Swedish stormwater management systems, which requires a comprehensive transformation.

Through a comparative analysis of historical and modern Swedish water management systems, innovative approaches and methods are identified that can inspire to increase resilience and sustainability in urban environments. The thesis shows that ancient Egypt's basin irrigation system, adapted to the Nile's annual floods, illustrates the value of adapting to and utilizing nature's own cycles and processes. Machu Picchu's terracing and drainage systems are highlighted as examples of how large amounts of precipitation can be managed in steep terrain while creating multifunctional surfaces.

The results demonstrate that terracing adapted to Swedish conditions, can be a relevant strategy for managing stormwater locally, reducing flood risk, and

creating ecological and recreational values. The thesis also emphasizes the importance of re-evaluating the perception of water as a resource rather than a problem and integrating nature-based solutions to create more sustainable and climate-adapted cities.

Keywords: Stormwater, stormwater management, drought, Machu Picchu, ancient Egypt, historical water management, sustainable stormwater management, water management, flood management.

Förord

Idén till studien kom som en följd av att vi noterat en brist på undervisning inom dagvattenhantering under vår tid hittills på landskapsarkitektprogrammet. Dagvattenhantering är och kommer att bli allt viktigare på grund av klimatförändringarna. Klimatförändringarna påverkar redan nu världen på många sätt, med fler och mer frekventa skyfall, längre torrperioder och förändrade nederbördsmönster. Dessa utmaningar ställer nya krav på lösningar, något som landskapsarkitekter måste beakta och ta hänsyn till i stadsplaneringen. Därför anser vi att det vore högaktuellt och relevant att lära sig mer om detta ämne. Intresset av att undersöka historiska vattenmetoder uppstod ur en önskan av att komplettera samtida lösningar med insikter från historiska anläggningar som mer eller mindre legat till grund för dagens dagvattenhantering. Vi ser det som särskilt värdefullt att även blicka bakåt eftersom dessa civilisationer ofta präglades av en djup förståelse för naturens processer och respekt för vatten som en livsnödvändig resurs.

Relevansen för vår studie är extra påtaglig när vi allt oftare läser nyhetsartiklar om klimatförändringarnas effekter och bristfällig dagvattenhantering. Peter Alestig, klimatredaktör på Dagens Nyheter belyser, 19 februari 2025, ämnets relevans:

“Samhället har inte hängt med i utvecklingen, snarare tvärtom. Vi bygger ofta bort de naturliga försvaren mot skyfall, som grönområden, och skapar i stället hårda ytor av asfalt, sten och grus. Många kommuner skickar dessutom ner regnvattnet i avloppsrören under marken – och hoppas på det bästa. Men avloppssystemen är i sin tur ofta kraftigt eftersatta.” (Alestig 2025).

Vi som skrivit den här uppsatsen, Elsa Styrenius & Lovisa Runåker, har planerat och genomfört studien tillsammans och deltagit vid datainsamling, analys och i skrivarbete. Samtliga avsnitt (1–6) är skrivna gemensamt. Layouten är diskuterad och genomförd av båda, samt att båda har bidragit med foton, illustrationer och tabell.

Vi vill rikta ett stort tack till vår handledare Helena Espmark för all handledning och hjälp under uppsatsskrivandet. Vi vill även tacka våra kurskamrater Angelina Kilimova, Fanny Lalander och Nilo Khashan Wörner som har stöttat oss i vårt arbete under handledningstillfällena.

Innehållsförteckning

Förord	5
Innehållsförteckning	6
Tabellförteckning.....	8
Figurförteckning	9
Begreppsdefinition.....	10
1. Inledning	12
1.1 Syfte	13
1.2 Frågeställningar.....	13
1.3 Disposition.....	13
2. Metod.....	14
2.1 Avgränsningar	15
3. Svensk dagvattenhantering: Utmaningar och strategier	17
3.1 Vattnets kretslopp påverkas av den byggda miljön	17
3.2 Klimatförändringarnas påverkan på dagvattenflöden.....	18
3.3 Befintliga, slutna system och dess begränsningar	19
3.4 Brister i svensk vattenhantering	20
3.4.1 Översvämningsproblematik.....	20
3.4.2 Torkproblematik.....	22
3.5 Dagvattenstrategier	23
3.5.1 Dagvattenstrategier i Sverige	23
3.5.2 Hållbar dagvattenhantering i Sverige	25
3.6 Sveriges matförsörjning och urban odling	27
3.7 Aspekter att inkludera i analysen	28
4. Civilisationer formade av vatten: historisk vattenhantering.....	29
4.1 Forntida Egyptens historia och hur klimatet påverkade vattenhanteringsmetoderna	29
4.1.1 Forntida Egyptens vattenhanteringsmetoder	30
4.2 Machu Picchus historia och hur klimatet påverkade vattenhanteringsmetoderna ..	31
4.2.1 Machu Picchus vattenhanteringsmetoder	32
4.3 Historiska aspekter att inkludera i analysen.....	33
5. Jämförande analys – kan de historiska metoderna inspirera vattenhantering idag?.....	34
5.1 Analys och sammanställning.....	35
5.1.1 Vilka lösningar och anpassningar gjorde forntida Egypten motståndskraftigt mot torka och översvämningar?.....	35

5.1.2 Vilka lösningar och anpassningar gjorde Machu Picchu motståndskraftig mot höga nederbördsmängder?	36
5.1.3 Jämförelse mellan historisk vattenhantering och Sverige	36
5.2 Hur kan de historiska metoderna inspirera lösningar i en svensk urban miljö?	37
5.2.1 Förenklat förslag på terrasseringen och dess funktion.....	39
6. Diskussion kring resultat och metod	41
6.1 Inspiration från Machu Picchus terrasser - potential och begränsningar	41
6.2 Inspiration från forntida Egypten - potential och begränsningar.....	42
6.3 Metoddiskussion.....	43
6.4 Vidare forskning	44
Referenser.....	46

Tabellförteckning

Tabell 1. Sammanställning över metoder, funktioner och anpassningar från forntida Egyptens, Machu Picchu och Sveriges vattenhantering.	35
--	----

Figurförteckning

Figur 1. Översvämning av Fyrisån, Uppsala 2013. (Arild Vågen. (2013). Upplands museum april 2013. [fotografi]. https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25698064 [2025-03-21] CC BY-SA 3.0.)	21
Figur 2. Nilen, Egypten. (Innerpeaceseeeker. (2024). Luxor from Air,Egypt. [fotografi]. https://www.istockphoto.com/se/foto/luxor-from-air-egypt-gm2167324917-587392404 [2025-03-11] 2167324917).....	30
Figur 3. Machu Picchus utformning. (dgphilli. (2005). Wide angle Machu Picchu. [fotografi]. https://www.flickr.com/photos/75811596@N00/52039234 [2025-03-11] CC BY-NC 2.0).....	32
Figur 4. Förslag på terrasseringens struktur, ej skalenligt. (Runåker, L (2025). [illustration]	39

Begreppsdefinition

Blågrön infrastruktur	Samverkan mellan land-och vattenmiljöer för att skapa spridningsvägar och förutsättningar för växter och djur i städer (Miljöbarometern 2024).
Dagvatten	Beskriver det flöde av regn-och smältvatten som hamnar på markytan (Nationalencyklopedin u.å.a).
Ekosystemtjänster	De direkta eller indirekta bidrag från ekosystem som är till nytta för människors välbefinnande (Nationalencyklopedin u.å.b)
Fördröjningsmagasin	Hanterar dagvatten genom en process som fördröjer avrinning av vattnet. Används för att bromsa vattenflödet till recipienten för att motverka översvämningar (Svenska vatten-och avloppsverksföreningen 1983).
Naturbaserade lösningar	Lösningar eller åtgärder som använder eller efterliknar naturliga processer för att hantera samhällsutmaningar som klimatförändringar, vattenhantering och luftföroreningar (Naturvårdsverket 2023).
Resiliens	Ett systems förmåga att motstå, anpassa sig till och återhämta sig från störningar eller förändringar (Nationalencyklopedin u.å.c). I studien handlar resiliens om att skapa system som kan hantera både extremväder och andra utmaningar utan att samhällsviktiga funktioner slås ut.
Recipient	Mottagare av vatten, till exempel sjöar, hav eller vattendrag (Nationalencyklopedin u.å.d).
Skyfall	Extremt intensiv nederbörd under kort tid (Nationalencyklopedin u.å.e).

Torka	Ett tillstånd med onormalt lite nederbörd under en längre period eller vattenbrist (Nationalencyklopedin u.å.f).
VA-system	Vatten-och avloppsledningar (Skövde kommun 2023).

1. Inledning

Vatten är en av de mest avgörande resurserna för mänsklighetens överlevnad och utveckling, men dess tillgänglighet hotas alltmer av klimatförändringarna. Forskning visar att vattnets kretslopp kommer att intensifieras i takt med global uppvärmning, vilket leder till kraftigare nederbörd och höjd översvämningsrisk, särskilt i regioner med hög tillgång på vatten (Tabari 2020). Klimatförändringarna medför både torka och översvämnningar, vilket skapar en paradox där vissa områden upplever en ökad nederbördsmängd samtidigt som längre torrperioder kommer att bli allt vanligare på andra ställen (SMHI 2024a). Detta påverkar bland annat vattenförsörjningen, dagvattenhanteringen, ekosystemen, jordbruken och samhällets motståndskraft.

Sveriges miljömål, särskilt målen om en *god bebyggd miljö* och *grundvatten av god kvalitet*, betonar vikten av att säkerställa hållbar vattenhantering för att möta dessa utmaningar (Sveriges Miljömål 2023). Trots detta är Sverige långt ifrån att uppnå dessa mål, och vattenbrist samt översvämnningar förväntas påverka en betydande del av befolkningen de kommande decennierna (Naturvårdsverket 2024a). Klimatförändringarnas effekter märks både genom kraftigare skyfall och längre torrperioder (SMHI 2024a), vilket sätter betydande press på svensk dagvattenhantering. Den extrema torkan som drabbade Sverige 2018 påverkade kraftigt dricksvattenförsörjningen och avslöjade brister i vattenhanteringen, då de allra flesta kommuner inte hade en handlingsplan för torka (Teutschbein et al. 2023:1263-1266). Längre torrperioder och högre nederbördsnivåer resulterar i både ökade översvämningsrisker och risk för vattenbrist. Ökad nederbörd leder till översvämnningar i stadsmiljöer, medan minskad grundvattenbildning hotar framtida vattenförsörjning (HaV 2024). Samtidigt är befintliga slutna ledningssystem otillräckliga för att hantera de ökade kraven på både vattenkvalitet och översvämningskydd vid extrem nederbörd (Sörensen & Hanson 2024) och riskerar att förvärra problem kopplade till både torka och översvämnningar.

Allteftersom klimatförändringar och urbanisering har lett till nya utmaningar för vattenhanteringssystem, har forskning kring dagvattenhantering fortsatt att utvecklas. Cettner (2012) belyser utmaningarna med att implementera hållbara dagvattenlösningar, där svenska slutna ledningssystem ofta är otillräckliga för att hantera extremväder. Monachese et al. (2025) framhäver betydelsen av hållbara lösningar för att minska översvämningsrisker och främja ekologiska och estetiska värden. Idag utvecklas flera metoder för att möta dessa utmaningar, bland annat genom dagvattenstrategier och blågröna lösningar (Sörensen & Hanson 2024). Hållbar dagvattenhantering eftersträvas med naturbaserade lösningar för att bättre hantera klimatförändringarna (Cettner et al. 2014).

Flera forntida civilisationer har haft en innovativ anpassningsförmåga för att hantera extrema klimatförhållanden. Eftersom Sverige står inför extremväder,

både relaterat till skyfall och torka, valdes två historiska civilisationer för analys som hanterat respektive extremklimat. I forntida Egypten, med sitt torra klimat och Nilens årliga översvämningar, användes metoder för att lagra vatten, främja jordbruket och utnyttja översvämning (Angelakis & Mays 2012). Inkafolket i Machu Picchu har omtalade och avancerade terrasssystem som hanterade stora mängder regn samtidigt som det möjliggjorde jordbruk i branta bergsluttningar (Wright 2021). Historiska anläggningar från forntida Egypten och Machu Picchu visar hur vattenhantering kan integreras i stadsplaneringen för att främja hållbarhet och utnyttja de utmaningar som extrema klimatförhållanden medför.

1.1 Syfte

Syftet med studien är att undersöka forntida Egyptens och Machu Picchus vattenhanteringsmetoder för att utforska om historiska metoder kan främja hållbar utveckling i Sveriges dagvattenhantering. Genom en jämförande analys undersöker studien om historiska vattenhanteringsmetoder som utvecklats under extrema klimatförhållanden kan inspirera för att hantera dagens och framtidens klimatutmaningar.

1.2 Frågeställningar

Vilka lösningar och anpassningar gjorde forntida Egypten motståndskraftig mot torka och översvämningar?

Vilka lösningar och anpassningar gjorde Machu Picchu motståndskraftig mot höga nederbördsmängder?

Kan forntida Egyptens och Machu Picchus sätt att hantera vatten inspirera svensk dagvattenplanering inför kommande klimatförändringar och i så fall hur?

1.3 Disposition

Studien är disponerad i sex avsnitt. Avsnitt 1 och 2 utgör inledningen och metoden till studien. Avsnitt 3 behandlar svensk dagvattenhantering. I avsnitt 4 beskrivs två historiska anläggningar samt deras respektive vattenhanteringssystem och metoder. Avsnitt 5 presenterar en jämförande analys och sammanställning av de historiska och svenska systemen. Slutligen förs en avslutande diskussion i avsnitt 6, där studiens slutsatser och eventuella rekommendationer redovisas.

2. Metod

Studien bygger på en jämförande analys för att undersöka hur historiska vattenhanteringsmetoder kan inspirera svensk dagvattenhantering. Analysen jämför två historiska system, forntida Egypten och Machu Picchu, med Sveriges nuvarande dagvattenstrategier genom ett eget utformat ramverk. Ramverket identifierar likheter, skillnader och potentiella lärdomar som kan bidra till att möta utmaningar kopplade till klimatförändringar och urbanisering. Metoden som valdes möjliggör identifiering av tidlösa principer i vattenhantering som kan inspirera till lösningar i nya sammanhang. Genom att jämföra historiska lösningar med moderna strategier kan en ökad förståelse erhållas för hur olika system har hanterat liknande klimatrelaterade problem under olika förutsättningar.

Ramverket skapades för att belysa vilka aspekter av de historiska anläggningarna som är mest relevanta i en modern kontext och inkluderar följande aspekter:

1. Huvudsyftet med vattenhanteringen
2. Andra funktioner utöver grundläggande vattenhantering
3. Klimatanpassning och integration av naturliga processer
4. Tekniska lösningar
5. Resiliens mot extremväder
6. Föroreningshantering

Informationen sammanställdes i tabellform för att underlätta jämförelsen. Ramverket tillämpades genom att analysera varje system utifrån de valda aspekterna. Dessa aspekter möjliggjorde en jämförelse mellan de historiska anläggningarna och dagens svenska system.

Insamling av materialet har skett bland annat via Scopus Web of Science, Google, Google Scholar, och SLU:s bibliotek. Materialet består främst av vetenskapliga artiklar, rapporter och böcker som beskriver de historiska vattenhanteringssystemen samt nuvarande dagvattenstrategier och vattenhanteringsmetoder. För att säkerställa relevans och trovärdighet har materialet granskats kritiskt och kompletterats med information från myndigheter och forskningsinstitut. Forskningen som behandlas i denna studie visar på styrkor hos både historiska och moderna vattenhanteringssystem. Kenneth Wrights forskning om Machu Picchu (1999, 2021) lyfter fram den avancerade tekniken bakom terrassering och dräneringssystem som möjliggjorde stadens hållbarhet i en nederbördsrik bergsmiljö. På liknande sätt har Angelakis och Mays (2012) undersökt hur forntida Egyptens bassängbevattningsystem utnyttjade Nilens

naturliga cykler för att hantera torka och översvämningar. Däremot saknas omfattande forskning på hur de valda historiska metoderna kan anpassas till svenska förhållanden. Detta tydliggörs av att en sökning genomfördes på Scopus med sökorden *water management or stormwater and Machu Picchu or ancient Egypt*, men gav inga relevanta resultat. Resultaten från Google och Google Scholar gav heller ingen relevant data om anpassning till svenska förhållanden i samband med Machu Picchu eller forntida Egyptens vattenhanteringsmetoder.

För att undersöka svensk dagvattenhantering och dess principer genomfördes en övergripande granskning av kommuners styrdokument för dagvattenhantering. De kommuner som studerades var Uppsala, Gävle, Västervik, Östersund och Malmö för att få en geografisk spridning i landet. Studien gjordes i syfte att undersöka om det finns ett mönster för hur dagvattenhantering prioriteras och formulerats i styrdokumentet för dagvattenhantering i Sveriges kommuner. För att identifiera möjliga brister i dagvattenhanteringen, söktes det efter ord liknande “underdimensionering” och “brist” i dokumenten. Brister i kommuners dagvattenhantering kan visa på att systemen inte är dimensionerade för klimatförändringarna idag och i framtiden, som är av nytta i den jämförande analysen.

2.1 Avgränsningar

Då huvudsyftet med studien är att undersöka om historiska metoder kan inspirera nutida lösningar, gör studien ingen omfattande undersökning av de tekniska detaljerna för dagvattenhantering, utan endast ett förenklat förslag på konstruktion ges. Den geografiska och kulturella skillnaden mellan de historiska systemen och dagens Sverige gör det svårt att direkt tillämpa de historiska metoderna utan en omfattande anpassning. Därav undersöker studien endast hur de historiska metoderna kan inspirera till hållbara lösningar och inte hur de kan tillämpas. Studien begränsas geografiskt till Sverige, mer specifikt svenska urbana miljöer, samt Egypten och Machu Picchu. Tidsmässigt fokuserar den på två specifika historiska perioder i relation till nutid. Tematiskt avgränsas analysen till metoder för hantering av torrperioder och kraftig nederbörd, utan att inkludera andra faktorer som ekonomiska eller politiska aspekter.

I och med att dagvatten kommer från regn och smältvatten, innefattar denna studie ej konsekvenser för hanteringen av översvämning i form av stigande havsnivåer på grund av klimatförändringarna. Även om snö och snösmältning är viktiga faktorer i svensk dagvattenhantering, behandlas inte dessa faktorer djupgående i denna studie. Detta motiveras av att en större andel av den förväntade ökade nederbörden kommer att ske i form av regn (SMHI 2024b).

Vidare beaktar inte studien andra faktorer som kan påverkas av lösningar inspirerade av historiska metoder, såsom ekonomiska, politiska eller kulturhistoriska aspekter. Begränsningen motiveras av studiens avgränsningar och den tidsram som har fastställts för arbetet.

3. Svensk dagvattenhantering: Utmaningar och strategier

För att undersöka om de historiska vattenhanteringsmetoderna kan inspirera Sverige krävs insikt i svensk dagvattenhantering och hur kraftigare regn hanteras, samt vilka utmaningar som väntas i framtiden. En överblick ges över hur vattnets kretslopp fungerar i naturen och för den problematik som finns i städer med begränsande dagvattenhantering. Vidare kommer detta att användas som underlag för jämförelsen med historisk vattenhantering.

3.1 Vattnets kretslopp påverkas av den byggda miljön

När regn faller i naturen möter det först vegetationen, särskilt lövverket i trädkronor. Trädkronorna kan fördröja stora mängder vatten, eftersom ett stort träd kan ha en bladyta på upp till 1000 m². Den del av nederbörd som inte tas upp av växterna avdunstar eller infiltreras ner i jorden. Infiltrationskapaciteten bestäms av markens egenskaper och är avgörande för hur mycket vatten som kan tas upp istället för att rinna av som ytvatten (Nationalencyklopedin u.å.g). Markens struktur och jordens egenskaper har en stor betydelse för infiltrationsförmågan. Tät, kompakterad eller förorenad jord har svårare att infiltrera vatten i jorden (Boverket 2019a). Efter att nederbörd infiltrerats ner i jorden, tas det upp av växten för att sedan transpireras till atmosfären. All avdunstning av vatten kallas, som ett samlingsbegrepp, för evapotranspiration. Den del av vattnet som inte evapotranspireras, infiltreras i marken och bildar mark- och grundvatten. Vattnet rinner sedan långsamt vidare till bäckar och våtmarker innan det når sjöar och hav (Boverket 2021a). Transporttiden för denna sträcka kan variera avsevärt. Topografin, geologiska förhållanden, markanvändningen och vegetation avgör vilken väg vattnet tar genom landskapet (SGU 2017).

Vattnets kretslopp i naturen skiljer sig betydligt från hur vatten hanteras i bebyggd miljö, då en ökad befolkningstillväxt och växande städer medför en rad utmaningar för dagvattenhanteringen i urbana miljöer. En av de mest märkbara följderna av detta är den ökade andelen hårdgjorda ytor, såsom betong och asfalt, vilket drastiskt förändrar vattnets naturliga kretslopp (Boverket 2021a). Urbaniseringen har medfört en betydande försämring av markstrukturen genom ökad andel hårdgjorda ytor (Monachese et al. 2025). Den minskade andelen grönytor i urbana miljöer får negativa konsekvenser för miljön och ökar behovet av dagvattenhantering. Förutom att minska möjligheterna för naturlig infiltration och fördröjningen av dagvatten (Boverket 2021a), bidrar det även till minskad

biologisk mångfald (Persson & Smith 2014). Ytavrinning sker då dagvattnets intensitet överskrider markytans infiltrationskapacitet och med hårdgjorda ytor blir infiltrationskapaciteten kraftigt begränsad (SGU 2017), vilket leder till ökad ytavrinning, dagvattenflöde och risk för översvämning samt en minskad grundvattenbildning.

Som konsekvens av hårdgjorda ytor ökar också mängden föroreningar i vattnet. I urbana miljöer innehåller dagvattenflödet en större mängd föroreningar jämfört med i naturen (Boverket 2021b). Detta beror på att vattnet kommer i kontakt med olika föroreningskällor, det vill säga platser eller aktiviteter där skadliga ämnen frigörs och kan potentiellt komma ut i miljön (Naturvårdsverket 2025), exempelvis vägar och industriområden, när det rinner över hårdgjorda ytor (Viklander et al. 2019). Ökad halt av förorening i vattnet ställer högre krav på dagvattenhanteringen för att skydda recipienter och grundvattentäkter från negativ påverkan. Denna problematik för dagvattenhanteringen förstärks ytterligare av klimatförändringarna som förväntas medföra mer frekventa och intensiva regn (Naturvårdsverket 2024b). Därmed ökar belastningen på dagvattenhanteringen i den urbana miljön.

3.2 Klimatförändringarnas påverkan på dagvattenflöden

FN:s klimatpanel IPCC (2023) redogör i sina rapporter att klimatförändringarna blir alltmer tydliga och riskerna för översvämning tilltar i takt med uppvärmningen på grund av antropogena faktorer (IPCC 2023). I Sverige förväntas skyfallen öka, vilket resulterar i flera översvämningar på grund av bristande dagvattenhantering runt om i städer (Boverket 2019b). Årsmedelnederbörden i Sverige varierar från cirka 400-600 mm per år för normalperioden 1991-2020 i större delen av Sverige (SMHI u.å.a).

Förändringarna av klimatet är vid det här laget kända i större delen av världen, men vad det faktiskt orsakar på lokal nivå är ännu inte allmänt bekant för alla. Det ökade intresset för dagvattenhanteringsfrågan (Chunyan, et al. 2024) kan till stor del förklaras av de utmaningar som klimatförändringar medför, där ökad risk för översvämningar utgör ett hot mot urbana miljöer. Förutom ett varmare klimat i Sverige, medför klimatförändringarna blötare vintrar, vilket leder till översvämning i sjöar och vattendrag. Kraftigare nederbördsmängd och ökad risk för skred och ras är att räkna med inom de kommande åren. Detta påverkar bland annat samhällets vatten- och avloppssystem, vägar, järnvägar, bebyggelse och är dessutom ett hot för dricksvattnet på grund av ökade föroreningar (Naturvårdsverket 2024a).

Sverige är ett vattenrikt land, men ett varmare klimat resulterar i allt fler torrperioder som påverkar vattenflödet. Torka och frånvarande nederbörd leder

också till hydrologisk torka och därmed vattenbrist som ger omfattande konsekvenser för matförsörjningen och påverkar bland annat jordbruket, dricksvattenförsörjningen och försvårar förutsättningar för växter och djur (Havs och vattenmyndigheten 2018). Hydrologisk torka skiljer sig från vattenbrist, då vattenbrist beror på antropogen påverkan i kombination med vattenkonsumtion och obalans i vattenresurser. Hydrologisk torka beskrivs som naturligt förekommande som också styrs av klimatpåverkan (SMHI 2024c). Torrår har förekommit under flera sekel, men får större och mer betydande konsekvenser idag på grund av att konsumtionen ökar med flera samhällssektorer och ökad befolkning (Havs och vattenmyndigheten 2018). Torka i Sverige kan förekomma både lokalt och regionalt, vilket leder till att vattenbristen kan se väldigt olika ut i hela landet (SMHI 2024c). Idag finns det inte en detaljerad bild över Sveriges vattenanvändning och vattenuttag (Vattenmyndigheten i Södra Österjön 2022a). Detta tydliggörs av att mindre än 14% av Sveriges kommuner har en handlingsplan för torka (Teutschbein et al. 2023:266). Då Europeiska kommissionen har uppmanat Sverige att ta fram vattenbrist- och torkplaner för utsatta områden, har Vattenmyndigheten i Södra Östersjön (2022a) tagit fram flera direktiv och planer för distriktet.

3.3 Befintliga, slutna system och dess begränsningar

Sveriges dagvattenhantering har länge dominerats av slutna ledningssystem där vatten avleds snabbt från hårdgjorda ytor via rör under marken (Länsstyrelsen i Kalmar län 2018). Dessa system, som byggdes främst under 1950-70-talen, utgör fortfarande ryggraden i landets VA-infrastruktur och de kommunala VA-systemen försörjer idag 90 procent av Sveriges befolkning (NCC u.å). Trots sin utbredning möter dessa slutna ledningssystem idag stora utmaningar i ljuset av alltmera tätbefolkade städer och klimatförändringar. Enligt Annika Cettner's forskning (2012) är slutna ledningssystem ofta otillräckliga för att hantera ökade nederbördsmängder som är en konsekvens av klimatförändringarna. Det kan leda till översvämningar och föroreningar i vattendrag eftersom de inte klarar av att hantera stora mängder dagvatten vid kraftiga regn (Cettner 2012). Miljömässigt bidrar de slutna ledningssystemen till flera problem, såsom förorening av vattendrag genom direktutsläpp av orenat vatten (Vattenmyndigheten 2022a). Dessutom är dessa system otillräckliga för att möta samhällets krav på vattenkvalitet och översvämningsskydd (Sörensen & Hanson 2024).

Kritiken mot slutna ledningssystem har ökat under senare år och systemen anses alltmer ohållbara ur ett långsiktigt perspektiv. Enligt Cettner et al. (2014) är den tekniska och ekologiska diskursen inom dagvattenhanteringsfrågan ett starkt hinder mot förändring, eftersom den ofta förbiser sociala och andra hållbarhetsaspekter. När de tekniska funktionerna, med fokus på att förhindra

översvämningar och fördröja flöden för att förbättra vattenkvaliteten i recipienter, ställdes mot estetiska och sociala aspekter, skapades en konflikt mellan olika professioners synsätt. Hållbar utveckling som begrepp saknar dessutom en entydig definition bland de yrkessamma inom vattenhantering, vilket leder till varierande tolkningar och svårigheter att integrera sociala och ekonomiska perspektiv i praktiken (Cettner et al. 2014). Trots detta finns en vision om framtidens hållbara dagvattenhantering. I denna vision kombineras naturbaserade lösningar med befintliga ledningssystem för att skapa flexibla och resilienta system som bättre kan hantera klimatförändringar (*ibid.*). Cettner et al. (2014) konstaterar att Sveriges dagvattenhantering står inför betydande utmaningar för att integrera multifunktionella ytor där slutna ledningssystem inte längre är tillräckliga. En övergång mot mer hållbara lösningar, såsom dagvattenhantering som även agerar som multifunktionella ytor, kräver ett bredare perspektiv där ekologiska, sociala och ekonomiska aspekter integreras tydligt (*ibid.*).

3.4 Brister i svensk vattenhantering

För att ge inblick i den problematik som finns idag, följer tre exempel på svenska städer där effekterna från extremväder blivit påtagliga. Då dessa händelser blev mycket uppmärksammade i media och visar tydligt på brister i vattenhanteringen, har vi valt att ta med de i studien. Genom att granska dessa exempel kan vi få en djupare förståelse för de utmaningar som våra nuvarande vattenhanteringssystem står inför i samband med extremväder och vilka konsekvenser detta har medfört samhället i stort. Med denna inblick får vi en förståelse för omfattningen av de anpassningar och förbättringar som krävs inom dagvattenhantering för att effektivt kunna möta och hantera framtida påfrestningar.

3.4.1 Översvämningsproblematik

Uppsala centralstation drabbades den 29 juli 2018 av en omfattande översvämning (Uppsala kommun 2024), vilket synliggjorde allvarliga brister i stadens dagvattenhantering. Händelsen var ett resultat av ett intensivt skyfall som överskred dagvattensystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga, vilket ledde till en betydande ytavrinning och översvämning. Översvämningarna påverkade främst gångarna under stationen, där resenärerna hade stora svårigheter att ta sig till och från tågen (SVT Nyheter 2019). Detta avslöjade flera svagheter i Uppsalas dagvattenhantering, såsom otillräcklig kapacitet, bristande infiltration, begränsad avrinning (samlat vattenflöde från regn eller snösmältning (SMHI 2022a)) och en centraliserad recipient. Det sistnämnda avser Fyrisån, som är den huvudsakliga recipienten för dagvatten i Uppsala då den ligger centralt i staden. Beräkningar visar på att Fyrisåns kapacitet ska klara av skyfall med kort

varaktighet och hög intensitet. Ån kan däremot få höga nivåer av volymrika regn med längre varaktighet och vårfloed i samband med snösmältning, och på så sätt leda till översvämningar (Persson 2022). Dock fanns det bevisligen brister i kapaciteten när det gäller transporter av dagvattnet till Fyrisån i dessa mängder. För att avlasta ledningssystemen anser vi att en ökning av hållbar dagvattenhantering krävs, såsom naturbaserade lösningar. En liknande översvämning skedde 2013, där Fyrisån fick höga vattenflöden i samband med snösmältning och regn vilket resulterade i översvämningar och överbelastning av Uppsalas VA-system, se figur 1 (SVT 2013).



Figur 1. Översvämning av Fyrisån, Uppsala 2013. (Arild Vågen. (2013). Upplands museum april 2013. [fotografi].
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=25698064> [2025-03-21] CC BY-SA 3.0.)

Ytterligare ett exempel är Gävle som drabbades av ett extremt skyfall i augusti 2021 (MSB 2021), som orsakade omfattande översvämningar och skador i staden (DN 2025). Under ett dygn föll 161,6 millimeter regn över Gävle, varav 101 millimeter under endast två timmar (SMHI u.å.b). Detta rekordartade regn, som överskred SMHI:s prognoser, avslöjade allvarliga brister i stadens dagvattenhantering. Befintliga system visade sig vara underdimensionerade för att hantera nederbördens omfattning och intensitet. Detta ledde till att vatten samlades i lågpunkter och orsakade omfattande skador på byggnader och infrastruktur. Utredningen efter händelsen visade att de drabbade områdena i hög utsträckning överensstämde med tidigare identifierade riskområden från en lågpunktskartering som togs fram 2016 (Länsstyrelsen Gävleborg 2022). Vi anser att detta tyder på att kända sårbarheter i dagvattenhantering inte hade åtgärdats tillräckligt före händelsen. Förebyggande åtgärder efter att SMHI utfärdat varningar var otillräckliga då omfattningen av regnet och dess konsekvenser var långt större än vad som hade förutsatts. Enligt vår uppfattning innebär detta att det idag finns stora brister i beredskapen för extremväder. Konsekvenserna av bristerna i dagvattenhanteringen var omfattande, bland annat har uppskattningsvis

4000-5000 bostäder blivit översvämmade (*ibid.*). Händelser såsom i Gävle kan komma att bli allt vanligare i framtiden, därav finns det ett stort behov av hållbar och anpassningsbar dagvattenhantering.

3.4.2 Torkproblematik

Utöver skyfall tenderar Sverige även att påverkas av torka. Klimatförändringarna har medfört ökade variationer i nederbörd och högre temperaturer, vilket påverkar både grund- och ytvattnet i landet. Detta problem är särskilt påtagligt i östra Sverige och inre delarna av Götaland, samt städer som Uppsala, Örebro, Eskilstuna och Halmstad (Hamrin 2017).

Ett märkbart exempel i Sydöstra Sverige som senaste åren drabbats allt hårdare av torka och vattenbrist är Västerviks kommun. Denna problematik är kopplad till klimatförändringarnas effekter och har särskilt allvarliga konsekvenser för områden med små grundvattenmagasin, vilket är vanligt förekommande i regionen. Torkan har haft tydliga effekter på samhället i Västervik. Bevattningsförbud har införts under sommarmånaderna, på grund av återkommande låga grund- och ytvattennivåer i området. Risker för vattenbrist har ökat och beror främst på varmare klimat, låga nederbördsnivåer och hög vattenkonsumtion (Västervik Miljö & Energi AB 2020).

Västerviks kommun står inför flera utmaningar, inklusive känsliga små grundvattenmagasin, som är särskilt utsatta för nederbördsvariationer och torka (Västerviks kommun 2025). Likt många andra svenska kommuner har Västervik en underhållsskuld i befintlig VA-infrastruktur. De befintliga VA-systemen är gamla, otillräckligt underhållna och klarar inte av de nya behoven som klimatförändringarna medför. Enligt Ruben Öberg, chef för Västervik Miljö & Energi AB, skulle de årliga investeringarna i förnyelse av ledningssystem behöva fördubblas för att möta dagens och framtidens behov (Västerviks kommun 2020). Lösningar för återanvändning av dagvatten har börjat implementeras, men är ännu inte fullt integrerade i kommunens system. Detta leder till att mycket dricksvatten används för ändamål där enklare vattenkvalitet hade varit tillräcklig (Region Kalmar län u.å).

För att möta dessa utmaningar har flera initiativ tagits. Västervik ingår i Södra Östersjöns vattendistrikt där bland annat en förvaltningsplan har tagits fram för att hantera klimatförändringarnas effekter. En särskild delförvaltningsplan för förebyggandet av vattenbrist har utvecklats för de mest utsatta områdena inom distriktet. (Vattenmyndigheten 2022). Delförvaltningsplanen för torka och vattenbrist, som gäller åren 2022-2027, syftar till att hantera och förebygga de ökade riskerna för torka och vattenbrist, på uppmaningen av den Europeiska kommissionen (*ibid.*). Trots att årsmedelnederbörden förväntas öka i Västervik, kommer denna ökning främst att ske under vintertid. Detta innebär paradoxalt nog

att risken för längre torrperioder under sommarhalvåret kvarstår (Persson et al. 2015).

3.5 Dagvattenstrategier

I olika styrdokument uppges hur Sveriges kommuner möter utmaningarna som kommer med att nå en hållbar dagvattenhantering (Naturvårdsverket 2024c). Styrdokumentet för dagvattenhantering redovisas genom en dagvattenstrategi, dagvattenpolicy, program, plan eller handledning. Detta är ett underlag för översikts- och detaljplaner med syfte att skapa en enhetlig bild över hanteringen av dagvatten i Sverige. Dagvattenstrategier är varken ett krav eller juridiskt bindande, däremot utgör dessa ett användbart hjälpmedel för arbeten med dagvattenfrågor (Naturvårdsverket 2017). Dagvattenstrategin är anpassad till stadsplaneringen och bör täcka all dagvattenhantering inom kommunen med hänsyn till bland annat hållbarhet, bebyggelse, föroreningar, flöden, recipientförhållanden, klimatiförändringar och underhåll. Målet är att förbättra vattenkvaliteten i stadens vatten, klimatanpassa dagvattenhanteringen, skapa värden och resurser för staden med ett miljömässigt och kostnadseffektivt genomförande (*ibid.*).

Burda och Nyka (2023) visar i sin artikel hur dagvattenstrategier kan integreras med sociala och estetiska värden. Artikeln presenterar flera exempel på städer som har försetts med nya multifunktionella system. Genom att kombinera dagvattenhantering med en estetiskt tilltalande design menar Burda och Nyka (2023) att man kan uppnå en mer hållbar och social integrerad dagvattenhantering. Exempelvis i Helsingfors har man implementerat ett integrerat dagvattenhanteringsprogram 2018, där nya kanaler och vattentorg fungerar som både översvämningsskydd och som attraktiva offentliga platser. Burda och Nyka (2023) understryker emellertid att strategin bör skifta från att undvika risker till att istället hantera dem genom utvecklade scenarier.

3.5.1 Dagvattenstrategier i Sverige

I följande avsnitt redovisas dagvattenstrategier från ett urval svenska kommuner för att belysa både gemensamma drag och lokala variationer i hur kommunerna arbetar med dagvattenhantering och klimatanpassning. Detta utgör grunden för analysen och diskussionen kring möjligheter att integrera historiska principer och strategier i nutida svenska dagvattenstrategier. Utöver de tidigare berörda kommunerna Uppsala, Gävle och Västervik, kommer en översikt över Östersund och Malmös dagvattenstrategier att tas upp för att få en geografisk spridning och en representativ bild av hur dagvattenhantering organiseras och prioriteras i olika delar av landet. Studien över kommunernas dagvattenstrategier är endast

översiktlig, då syftet är att undersöka om det finns ett mönster för riktlinjer och metoder som eftersträvas i dokumenten. Informationen över Malmös dagvattenstrategi hämtas från ett styrdokument från 2008, vilket gör att vissa punkter kan ha ändrats sedan dess. Anledningen till att detta används är på grund av att inget nyare dokument finns tillgängligt.

Uppsala kommun

Uppsala kommun (2021) har som mål att vara världsledande i miljö- och klimatomställningen och skriver i sitt vattenprogram att vattenhanteringen har en central roll i kommunens arbete. Vatten, särskilt dagvatten, ska betraktas som en resurs och utnyttjas för olika behov och vattenfunktioner. Nederbörden ska samlas upp i exempelvis växtbäddar för att bidra med mer grönska i staden, eller för bevattning av odling och grönytor. I vattenprogrammet konstateras det att ingen av vattenförekomsterna i Uppsala kommun uppnår idag god status enligt EU:s ramdirektiv för vatten (Uppsala kommun 2021:5). Detta antyder att det finns utmaningar och förbättringspotential inom vattenarbetet. Vidare framför kommunen att systemen måste anpassas för att klara extremväder som skyfall och de kommande klimatförändringar, vilket tyder på att äldre befintliga system är underdimensionerade för en ökad nederbördsmängd.

Gävle kommun

Ur dagvattenpolicyn som Gävle kommun har tagit fram (2017) beskrivs hur kommunen ska ta hand om dagvattnet genom flera strategier (Gävle kommun 2017). Kommunen arbetar bland annat för att minska föroreningar till recipienter, fördröja vatten och omhänderta dagvatten lokalt där öppna naturbaserade lösningar prioriteras. Dokumentet lyfter inte specifika brister i kommunens arbete med dagvattenhantering, men understryker flera utmaningar och behov. Ökad nederbörd och förtätning är två aspekter som bör beaktas i utvecklingen av dagvattenhanteringen. I rapporten (2017) nämns också att anpassningar till 100-års regn i nyexploateringar ska eftersträvas. Det är alltså inget krav, men det visar på att det finns ambition för att rusta för översvämningar.

Västerviks kommun

Målen för Västerviks kommun framgår i deras dagvattenstrategi (2020) och syftar till en långsiktig hållbar vattenhantering som klarar ett förändrat klimat. Kommunen strävar bland annat efter att omhänderta och fördröja dagvatten så nära källan som möjligt, minimera uppkomst av dagvatten samt att förhindra föroreningar. Utöver åtagandena för dagvatten uttrycks det i dagvattenstrategin att kommunen ska dimensionera systemen för dagvatten för ett framtida klimat, vilket tyder på att de inte uppnår kraven för utmaningarna som klimatförändringarna medför idag.

Östersunds kommun

Östersunds styrdokument för dagvatten (Östersund kommun u.å) uttrycker på sida 12 att “dagvatten är en resurs för hållbar samhällsplanering” och att det finns ett tydligt samarbete mellan aktörer för en hållbar och klimatanpassad dagvattenhantering. Dock skriver de också i styrdokumentet på sida 8 att “Ledningsnäten för spill och dagvatten är i många fall underdimensionerade för dagens förhållanden och är i de flesta fall inte dimensionerade för ett framtida klimat.”, vilket understryker den rådande bristen på anpassning för dagvattenhanteringen i Östersunds kommun.

Malmö stad

Malmö stad har, precis som tidigare nämnda kommuner, en dagvattenstrategi (2008) och arbetar bland annat för att använda dagvatten som en resurs, begränsa tillförseln av föroreningar och förespråkar öppen dagvattenhantering. Detta görs genom bland annat fördröjningsåtgärder och rening av dagvatten. Utmaningar i Malmö stads dagvattenhantering uppges huvudsakligen vara hårt belastade recipienter och förorening i dammarna, samt att markens egenskaper i urban miljö försvårar infiltration av dagvatten. Skyddade områden nära eller i urban miljö kan också utgöra ett hinder för dagvattenhanteringen. Malmö har även en skyfallsplan (2017) där målet är att öka stadens motståndskraft mot skyfall. Fysiska åtgärder är till exempel multifunktionella lösningar och implementering av åtgärder i olika skalor, både på kommunal och privat mark. Skyfallsplanen är ett belägg för att klimatförändringarnas konsekvenser tas i akt.

Sammanfattning

Målet för samtliga kommuner är att utveckla en långsiktig hållbar vattenhantering som klarar ett förändrat klimat. Detta tydliggörs i de studerade styrdokumenterna för dagvatten för respektive kommun. Vi ser ett mönster att kommunerna strävar efter att värdera dagvatten som en resurs, prioritera multifunktionella ytor och att omhänderta dagvatten så nära källan som möjligt. Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) är en metod för hantering av regn- och smältvatten i urbana miljöer. LOD syftar till att efterlikna naturens egen vattenhantering genom att vattnet infiltreras, fördröjs och renas nära källan, istället för att ledas bort till slutna system (Eckart et al. 2017). Denna metod anses vara väsentlig i kommuners strategier för hållbar dagvattenhantering.

3.5.2 Hållbar dagvattenhantering i Sverige

I Sverige har olika strategier utvecklats för olika ändamål där en av strategierna är naturbaserad dagvattenhantering. Naturbaserade lösningar definieras enligt Naturvårdsverket som “multifunktionella och kostnadseffektiva åtgärder för att

hantera olika samhällsutmaningar genom att skydda, utveckla eller skapa ekosystem samtidigt som biologisk mångfald och mänskligt välbefinnande främjas” (Naturvårdsverket 2021:7). Naturbaserade lösningar syftar till att infiltrera, fördröja och rena dagvattnet för att minska flödet och reducera föroreningar i recipienten (Naturvårdsverket 2024c). Poängen är att efterlikna naturens egna kretslopp, tillämpat i stadsmiljön, vilket leder oss in på öppen dagvattenhantering. Öppen dagvattenhantering har blivit allt viktigare för att hantera ökade översvämningssrisker i Sverige (SMHI 2023). Till skillnad från slutna ledningssystem, får de naturliga processerna verka i ett öppet dagvattenhanteringssystem (Länsstyrelsen i Skåne län 2009). Öppen dagvattenhantering syftar till att minska avrinningen lokalt, fördröja och rena vattnet samt bidra med estetiska och rekreativa värden i staden. Genom att använda öppen dagvattenhantering kan även belastningen på ledningssystemen minskas (SMHI 2022b). Öppen dagvattenhantering används inom blågrön infrastruktur.

Blågrön infrastruktur inkluderar både grönytor och vattenmiljöer samt utgörs av naturbaserade lösningar såsom öppna dagvattensystem (Svenska miljöinstitutet 2024a). Blågröna lösningar i stadsplaneringen värnar om framtida klimatförändringar och främjar ekologiska, sociala och estetiska värden (Svenska miljöinstitutet 2024b). Det har visat sig ha flera fördelar att arbeta med blågrön infrastruktur i städer, såsom att effektivt absorbera, fördröja och rena dagvatten vilket minskar översvämningssrisken (Sörensen & Emilsson 2019). Det “gröna” i blågrön infrastruktur, det vill säga träd och parkmiljöer, bidrar till att reglera temperaturer och erbjuder svalka samt ytor för rekreation. För att fördröja och reglera stora mängder vatten konstrueras blågröna lösningar såsom regnbäddar (Svenska miljöinstitutet 2024b).

Regnbäddar är nedsänkta planteringsytor och fungerar som fördröjningsmagasin. Dessa tar emot dagvatten från hårdgjorda ytor såsom hustak och vägar. Enligt Braskerud et al. (2013) fungerar regnbäddar genom att fördröja vattnet på ytan innan det infiltrerar genom material med god genomsläpplighet. Efter infiltration kan vattnet antingen perkolera till grundvattnet eller avledas vidare genom dräneringsrör. Regnbäddar kan vara särskilt värdefulla i samband med klimatförändringar och ökad urbanisering, eftersom de kan utformas för att hantera allt mer intensiva regn (Braskerud et al. 2013).

Rapporten av Monachese et al. (2025) diskuterar hållbara system för dagvattenhantering (egen översättning) och presenterar lösningar för att hantera de växande utmaningarna med dagvatten i städer till följd av ökande urbanisering och klimatförändringar. I urbana miljöer, där andelen hårdgjorda ytor är stor, spelar lösningar som fördröjningsmagasin en avgörande roll. Fördröjningsmagasin bidrar till att dagvattnet renas innan det når vattendrag och sjöar (Boverket 2021b). Framförallt i urbana miljöer är rening av dagvattnet

viktigt, särskilt i urbana miljöer med trafikerade vägar och industriområden för att förhindra utsläpp av föroreningar i vattendrag och sjöar. I en enkätundersökning av Kalmar länsstyrelse (2018) där flera kommuner i Sverige tillfrågades, framgår det att endast omkring 8% av dagvattnet renas i tätbebyggda områden medan resterande 92% rinner orenat ut i vattendrag och sjöar. Dessa föroreningar kan både vara miljö- och hälsomässigt skadliga. Monachese et al. (2025) betonar att lösningar som fördröjningsmagasin är väsentliga för att hantera föroreningar i dagvatten. Rapporten visar att lösningarna kan effektivt fånga upp tungmetaller som är vanliga i dagvattenavrinning från trafikerade vägar och industriområden. Vidare påpekar Monachese et al. (2025) i sin rapport att fördröjningsmagasin, som är lagringsbaserade lösningar, är särskilt värdefulla för att hantera stora vattenflöden snarare än för permanent vattenlagring.

Ytterligare en effektiv form av hållbara system för dagvattenhantering är gröna tak. Enligt Monachese et al. (2025) är gröna tak utformade för att absorbera och rena dagvattnet som faller på takytan, vilket minskar ytavrinningen i urbana miljöer väsentligt. Gröna tak kan dessutom fördröja nederbörd samtidigt som de bidrar till en hållbar och estetisk tilltalande miljö (Monachese et al. 2025).

3.6 Sveriges matförsörjning och urban odling

I Sverige bevattnas jordbruksmark främst för odling av grödor som är känsliga för torka, såsom potatis, frukt och bär, grönsaker och jordgubbar. Bevattnings används dock bara för en liten andel av jordbruksmarken, vilket gör Sveriges jordbruk känsligt för längre torrperioder. Enligt Jordbruksverket (2024a) bevattnades endast 2,7 procent av den totala jordbruksmarken under 2023, och cirka 5 procent av marken har en potential att bevattnas med befintlig utrustning och vattentillgång. Dessutom anses cirka 40 procent av åkermarkerna som dåligt dränerad, vilket påverkar effektiviteten i vattenanvändningen (Jordbruksverket 2024a).

Odling i norra Europa kommer inom hundra år fortfarande vara genomförbart, medan vattenbrist i andra delar i världen kommer försvåra möjligheten för odling betydligt (Jordbruksverket 2024b). Större variationer i nederbörd, vilket innebär längre perioder utan nederbörd, påverkar jordbruket och således matförsörjningen i Sverige och runt om i världen. Enligt Jordbruksverket kan längre torrperioder göra att samhället behöver bli bättre på att hushålla med vatten för att täcka behovet under torrperioder. Därav är det av intresse att öka verksamheten av urban odling när jordbruket inte kan tillgodose matförsörjningen under torka.

Längre torrperioder medför en risk för Sveriges jordbruk, vilket understryker vikten av alternativ matförsörjning i svenska städer. Genom att införa mer odling i staden skulle detta avlasta jordbruket till viss del. Stadsodling har flera fördelar,

det är lokalt, kan stärka gemenskapen och främja folkhälsan (Stockholm stad 2021).

3.7 Aspekter att inkludera i analysen

Ett grundläggande problem är att vattnets naturliga kretslopp störs av en ökad andel hårdgjorda ytor som asfalt och betong, vilket minskar markens infiltrationsförmåga och ökar ytavrinningen. Detta leder till större risk för översvämningar vid skyfall samt minskad grundvattenbildning, vilket i sin tur kan resultera i vattenbrist under torrperioder. Klimatförändringarna förstärker dessa problem ytterligare genom att öka både intensiteten och förekomsten av extrema regn och längre torrperioder. Exempel som översvämningarna i Uppsala 2018, och Gävle 2021, illustrerar tydligt behovet av bättre anpassade lösningar (Persson 2022 & Länsstyrelsen Gävleborg 2022). Samtidigt visar kommuner som Västervik att även vattenbrist börjar bli ett reellt problem i Sverige, vilket kräver strategier för hållbar vattenanvändning.

För att möta dessa utmaningar har många svenska kommuner utvecklat dagvattenstrategier där lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), blågrön infrastruktur samt öppna dagvattensystem prioriteras framför slutna ledningssystem (Eckart et al. 2017, Sörensen & Emilsson 2019). Däremot framgår detta främst som mål och riktlinjer, vilket innebär att Sverige fortfarande står inför en omfattande klimatanpassad omställning. Lösningar som fördröjningsmagasin, regnbäddar och gröna tak används allt oftare för att fördröja, infiltrera och rena dagvatten nära källan. Dessa lösningar bidrar samtidigt med ekologiska värden, rekreationsmöjligheter och estetiska kvaliteter i stadsmiljön (Burda och Nyka 2023). Trots detta finns det fortfarande stora brister i dagens system (Cettner 2012). Dessutom ger längre torrperioder konsekvenser som kan komma att påverka hela landets matförsörjning.

Aspekterna som tagits upp utgör grunden för den jämförande analysen med historiska vattenhanteringsmetoder från forntida Egypten och Machu Picchu.

4. Civilisationer formade av vatten: historisk vattenhantering

I det här avsnittet fokuseras innehållet på historisk vattenhantering för att ta reda på vad som föregått dagens vattenhantering och ifall det finns metoder som kan användas idag. Angelakis & Mays (2012) nämner i boken *Evolution of Water Supply Through the Millennia*:

“Many of our present water technological principles have a foundation dating back three to four thousand years ago. These achievements include technologies such as dams, wells, cisterns, aqueducts, baths, recreational structures, and even water reuse.”
(Angelakis & Mays 2012: xxii).

Utöver metoder från forntida Egypten, beskrivs de metoder inkafolket i Machu Picchu använde för att hantera extrema klimatförhållanden i följande avsnitt. Machu Picchu lyfts fram som ett inspirerande exempel för innovativa dagvattenlösningar idag på grund av dess avancerade och hållbara vattenhanteringssystem “Machu Picchu’s well-designed drainage infrastructure is one of its most remarkable secrets. It is also one of the keys to its longevity” (Brown 2000:4).

4.1 Forntida Egyptens historia och hur klimatet påverkade vattenhanteringsmetoderna

Den forntida egyptiska civilisationen, som växte fram i Nildalen, utmärker sig som en av historiens mest långlivade och stabila kulturer. Dess ursprung kan spåras tillbaka till omkring 11 000-10 000 år sedan, då de första bosättningarna började formas i området (Postel 1999). Det var dock först för cirka 5000 år sedan som civilisationen blev helt beroende av Nilens årliga översvämningar för sin överlevnad och utveckling samt att många hydrauliska teknologier uppfanns (Mays 2010). Till skillnad från andra högkulturer såsom de i Mesopotamien och Indusdalen, lyckades den egyptiska civilisationen upprätthålla en kontinuerlig utveckling under mer än 5000 år (Postel 1999).



Figur 2. Nilen, Egypten. (Innerpeaceseeker. (2024). Luxor from Air, Egypt. [fotografi]. <https://www.istockphoto.com/se/foto/luxor-from-air-egypt-gm2167324917-587392404> [2025-03-11] 2167324917)

Det forntida Egypten hade ett varmt och torrt klimat, vilket utgjorde en utmaning för odling. Jordbruket och samhällets överlevnad möjliggjordes av tillgången på vatten från Nilen som skapade förutsättningar för odling i det torra klimatet (Mays 2010). Nilen som visas i figur 2, präglades av regelbundna och relativt förutsägbara översvämningar och varade från juni till september (Angelakis & Mays 2012).

Vatten hade inte bara en praktisk betydelse utan också en djup religiös och kulturell innebörd i det forntida Egypten. Egyptierna liknade Nilens uppgång och nedgång vid solens, och båda cyklerna var lika mystiska och betydande för deras liv (Mays 2010). De betraktade floden som en del av det stora himmelska havet som omgav världen, då Nilens källor var okända fram till 1800-talet (Angelakis & Mays 2012:4). Detta förstärkte Nilens heliga status och speglar egyptiernas syn på floden samt vattnets betydelse för deras liv och samhällen.

4.1.1 Forntida Egyptens vattenhanteringsmetoder

Torkproblematiken i forntida Egypten gjorde vattenhanteringssystemen till en avgörande del av civilisationens framgång, särskilt i hanteringen av Nilens årliga översvämningar. Varje år täcktes stora delar mark runtomkring Nilen av vatten. När vattnet långsamt dränerades bort av naturliga skäl, lämnades ett nytt lager av silt ovanpå marken varje år. Lagret var bördigt och rikt med organiskt material, samt möjliggjorde jordbruket för egyptierna (Angelakis & Mays 2012:129). Dessa översvämningar var både en välsignelse och en potentiell fara eftersom översvämningarna kunde förstöra byggnader, infrastruktur och satte liv i fara. Egyptierna utvecklade systematiska bevattningsmetoder för att kontrollera och dra nytta av flodens dynamik. Den första konstgjorda bevattningen, som kallades bassängsbevattning, etablerades under den första dynastin omkring 3100 f.kr. Bassängsbevattning innebar att flodslätten delades in i bassänger av olika storlekar genom ett nätverk av jordvallar, både parallella och vinkelräta mot

floden. Dessa vallar fungerade som barriärer som styrde översvämningvattnet till specifika områden där jorden kunde mättas med vatten och näringsrikt slam. Vattenflödet reglerades med hjälp av slussar som dirigerade översvämningvattnet in i bassängerna. För att säkerställa att jorden blev tillräckligt mättad, fick vattnet stå kvar i cirka 40-60 dagar. Därefter dränerades det kvarvarande vattnet till bassänger eller kanaler nedströms. Konstbevattningen ökade arealen för åkermark och efter att dräneringsprocessen var klar kunde grödor planteras (Mays 2010).

För att mäta vattennivån i Nilen utvecklades en så kallad "Nilometer" (Angelakis & Mays 2012:130-131). Nilometrarna var vertikalt utplacerade med floden för att hålla koll på vattennivån genom säsongvariationerna och förutsäga Nilens årliga översvämningar. Genom att mäta vattennivån kunde egyptierna anpassa sina bevattningssystem, vilket bidrog till ett stabilt och hållbart jordbruk (Postel 1999).

Vid Nilens utlopp ligger den forntida kuststaden Alexandria. Staden har haft undermåliga vattenresurser att tillgå och därför utvecklades det hydrauliska tekniker för att ta till vara på vattnet. Forskning kring hur vattenhanteringen fungerade bygger på arkeologiska utgrävningar. En av de större upptäckterna var Alexandrias cisterner (Spanoudi 2021). Dagvatten leddes till cisternerna (behållare för vatten) och lagrades för att kunna utnyttjas vid senare tillfällen. Under stadens gator fanns en hög vattenförsörjningsinfrastruktur som också fungerade som nedkylning för staden genom luftströmmar från havet (Spanoudi 2021). Enligt Spanoudi (2021) visar sig några av de moderna vattenledningarna vara anslutna till det gamla avloppssystemet och som Angelakis & Mays (2012) beskriver kan förvaltning av äldre funktioner snarare än ny teknikutveckling vara en lösning till de vattenresursproblem som ökar runt om i världen idag.

4.2 Machu Picchu historia och hur klimatet påverkade vattenhanteringsmetoderna

Machu Picchu, beläget på en bergsrygg i Anderna i Peru, är en av världens mest kända arkeologiska platser och utgör ett betydande arv från Inkariket. Staden byggdes under mitten av 1400-talet, men övergavs under mitten av 1500-talet i samband med den spanska erövringen av Inkariket (UNESCO u.å). Under nästan fyrahundra år låg platsen gömd och täckt av vegetation innan den 1911 upptäcktes av Yale-professorn Hiram Bingham. Trots att staden varit övergiven så länge var dess struktur nästan intakt, vilket vittnar om den avancerade tekniken bakom dess konstruktion (Wright 2021). Staden ligger på 2438 meters höjd över havet, mellan bergen Machu Picchu och Huayna Picchu, samt omges av Urubambafloden. Det geografiska läget präglas av branta sluttningar, vilket synliggörs i figur 3, och ett tropiskt klimat med en årlig nederbörd på cirka 2000 mm (Wright 2021).



Figur 3. Machu Picchus utformning. (dgphilli. (2005). Wide angle Machu Picchu. [fotografi]. <https://www.flickr.com/photos/75811596@N00/52039234> [2025-03-11] CC BY-NC 2.0)

Att bygga en välplanerad stad i en avlägsen bergsmiljö krävde en omfattande infrastruktur och utan tillgång till uppfinningar som skrivspråk, hjulet och järn, gör inkafolkets Machu Picchu ännu mer anmärkningsvärd (Wright et al. 1999, se Moseley 1992). Beaktansvärt är de säsongsvariationer som styr klimatförhållandena i Machu Picchu. Sommarsäsongen är regnig och varar från oktober till mars medan vinterperioden är torr från maj till augusti (Wright et al. 1999). De två säsongperioderna spelar en avgörande roll för hur inkafolket utformade sina vattenhanteringsmetoder, vilket speglas i utformningen.

Den andiska mytologin var central för inkarikets utveckling och utformning (Bray 2017). Vatten betraktades som heligt enligt den andinska mytologin och associerades med livets ursprung samt gudomliga krafter. Även årliga ceremonier synkroniserades med hydrologiska cykler, vilket visar på hur vatten var centralt i Inkafolkets religiösa ceremonier (Bray 2017). Detta synsätt återspeglas i den omsorg som lades på att skydda vattenkällorna från föroreningar genom separata kanaler för dricksvatten och avrinning (Brown 2000, se Wright 1999). Den avancerade hydrauliska tekniken Inkariket använde för att kontrollera vattenflöden hade inte bara praktiska syften, utan fungerade även som symboliska uttryck för politisk makt och religiös legitimitet (Bray 2017).

4.2.1 Machu Picchus vattenhanteringsmetoder

Såsom nämndes i föregående avsnitt spelade vatten en central roll i Machu Picchus planering och utformning. Inkafolket utvecklade således ett avancerat system för vattenförsörjning och dränering som säkerställde stadens hållbarhet trots dess utmanande terräng och klimatförhållanden. En av de mest framträdande aspekterna av detta system var användningen av terrassering, både för jordbruk och för att hantera stora mängder nederbörd.

Terrasserna byggdes med flera lager för att möjliggöra effektiv dränering. Först ett bottenlager av stora stenar, följt av grus, sand och slutligen bördig jord på toppen. De djupare jordlagren är mer granulära än matjorden, vilket förbättrar genomsläppligheten och möjliggör underjordisk dränering (Wright et al. 1999). Denna konstruktion förstärktes och stabiliserades med stenväggar, vilket ökade terrassernas motståndskraftighet mot jordbävningar. Denna teknik möjliggjorde också en infiltration av vatten genom marken utan att orsaka erosion eller jordskred. Dessutom lutade terrasserna något mot dräneringskanaler som samlade upp överflödigt vatten (Wright et al. 1999).

Terrasseringen fungerade multifunktionellt, då de skyddade sluttningarna från erosion samtidigt som den skapade odlingsbar mark (Wright et al. 1999). Ingen konstbevattning behövdes då den höga nederbörden var tillräcklig för att stödja jordbruket. Dräneringsvatten från jordbruket och ytvatten från bassänger samlades upp i fontäner på de lägre terrasserna nedanför Machu Picchu (Wright et al. 1999). Terrasseringen integrerades med andra delar av stadens vatteninfrastruktur. Vattenkanaler korsade terrasserna men användes enbart för att transportera dricksvatten från en naturlig källa på norra sidan av Machu Picchu-berget till urbana områden och fontäner (Wright et al. 1999). Från den naturliga källan gick en lång kanal på 749 meter som följde bergets lutning och använde gravitationen för att kunna förse staden med vatten (Wright 2021).

4.3 Historiska aspekter att inkludera i analysen

Vattenhanteringsmetoder som utvecklats under utmanande klimatförhållanden bedöms enligt vår mening vara av stor relevans för nutida lösningar. Forntida Egypten utnyttjade naturens egna processer genom att använda bassängbevattning för att hantera Nilens översvämningar och lagra vatten för jordbruk under torrperioder (Mays 2010). Egyptierna betraktade vatten som en resurs och anpassade sig till Nilens naturliga cykler (Postel 1999). Till skillnad från i forntida Egypten hade Machu Picchu extrema nederbörds mängder. Machu Picchus system av terrasser och dräneringskanaler hanterade den rikliga nederbörden i den branta bergsterrängen. Terrasserna stabiliserade sluttningar, möjliggjorde infiltration och skyddade mot erosion. Separata kanaler höll dricksvattnet rent (Wright et al. 1999). Sammanfattningsvis har forntida Egypten och Machu Picchus metoder utformats för att hantera torka respektive skyfall, två fenomen som nu utgör utmaningar för Sveriges befintliga vattenhanteringssystem.

5. Jämförande analys – kan de historiska metoderna inspirera vattenhantering idag?

Genom en sammanställning av information från historiska anläggningar i en jämförande analys kan centrala principer och lärdomar urskiljas och användas som grund för att tillämpa historiska metoder i dagens Sverige. En redovisning av likheter och skillnader mellan de historiska anläggningarna och Sverige presenteras i nedanstående tabell.

Aspekter	Forntida Egypten	Machu Picchu	Sverige idag
Huvudsyfte med vattenhantering	- Säkerställa vattentillgång i ett extremt torrt klimat - Utnyttja Nilens översvämningar	- Terrasserna hanterade kraftig nederbörd - Möjliggöra jordbruk i bergsterräng	- Avleda dagvatten från hårdgjorda ytor - Hantera de utmaningar som klimatförändringar och urbanisering medför (skyfall, torrperioder, ökad andel hårdgjorda ytor)
Andra funktioner av vattenhanteringen	- Religiös och kulturell betydelse - Möjliggöra jordbruk	- Erosionskontroll - Matförsörjning - Religiös symbolik - Maktuttryck	- Ekosystemtjänster - Estetiska värden - Rekreativa ytor
Klimatanpassning	- Bassängbevattning för att lagra vatten under torka - Anpassning till Nilens cykler - Arbetade med naturens processer	- Terrasser med flerskiktad struktur för infiltration - Gravitationsbaserade kanaler - Arbetade med naturens processer	- Dagvattenstrategier - Blågrön infrastruktur såsom: - Lokalt omhändertagande (LOD) - Regnbäddar - Fördröjningsmagasin - Integrering av ekosystemtjänster - Mångfunktionella lösningar

Tekniska lösningar	- Kanaler - Nilometrar - Bassängbevattning	- Terrasser, - Underjordiska dräneringssystem - Separata dricksvattensystem	- Slutna ledningssystem - Gröna tak - Fördröjningsmagasin - Regnbäddar
Resiliens mot klimatförhållanden	- Lagrade vatten under torrperioder - Sårbar för extrema flödesvariationer i Nilen	- Robust uppbyggnad - Motståndskraftigt mot hög nederbörd - Hållbart, över 400 år	- Identifierat otillräckliga VA-system för skyfall - Naturbaserade lösningar - Förvaltningsplan för torrperioder
Hantering av föroreningar	- Naturlig rening via Nilen	- Terrasser som bland annat filtrerar vatten - Separata dricksvattensystem	- Komplex föroreningshantering, dock låg i förhållande till mängden föroreningar.

Tabell 1. Sammanställning över metoder, funktioner och anpassningar från forntida Egyptens, Machu Picchus och Sveriges vattenhantering.

5.1 Analys och sammanställning

Resultatet av studien visar att Machu Picchu och forntida Egypten på olika sätt kan ses som källor för inspiration av hållbara lösningar i Sverige. Baserat på den jämförande analysen av de historiska vattenhanteringssystem och dagens Sverige kommer följande avsnitt åskådliggöra metoder och principer som är lämpliga att använda i svensk dagvattenhantering.

5.1.1 Vilka lösningar och anpassningar gjorde forntida Egypten motståndskraftigt mot torka och översvämningar?

I forntida Egypten var klimatförhållandena med långa torrperioder drivkraften bakom en avancerad vattenhantering, som utöver den praktiska funktionen även hade en djup kulturell och religiös betydelse. Egyptierna visade sin motståndskraft mot torka och översvämningar genom att anpassa sig till Nilens naturliga cykler och använda dessa till sin fördel. Huvudsyftet med vattenhanteringssystemen var att utnyttja Nilens översvämningar för att möjliggöra jordbruk i ett extremt torrt

klimat. Med en mycket begränsad nederbörd och ett landskap dominerat av öken var Nilen den enda pålitliga källan till vatten för både jordbruk och överlevnad. Vattenflödet kontrollerades genom bassängbevattningssystem och kanaler för att lagra vatten och säkerställa att näringsrikt slam spreds över odlingsmarkerna.

5.1.2 Vilka lösningar och anpassningar gjorde Machu Picchu motståndskraftigt mot höga nederbördsmängder?

I Machu Picchu är utformningen av vattenhanteringssystemen starkt kopplad till de utmaningar som den höga nederbörden och bergsterrängen för med sig. För att hantera detta byggde inkafolket ett avancerat dräneringssystem som inkluderade jordbruksterrasser och underjordiska strukturer. Terrassernas flerskiktade struktur stabiliserade branta sluttningar och möjliggjorde infiltration av vatten. De syftade även till att leda bort vatten och möjliggöra för jordbruk i den utmanande bergsterrängen (Wright 2021), vilket kan liknas med dagens strävan efter multifunktionella ytor. Jordbruket var avgörande för matförsörjningen och samhällets överlevnad. Dessa omfattande anpassningar inom infrastruktur och vattenhantering gjorde Machu Picchus system motståndskraftigt i en annars utmanande miljö (Wright et.al 1999).

5.1.3 Jämförelse mellan historisk vattenhantering och Sverige

En av de mest påtagliga skillnaderna mellan de historiska och svenska vattenhanteringsmetoderna är att de har anpassats efter olika klimat- och miljöförhållanden. Exempelvis utmärker sig Machu Picchu med sin branta topografi i jämförelse med Sveriges generellt flackare landskap. Därutöver är en tydlig skillnad mellan historiska och moderna system det ökade föroreningsproblemet i urbana miljöer, vilket framgår i de styrdokument som undersöktes i avsnitt 3.5.1. De historiska anläggningarna hanterade inte de föroreningar som finns i dagens samhälle, som kommer från exempelvis trafikerade vägar och industriområden (Stråe et al. 2019). Idag behöver dagvattnet renas, vilket bland annat sker genom blågröna lösningar (Sörensen & Emilsson 2019). Moderna blågröna lösningar efterliknar historiska principer på ett sätt, genom att båda arbetar med naturens processer, men måste samtidigt integrera en reningskapacitet för att hantera de föroreningar som förekommer i dagens urbana miljöer.

Skillnaden i föroreningshanteringen mellan historiska system och idag återspeglar en bredare förändring i vattenhanteringsens syfte genom historien. Medan de befintliga VA-systemen främst fokuserar på avledning av dagvatten, hade de historiska systemen en tydligare multifunktionalitet. I de styrdokument som Sveriges kommuner använder för dagvattenhantering ser vi även att

multifunktionella ytor eftersträvas. Exempelvis står det i Uppsala kommuns vattenprogram (2021) att "Samhällsbyggnadsplaneringen skapar utrymme för multifunktionella anläggningar som ger mervärden ur fler perspektiv än bara dagvattenrening" (Uppsala kommun 2021:7). Därav anser vi att de historiska metoderna kan inspirera till metoder på hur lösningar kan uppfylla fler värden utöver vattenhantering. Vattenhanteringsmetoderna i forntida Egypten uppfyllde flera funktioner än vattenförsörjning och översvämningskontroll. Bassängsbevattningen bidrog, utöver vattenhantering, till jordbruket genom bevattning och gödsling. På liknande sätt utvecklade inkafolket i Machu Picchu terrasssystem som tillgodosåg flera syften, som att hantera nederbörd, motverka erosion och samtidigt skapa odlingsbara ytor. Denna historiska multifunktionalitet är en nygammal metod i modern hållbar dagvattenhantering. I Burda och Nykas artikel (2023) presenteras flera exempel på städer där dessa system har implementerats som hanterar dagvatten samtidigt som de skapar attraktiva miljöer och rekreativa ytor.

Förutom skillnader i föroreningshantering och multifunktionalitet skiljer sig de historiska systemen genom sin unika hållbarhet över tid. Machu Picchus vattenhanteringssystem har bevarats i över 400 år, tack vare sin robusta uppbyggnad (Wright 2021). I jämförelse saknar moderna svenska vattenhanteringsystem samma långsiktiga hållbarhet. Dagens dagvattenlösningar blir ofta överbelastade och ständigt underhåll behövs (Cettner 2012). Denna kontrast i livslängd hos Machu Picchus och Sveriges system beror delvis på de olika utgångspunkterna för systemens utformning. Inkafolket kunde från början utforma sina system för att hantera hög nederbörd, medan Sveriges dagvattenhantering har utvecklats efter det behov som har funnits för att avleda dagvatten. Sverige har fått förändrade förutsättningar under de senaste decennierna, både genom förtätning och de utmaningar som klimatförändringarna medför. I takt med att klimatförändringarna och urbaniseringen ställer nya krav på dagvattenhanteringen, står Sverige nu inför en omfattande omställning och utmaningen att anpassa befintliga system för ökade nederbördsmängder.

5.2 Hur kan de historiska metoderna inspirera lösningar i en svensk urban miljö?

Forntida Egypten

Den markanta skillnaden i samhällsstruktur, teknisk utveckling och miljö mellan det forntida Egypten och dagens Sverige gör det svårt att använda egyptiernas metoder i urban miljö. Forntida Egyptens tekniska lösningar anses därför inte vara till större hjälp i utformningen av tekniska lösningar för svensk dagvattenhantering inför kommande klimatförändringar. Däremot går det att

konstatera att egyptierna var förespråkare för att hantera och ta hand om vatten i ett torrt klimat, vilket är relevant att undersöka när Sverige kommer att ställas inför ett torrare klimat framöver (Jordbruksverket 2024a). Torrperioder är ett hot mot jordbruket och egyptiernas metod att lagra vatten för att säkerställa vatten- och matförsörjningen samtidigt som de hanterade översvämningar skulle kunna ses som ett föredöme för Sverige. Analysen visar på egyptiernas förmåga att ta hand om vatten och använda översvämningarna som en resurs. Detta anser vi kan inspirera svenska kommuner till att använda sig och arbeta med naturens processer i en högre grad än idag, vilket forntida Egyptens översvänningsmetoder understryker.

Machu Picchu

Machu Picchus terrasser anser vi kan inspirera och vara till hjälp i dagens dagvattenhantering inför kommande klimatförändringar. Terrasssystemen i Machu Picchu, som användes för att hantera nederbörd, motverka erosion och skapa odlingsbara ytor, framstår som en potentiell inspirationskälla för Sveriges dagvattenhantering. Eftersom miljön i Machu Picchu skiljer sig avsevärt från Sverige, särskilt vad gäller topografi och nederbörd, 2000 mm (Wright 2021) respektive 600 mm årsmedelnederbörd (SMHI u.å.a), föreslås terrasser som anpassas till svenska förhållanden i en mindre skala.

För att vara praktiskt genomförbart i svenska städer behöver historiskt inspirerade lösningar integreras med befintlig infrastruktur. Terrasseringar kan avlasta befintliga ledningssystem vid kraftig nederbörd. En integrerad lösning skulle kunna utformas där de terrasserade systemen fördröjer och infiltrerar dagvattnet lokalt innan det når lågpunkten i slutet av backen. Vid extrema regn leds överskottsvattnet från terrasserna till befintliga dagvattensystem.

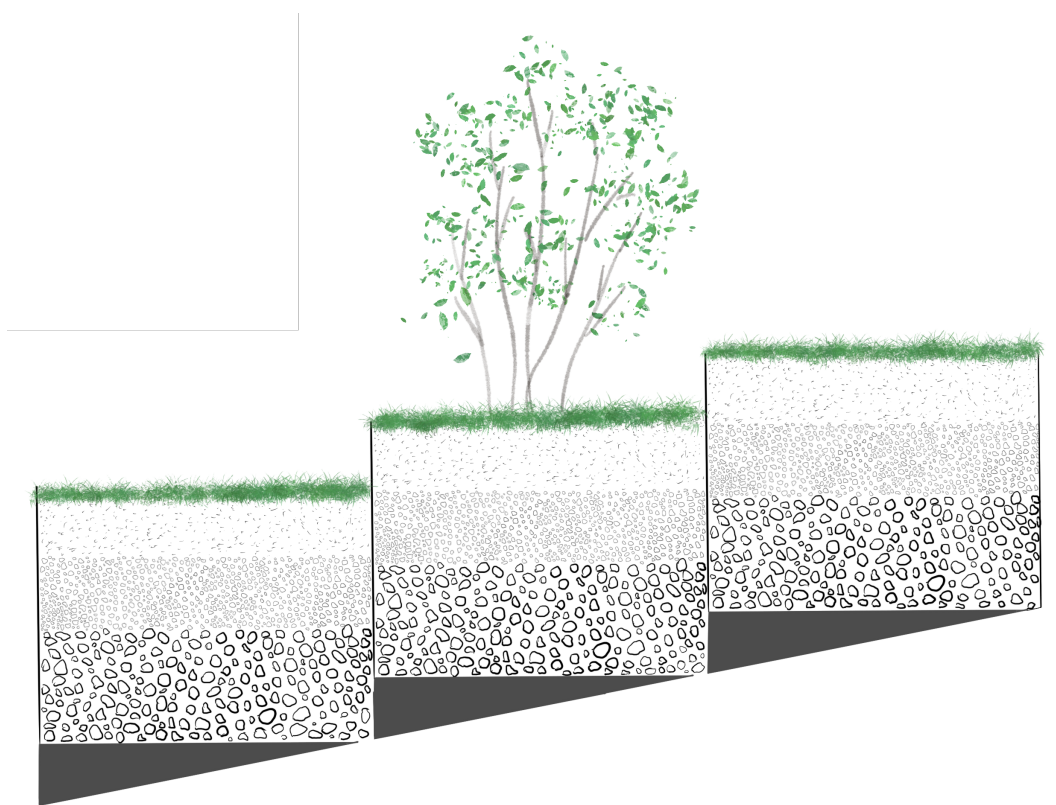
I en urban miljö skulle terrasserna bidra till att hantera dagvatten och minska översvänningsrisken, samtidigt som de utnyttjar annars obrukbara sluttande ytor. Terrasserna skulle, likt inkafolkets system, anläggas med flerskiktade lager för att fördröja och infiltrera dagvatten. De skulle fungera på liknande sätt som dagens LOD-lösningar (Eckart et al. 2017), genom att lokalt omhänderta dagvatten i branta stadsdelar. Samtidigt skulle terrasserna utgöra multifunktionella ytor i staden, genom att minska belastningen på befintliga VA-system och möjliggöra ytor för odling på terrasserna i brant sluttande områden. Terrasserna hjälper därav till med hanteringen av andra utmaningar som klimatförändringarna medför, eftersom ett torrare klimat i Sverige kommer att påverka jordbruket och matförsörjningen. Stadsodling på terrasserna kan därför ses som en framtida lösning för att behandla en ökad efterfrågan på matförsörjningen (Stockholm stad 2021).

Utöver vattenhantering och matproduktion kan terrasserna bidra med rekreativa värden och främja biologisk mångfald i urbana miljöer. Där stadsodling

inte är lämpligt föreslås att terrassernas horisontella ytor används som växtbäddar, för att öka grönskan och höja stadens estetiska och ekologiska värden. Deras funktion kan då liknas med regnbäddar (Braskerud et al. 2013). De fungerar fortfarande som multifunktionella ytor där funktionalitet kombineras med estetik.

5.2.1 Förenklat förslag på terrasseringen och dess funktion

För att exemplifiera hur terrasserna kan utformas för en svensk urban kontext föreslår vi en enkel konstruktion baserad på den struktur som användes i Machu Picchu och illustreras i figur 4. Däremot är följande illustration inte ett färdigt förslag, utan dess syfte är att illustrera terrasseringen och dess funktion.



Figur 4. Förslag på terrasseringens struktur, ej skalenligt. (Runåker, L (2025). [illustration].

För att anpassas till Sveriges förutsättningar, bidra till fördröjning och infiltration samt för plantering av perenner eller dylikt, föreslås terrasseringen i mindre skala bestå av tre olika lager. Illustrationen, figur 4, över terrasseringens utformning och lagerstruktur baseras på den skiktade strukturen hos terrasserna i Machu Picchu (Wright et al. 1999). Där bottenlagret består av grövre kornstorlek, följt av ett lager med mindre kornstorlek och slutligen bördig jord på toppen. Eftersom terrasserna placeras i en sluttning behöver marken kompakteras (mörkgrå färg i

figur 4) innan uppbyggnad av terrasserna. Däremot bör strukturen av terrasseringen undersökas vidare.

Växtval anpassas efter ståndpunkt och nivå på terrassen, eftersom de olika nivåerna på varje horisontell yta på terrasserna kommer ge växterna olika förutsättningar. För terrasser som ska bidra med estetiska värden föreslås perenner, sommarblommor eller mindre träd, beroende på var och i vilken skala terrasseringen ska tillämpas. Att föredra är lättskötta växtval, för att minimera förvaltningskostnader. För terrasser som ska fungera som odlingsytor föreslås att växtvalet anpassas efter vilken nivå dessa odlas på för att säkerställa de bästa förutsättningarna för tillväxt. För att skapa optimala förhållanden för stadsodling kan terrasserna implementeras i nära anslutning till lägenhetshus för boende som inte har tillgång till egen trädgård. Ett gynnande koncept hade då varit att de boende sköter odlingen, för att minska förvaltningskostnader, och erhålla de grönsaker, frukt eller bär som produceras i odlingsytorna.

6. Diskussion kring resultat och metod

Denna studie syftar huvudsakligen till att undersöka om historiska vattenhanteringsmetoder kan bidra med relevanta insikter för att hantera dagens och framtidens klimatutmaningar. I föregående avsnitt föreslogs tillvägagångssätt som potentiellt kan integreras i en modern kontext. I följande avsnitt redogörs möjligheterna för historisk vattenhantering inom ramen för samtida landskapsarkitektur. Fokus ligger på den praktiska genomförbarheten samt potentiella konflikter som kan uppstå när inspiration tas från historiska lösningar i en urban miljö.

I den jämförande analysen visas hur urbaniseringen har förändrat förutsättningarna fundamentalt för mer naturlig vattenhantering. Andelen hårdgjorda ytor i moderna städer har ökat drastiskt jämfört med historiska samhällen, vilket har brutit vattnets naturliga kretslopp. Detta har skapat en fysisk miljö där de historiska metoderna inte kan implementeras utan omfattande anpassningar och ombyggnationer. Medan Machu Picchus terrasser och forntida Egyptens bassängbevattning krävde stora ytor och integrerades i samhällsplaneringen från början, står dagens städer inför utmaningen att implementera hållbar vattenhantering i en redan bebyggd miljö med begränsat utrymme.

6.1 Inspiration från Machu Picchus terrasser - potential och begränsningar

Analysresultaten visar att Machu Picchus terrasseringsystem erbjuder den mest lovande metoden för att hantera ökade nederbörds mängder i svenska urbana miljöer. Att ta inspiration från Machu Picchus terrasser för Sveriges brantare urbana områden anser vi har flera fördelar. Till exempel stabiliserade Machu Picchus flerskiktade terrasser marken mot erosion, samtidigt som de skapade mikroklimat för jordbruk. I Sverige behövs fler liknande lösningar som återinför lokal infiltration och fördröjning. Dessutom eftersträvas klimatanpassad dagvattenhantering som även minskar risken för ras, skred och erosion (Naturvårdsverket 2017), vilket gör terrasseringslösningar ännu mer relevanta i en svensk miljö. Däremot måste det utrymme dessa tar i stadsrummet beaktas vid omställningen till en ökad öppen dagvattenhantering, till skillnad från underjordiska slutna system. För att motivera det extra markanspråket bör terrassernas multifunktionalitet framhävas, då de kan bidra med dagvattenhantering, matproduktion, biologisk mångfald, rekreation och estetiska värden.

Sveriges varierande topografi gör terrassernas anpassningsförmåga väsentlig. Vi föreslår att tillämpning av terrass-inspirerade lösningar först undersöks i kuperade områden med höga nederbördsmängder. Däremot ser vi en möjlighet att tillämpningen även kan ske i ett plattare landskap, men i mycket mindre skala. Denna integration skulle vara särskilt värdefull i områden med höga översvämningssrisker, exempelvis Gävle, där stora översvämningar skedde vid lågpunkter (Länsstyrelsen Gävleborg 2022).

Anpassningsförmågan och skalbarheten är två styrkor hos terrasssystemen. Terrass-inspirerade lösningar kan tillämpas i olika skalor beroende på tillgängligt utrymme och lokala behov, då dessa fokuserar främst på lokalt omhändertagande av dagvatten istället för att hantera hela avrinningsområden. Tillämpningen kan ske i en mycket liten skala, som mindre gröna ytor i urbana miljöer eller i en medelstor skala som i parker och längs sluttande gator. En storskalig tillämpning skulle kunna ske i nya utvecklingsområden där terrassering kan integreras från början i planeringsprocessen.

Lösningar inspirerade av historiska metoder kan medföra flera utmaningar, gällande bland annat ekonomisk, kulturell och social hållbarhet. Å ena sidan bör de lokala arkitektoniska uttrycken och traditionerna tas hänsyn till vid utformningen av nya system. Å andra sidan skulle terrassering bidra med att synliggöra vattenhanteringen i stadsrummet och därmed öka medvetenheten om klimatfrågor. För att underlätta implementeringen av terrass-inspirerade lösningar rekommenderar vi att kommuner utvecklar specifika riktlinjer för terrassering inom exempelvis sina dagvattenstrategier. Dessa riktlinjer bör inkludera hur terrasseringen kan anpassas till lokala förhållanden.

6.2 Inspiration från forntida Egypten - potential och begränsningar

Forntida Egyptens främsta bidrag ligger inte i de tekniska lösningarna utan i synsättet, det vill säga hur egyptierna utnyttjade översvämningarna och såg vatten som en värdefull resurs att hushålla med (Angelakis & Mays 2012). Detta perspektiv är särskilt relevant när Sverige står inför både ökade översvämningssrisker och längre torrperioder (SMHI 2024a). Enligt vår mening har inte vatten samma värde i svensk stadsplanering och tas därför inte tillvara på ett sätt som både skulle vara mer hållbart och eftersträvaisvärt. Vi kan dock konstatera utifrån denna studie att fler och fler kommuner strävar efter att arbeta med dagvatten som en resurs. Sverige håller på att omvärdera den tidigare problemfokuserade dagvattenhanteringen, men arbetet har inte kommit så pass långt, utan benämns fortfarande som mål i styrdokumentet, där ekonomi är en begränsande faktor för att utveckla infrastrukturen.

Egyptiernas metod för att lagra vatten för senare användning kan inspirera moderna system för vattenåtervinning i svenska städer. Detta är något som görs nu i och med att blågröna lösningar prioriteras alltmer, men omställningen i dagvattenfrågan kräver fortfarande större investeringar. Initiativ som EU:s kampanj Ny syn på vatten där Havs och vattenmyndigheten medverkar, arbetar med lösningar där vatten betraktas som en resurs (HaV 2024). Att omvärdera vårt, ofta problemfokuserade synsätt på vatten kan spela en avgörande roll i att förbättra hanteringen av ökade översvämningsrisker och vattenbrist. Detta synsätt kan inspirera dagvattenplaneringen i Sveriges kommuners styrdokument för dagvattenhantering, vilket understryks av Västerviks kommuns dagvattenstrategi: ”Det är också viktigt att dagvatten ses som en resurs som kan tillföra en mängd mervärden” (Västerviks kommun 2020:4). Genom att utnyttja extremväder och betrakta vatten som en resurs snarare än ett hinder kan lösningar utvecklas som inte bara hanterar och avleder dagvatten från extremväder, utan också skapar positiva ekologiska och rekreativa värden. Detta går i linje med de lösningarna som Burda och Nyka (2023) tar upp i sin artikel som fokuserar på morfologiska egenskaper mellan land och vatten. Ett exempel är så kallade “soft transitions zones” (2023:20), där de hårda övergångarna mellan land och vatten föreslås mildras för att skapa nya förhållanden som uppstår med övergången. Zonerna utgör blåa rum och får nya egenskaper i jämförelse med den tidigare hårda övergången (*ibid.*). Detta visar på hur vatten kan användas och integreras som en resurs.

6.3 Metoddiskussion

Den jämförande analysen och sammanställningen visade sig vara en effektiv metod för att identifiera relevanta lärdomar från de historiska systemen. Genom att ta fram och använda ett ramverk kunde jämförelsen struktureras på ett tydligt sätt. Dock finns vissa begränsningar. Den geografiska och kulturella skillnaden mellan de historiska systemen och dagens Sverige gör det svårt att direkt överföra lösningarna utan anpassning. Dessutom bygger en del av analysen på sekundärkällor, vilket innebär att resultaten är beroende av den tidigare forskningens kvalitet. Metoden är också begränsande då ramverket inte tar hänsyn till ekonomiska eller politiska faktorer, vilka kan påverka implementeringen av hållbara lösningar i Sverige.

Ramverket bygger på tillgänglig litteratur om historiska system som utgår ifrån arkeologiska undersökningar med varierande detaljnivå. I och med detta kan viktiga detaljer gällande tekniken i system förloras eller misstolkas. Utöver detta utgår jämförelsen från en förenklad bild av Sveriges dagvattenhantering som inte fullt ut speglar alla olika metoder samt de varierande väder- och klimatförhållanden inom landet. Ramverket tar därför inte hänsyn till de lokala

förutsättningarna som skiljer sig beroende på var i Sverige dagvattenhanteringen ska implementeras. Däremot behandlar studien ett urval av Sveriges kommuners dagvattenstrategier för att ge en helhetsbild över landets olika förutsättningar och utmaningar. Analysen har därför tagit hänsyn på ett lämpligt sätt till detta, men bilden är fortfarande förenklad eftersom studien har varit för tidsbegränsad för djupare undersökning.

Hur syftet och frågeställningarna har utformats och hanterats anser vi som passande och lyckade i och med att dessa ledde oss fram till ett resultat som kan inspirera Sveriges dagvattenhantering. De historiska metoderna anses kunna ge värdefull inspiration eftersom fördelarna med terrasser inte utnyttjas i Sverige idag. Frågeställningarna tar däremot inte hänsyn till de sociala eller kulturella faktorerna som en implementering av historiska metoder skulle orsaka. Exempelvis kan frågor kring Sveriges kulturhistoria väckas, då terrassering är en metod som inte är förankrad i svensk arkitekturhistoria. Studien har lyckats med att undersöka Egyptens och Machu Picchus metoder och visar på att svensk vattenhantering kan inspireras av historiska lösningar för att bättre hushålla med vatten. Inspiration från historiska metoder inom landskapsarkitektur skapar en utvidgad kunskapsbas för utformning av hållbara miljöer. Genom att anpassa historiska tekniker eller principer kan nya lösningar designas som svarar mot samtida utmaningar relaterade till klimatförändringar, samtidigt som de skapar andra estetiska, sociala eller ekologiska värden. Därav kan de historiska metoderna användas som inspiration för att vägleda inom diskursen som Cettner et al. (2014) diskuterar, där andra aspekter och värden integreras även i dagvattenhantering. Historiska metoder kan öka värdet på platsen genom att tillföra estetiska och sociala värden. Likt hur Sörensen & Hanson (2024) understryker att ett mer holistiskt synsätt med sociala, ekonomiska och ekologiska aspekter bör integreras i dagvattenhantering samt att blågröna lösningar bör prioriteras. Dessutom skulle detta gå i linje med Sveriges miljömål om en *god bebyggd miljö* och *grundvatten av god kvalitet* (Sveriges Miljömål 2023).

6.4 Vidare forskning

Genom inspiration från Machu Picchu resulterar studien i ett förslag för terrasser i urban miljö. För att dimensionera terrasserna utifrån Sveriges klimat för att effektivt fördröja och infiltrera vatten bör ytterligare forskning och mätningar genomföras på en mer detaljerad nivå för att undersöka implementeringen i en fysisk urban miljö. Aspekter som utformning, skala, ekonomi och huruvida det skulle påverka natur- och kulturhistoriska värden i samband med implementeringen är förslag på lämpliga faktorer att ta hänsyn till i undersökningen. Vid fortsatta studier kring just terrasser och anpassning till

Sverige föreslås även en undersökning om terrasserna i Tipòn, som också var väl utvecklade.

Studien begränsas av att endast fokusera på regn som nederbörd och tar inte upp hur snösmältning påverkar dagvattenhanteringen. Även om en större mängd nederbörd i Sverige beräknas vara i form av regn (SMHI 2024b), har snö en betydlig inverkan på dagvattenhanteringen, speciellt i norra delen av Sverige. Snösmältning är därför en aspekt värd att beakta vid vidare forskning.

I studien tas jordbruket och matförsörjningen upp som kommer att påverkas av framtida klimatförändringar. Egyptierna var ett föredöme för att utnyttja vattenresurser och hade ett utvecklat jordbruk. Denna studie har begränsats till att bara studera urban miljö och därav föreslås att en liknande analys om historiska metoder och rurala områden hade kunnat ge insikter om hållbart jordbruk.

I vidare forskning föreslås även att studera andra geografiska historiska områden för att undersöka om dessa har möjliga metoder att inspirera till lösningar i Sverige, eftersom denna studie visar att kunskap från tidigare civilisationer kan inspirera hållbar dagvattenhantering.

Referenser

- Alestig, P. (2025) Här är knepen – så ska du tänka med översvämningsrisken. *Dagens Nyheter*, 23 februari. <https://www.dn.se/sverige/peter-alestig-har-ar-knepen-sa-ska-du-tank-med-oversvamningsrisken/> [2025-02-19]
- Angelakis, A. & Mays, L. (2012) Evolution of Water Supply Through the Millennia. *IWA Publishing*. <https://library.oapen.org/handle/20.500.12657/25813> [2025-02-18]
- Braskerud, B.C., Paus, K.H. och Ekle, A. (2013). Anlegging av regnbed. En billedkavalkade over 4 anlagte regnbed. NVE rapport 3/2013, Oslo, Norge. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2013/rapport2013_03.pdf [2025-03-01]
- Bray, T (2017). Water, Ritual and Power in the Inca Empire. *Latin American Antiquity*, Volume 24, Issue 2, June 2013, pp. 164 – 190. DOI: <https://doi.org/10.7183/1045-6635.24.2.164>
- Boverket (2021a). Hårdgjorda ytor. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/> [2025-02-03]
- Boverket (2021b). Fördrojning och minskning av dagvatten. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/verktyg/rakna/dagvattenhantering/> [2025-02-03]
- Boverket (2019a) Vad kan man göra för att bevara, utveckla eller skapa ekosystemtjänster på hårdgjorda ytor? https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka_hardgjort/ [2025-01-30]
- Boverket (2019b). Parker och grönområden reglerar vatten vid skyfall och översvämningsrisk. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar/> [2025-01-30]
- Burda, I.M. & Nyka, L., 2023. Innovative Urban Blue Space Design in a Changing Climate: Transition Models in the Baltic Sea Region. *Water*, 15(2826), pp.1-28. DOI: 10.3390/w15152826.
- Cettner, Annicka (2012). Overcoming Inertia to Sustainable Stormwater Management Practice. Diss. Luleå tekniska universitet. <https://ltu.diva-portal.org/smash/get/diva2:991663/FULLTEXT01.pdf> [2025-03-01]
- Cettner, A., Ashley, R., Hedström, A., Viklander, M. (2014). Sustainable development and urban stormwater practice, *Urban Water Journal*, 11(3), pp. 185–197. DOI: 10.1080/1573062X.2013.768683.
- Eckart, K., McPhee, Z. & Bolisetti, T. (2017). Performance and implementation of low impact development – A review. *Science of the Total Environment*, 607–608, pp. 413–432. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.254>
- Gävle kommun (2017) Dagvattenpolicy för Gävle Kommun. Kommunledningskontoret. <https://meetingsplus.gavle.se/welcome-sv/namnder->

- [styrelser/kommunfullmaktige/mote-2018-09-24/agenda/dagvattenpolicy-revideradpdf-1?downloadMode=open](#) [2025-02-18]
- Hamrin, S. (2017). Så löser vi vattenbristen. *Dagens samhälle*, 30 maj.
<https://www.dagenssamhalle.se/styrning-och-beslut/kommunpolitik/sa-loser-vi-vattenbristen/> [2025-02-19]
- Havs och vattenmyndigheten (2018) Vattenbrist och dricksvattenförsörjning
<https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/vattenbrist/vattenbrist-och-dricksvattenforsorjning.html>
[2025-02-18]
- Havs och vatten myndigheten (2024). Ny syn på vatten.
<https://www.havochvatten.se/arkiv/aktuellt/2024-05-29-ny-syn-pa-vatten.html>
[2025-03-01]
- IPCC (2023) Climate change 2023 - Synthesis Report. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Jordbruksverket (2024a). Bevattning och dränering av jordbruksmark.
2023<https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2024-11-20-bevattning-och-dranering-av-jordbruksmark-2023> [2025-02-17]
- Jordbruksverket (2024b). Jordbruket och vattnet <https://jordbruksverket.se/jordbruket-miljon-och-klimatet/jordbruket-och-vattnet> [2025-02-18]
- Länsstyrelsen Gävleborg (2022). Utredning av skyfall och översvämningar i Gävleborgs län, augusti 2021.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.74b418a31817ff11b11152a4/1656404563637/Utredning> [2025-02-04]
- Länsstyrelsen i Kalmar län (2018). Dagvatten Dagvattenhantering i ett förändrat klimat Kalmar Län.
<https://www.lansstyrelsen.se/download/18.746760b71768421ad552633c/1612261764625/Dagvatten%20dagvattenhantering%20i%20ett%20f%C3%B6r%C3%A4ndrat%20klimat%20Kalmar%20l%C3%A4n.pdf> [2025-02-04]
- Länsstyrelsen i Skåne län (2009). PlanPM Dagvatten
https://www.lansstyrelsen.se/download/18.26f506e0167c605d569477d5/1551710360972/PM_dagvatten.pdf [2025-02-04]
- Mays, L.W. (2010). *Water Technology in Ancient Egypt*. Ancient Water Technologies. Springer, Dordrecht. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-8632-7_3
- Malmö stad (2008) *Dagvattenstrategi för Malmö*. https://www.vasyd.se/-/media/Dokument_ny_webb/Dagvatten/Dagvatten--och-%C3%B6versv%C3%A4mningsplaner/Dagvattenstrategi_Malmo.pdf [2025-03-01]

- Malmö stad (2017) *Skyfallsplan för Malmö*. https://www.vasyd.se/-/media/Dokument_ny_webb/Dagvatten/Dagvatten--och-%C3%B6versv%C3%A4mningsplaner/Skyfallsplan-fr-Malm.pdf [2025-03-01]
- Monachese, A.P., Gómez-Villarino, M.T., López-Santiago, J., Sanz, E., Almeida-Ñauñay, A.F. & Zubelzu, S. (2025) Challenges and Innovations in Urban Drainage Systems: Sustainable Drainage Systems Focus. *Water*, 17(1), 76. DOI: <https://doi.org/10.3390/w17010076>
- MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2021). Översvämningarna i Gävle 2021. <https://www.msb.se/sv/aktuellt/avslutade-handelser-och-insatser/oversvamningarna-i-gavle/> [2025-03-01]
- Miljöbarometern (2024). Blågrön infrastruktur. <https://miljobarometern.stockholm.se/natur/naturkvaliteter/blagron-infrastruktur/> [2025-03-06]
- Nationalencyklopedin (u.å.a) Dagvatten. NE Nationalencyklopedin AB <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/dagvatten?isSearchResult=true> [2025-03-08]
- Nationalencyklopedin (u.å.b) Ekosystemtjänster. NE Nationalencyklopedin AB <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/ekosystemtj%C3%A4nster?fromSearch=true> [2025-03-08]
- Nationalencyklopedin (u.å.c). Resiliens. NE Nationalencyklopedin AB <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/resiliens?fromSearch=true> [2025-03-06]
- Nationalencyklopedin (u.å.d) Recipient. NE Nationalencyklopedin AB <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/recipient?isSearchResult=true> [2025-03-03]
- Nationalencyklopedin (u.å.e). Skyfall. NE Nationalencyklopedin AB <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/skyfall?fromSearch=true> [2025-03-06]
- Nationalencyklopedin (u.å.f). Torka. NE Nationalencyklopedin AB <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/torka?fromSearch=true> [2025-03-06]
- Nationalencyklopedin. (u.å.g). Infiltration (hydrologi). NE Nationalencyklopedin AB [https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/infiltration-\(hydrologi\)?fromSearch=true](https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/infiltration-(hydrologi)?fromSearch=true) [2025-03-06]
- Naturvårdsverket (2025). Inventering av förorenade sediment. <https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/forenadede-omraden/inventering-av-forenadede-omraden/inventering-av-forenadede-sediment/> [2025-03-06]
- Naturvårdsverket (2024a). Klimatförändringarnas effekter i Sverige <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimatet-i-framtiden/effekter-i-sverige/> [2025-01-30]

- Naturvårdsverket (2024b) Klimatförändringar
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/> [2025-01-30]
- Naturvårdsverket (2024c). Hållbar dagvattenhantering.
<https://www.naturvardsverket.se/vagledning-och-stod/avlopp/hallbar-dagvattenhantering/> [2025-02-03]
- Naturvårdsverket (2024d). Vad är klimatanpassning?
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/det-globala-klimatarbetet/parisavtalet/vad-ar-klimatanpassning/> [2025-03-08]
- Naturvårdsverket (2017). Analys av kunskapsläget för dagvattenproblematiken.
 Ärendenr: NV-08972-16
<https://www.naturvardsverket.se/4ac3c3/globalassets/forskning/analys-kunskapslaget-dagvattenproblematiken.pdf> [2025-03-07]
- NCC (u.å). Hur kan Sveriges VA-system moderniseras?
https://www.ncc.se/contentassets/2df5ce2c90f74b3f919ff486da23c9f1/ncc_va_rapport.pdf [2025-03-05]
- Persson, A. & Smith, H. (2014). *Biologisk mångfald i urbana miljöer – förutsättningar, fördelar och förvaltning*. Lund: Centrum för miljö- och klimatvetenskap (CEC), Lunds universitet. (CEC Syntes Nr 2). ISBN 978-91-981577-2-7.
- Persson, I. (2022) Skyfallskartering Uppsala tätort. Uppsala Vatten och Avfall AB. Rapport.
<https://www.uppsala.se/contentassets/354d9d9a5e6c4106b921717fb1f1f066/rapport-skyfallskartering-uppsala.pdf>
- Persson, G., Asp, M., Berggreen-Clausen, S., Berglöv, G., Björck, E., Axén Mårtensson, J., Nylén, L., Ohlsson, A., Persson, H., Sjökvist, S. (2015). Framtidsklimat i Kalmar län – enligt RCP-scenarier. <https://www.smhi.se/publikationer-fran-smhi/sok-publikationer/2015-11-12-framtidsklimat-i-kalmar-lan---enligt-rcp-scenarier> [2025-02-19]
- Postel, S. (1999). *Pillar of Sand: Can the Irrigation Miracle Last*. New York: W.W. Norton & Company, ss. 1–320.
<http://www.waterhistory.org/histories/nile/nile.pdf>
- Region Kalmar län (u.å). WaterMan - för att undvika vattenbrist.
<https://utveckling.regionkalmar.se/utvecklingsomraden/miljo-och-klimat/waterman/> [2025-02-19]
- SGU (2017). Grundvattenbildning och grundvattentillgång i Sverige.
<https://resource.sgu.se/dokument/publikation/rr/rr201709rapport/RR1709.pdf>
- Shi, C., Xia, y. Qiu, H., Wang, X., Zhou, Y., Li, Y., Liu, G., Li, S., Gao, W., Xu, T & Hu, J. (2024) Exploring public attitudes toward implementing green infrastructure for sponge city stormwater management. *Sci Rep* 14, 24252 (2024). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74343-2>
- Skövde Kommun (2023). VA-ordlista. <https://skovde.se/trafik-infrastruktur/vatten-och-avlopp/blanketter-och-dokument/va-ordlista/> [2025-03-09]

- SMHI (2024a) Vattentillgången förändras i varmare klimat men påverkas också av mänskliga aktiviteter <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/sjoar-och-vattendrag-i-varmare-klimat/vattentillgangen-forandras-i-varmare-klimat-men-paverkas-ocksa-av-manskliga-aktiviteter-1.211950> [2025-02-17]
- SMHI (2024b) Klimatindikator - nederbörd <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer/klimatindikator-nederbord-1.2887> [2025-02-19]
- SMHI (2024c) Torka <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/torka/torka-1.111075> [2025-02-18]
- SMHI (2023) Öppen dagvattenhantering i Malmöstadsdelen Augustenborg <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassning/exempel-pa-klimatanpassning/exempel-pa-klimatanpassning/2013-10-18-oppen-dagvattenhantering-i-malmo-stadsdelen-augustenborg> [2025-03-10]
- SMHI (2022a) Avrinning <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/vattnets-kretslopp/avrinning-1.110938>
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/avrinning> [2025-02-07]
- SMHI (2022b). Öppen dagvattenhantering i Malmöstadsdelen Augustenborg, fördjupning. <https://www.klimatanpassning.se/exempel/oppen-dagvattenhantering-i-malmo-stadsdelen-augustenborg-fordjupning-1.33382> [2025-02-06]
- SMHI (u.å.a). Normalperioden 1991-2020. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/normaler/normalperioden-1991-2020> [2025-03-09]
- SMHI (u.å.b). 2021 - Skyfall i Gävle. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/historiska-oversvamningar/2021-skyfall-i-gavle-1.175548> [2025-02-06]
- Spanoudi, S., Golfinopoulos, A. & Kalavrouziotis, I. (2021). Water management in ancient Alexandria, Egypt: Comparison with Constantinople hydraulic system. *Water Supply*. London: IWA Publishing, ss. 3427–3448. DOI: <https://doi.org/10.2166/ws.2021.128>
- Stockholms stad (2021). Odlar i stan. <https://parker.stockholm/odla-i-stan/> [2025-02-03]
- Stråe, D., Granath, M., van der Nat, D. (2019). Uppsala dagvattenplan. WRS AB. Uppsala Vatten och Avfall. Rapportnummer 2018-1294. <https://www.uppsala.se/contentassets/7b9b07b0410c4197826684fb4e79c696/bilaga-1b-uppsala-dagvattenplan.pdf> [2025-03-01]
- Sveriges Miljömål (2023). Sveriges miljömål. <https://www.sverigemiljomal.se/> [2025-03-09]
- Svenska miljöinstitutet (2024a) Gröna tak, levande väggar eller regnbäddar – ny guide visar vilka blågröna lösningar som passar bäst. <https://www.ivl.se/press/nyheter/2023-11-28-grona-tak-levande-vagg-eller-regnbaddar---ny-guide-visar-vilka-blagra-losningar-som-passar-bast.html> [2025-02-06]

- Svenska miljöinstitutet (2024b) Blågröna lösningar i den hållbara staden
<https://www.ivl.se/vart-erbjudande/forskning/biologisk-mangfald/blagrona-losningar.html> [2025-02-06]
- Svenska vatten- och avloppsverksföreningen (VAV) (1983). Lokalt omhändertagande av dagvatten - LOD. <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/wp-content/uploads/2018/10/P46.pdf> [2025-03-02]
- SVT Nyheter (2019). Stora översvämningar över hela Uppsala. *SVT nyheter*, 8 februari. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/upsala/oversvammning-vid-strandbogatan-i-upsala> [2025-02-06]
- SVT Nyheter (2013). Kraftiga översvämningar i Uppsala. *SVT nyheter*, 19 april. <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/upsala/kraftiga-oversvammningar-i-upsala> [2025-03-21]
- Sörensen, J. & Hanson, H. (2024). Barriers to integrating sustainable stormwater management in urban environments in Sweden. *Proceedings of the International Conference on Urban Drainage* 2024. https://portal.research.lu.se/files/188890458/2024_ICUD_abstract_Sorensen_Hanson_Barriers_to_Blue-green_Infrastructure.pdf [2025-03-06]
- Sörensen, J. och Emilsson, T. (2019). Evaluating Flood Risk Reduction by Urban Blue-Green Infrastructure Using Insurance Data, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 145(2). DOI:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001037
- Tabari, H. (2020). Climate change impact on flood and extreme precipitation increases. *Scientific Reports*. London: Nature Publishing Group, ss. 1–12. DOI: 10.1038/s41598-020-70816-2.
- Teutschbein, C., Albrecht, F., Blicharska, M., Tootoonchi, F., Stenfors, E. och Grabs, T. (2023). Drought hazards and stakeholder perception: Unraveling the interlinkages between drought severity, perceived impacts, preparedness, and management, *Ambio*, 52, ss. 1262-1281. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01849-w>
- UNESCO (u.å). Historic Sanctuary of Machu Picchu. <https://whc.unesco.org/en/list/274/> [2025-02-03]
- Uppsala kommun (2024). Uppsala kommun påverkas av klimatförändringarna. <https://www.upsala.se/kommun-och-politik/sa-arbetar-vi-med-olika-amnen/sa-arbetar-vi-med-klimatanpassning/upsala-kommun-paverkas-av-klimatforandringarna/> [2025-03-01]
- Uppsala kommun (2021) Vattenprogram för Uppsala kommun. Kommunstyrelsen. <https://www.upsala.se/contentassets/adf269d469a74d0ab880018b2df436f5/vattenprogram-for-upsala-kommun.pdf> [2025-03-01]
- Vatteninformationssystem Sverige (u.å). Naturlig grundvattenbildning. <https://visshjalp.lansstyrelsen.se/detta-beskrivs-i-viss/allmanna-uppgifter-grundvatten/naturlig-grundvattenbildning/> [2025-03-06]
- Vattenmyndigheten (2022a). *Förvaltningsplan för vatten 2022–2027, Södra Östersjöns vattendistrikt*. Vattenmyndigheterna i Sveriges fem vattendistrikt. <https://www.vattenmyndigheterna.se/download/18.47dc7e74182e92fe269b933/166>

- 2094455837/F%C3%B6rvaltningsplan%20f%C3%B6r%20vatten%202022-2027%20S%C3%B6dra%20%C3%96stersj%C3%B6ns%20vattendistrikt.pdf [2025-03-01]
- Vattenmyndigheten (2022b). Delförvaltningsplan mot torka och vattenbrist 2022—2027, Södra Östersjöns vattendistrikt Vattenmyndigheterna i Sveriges fem vattendistrikt. <https://www.vattenmyndigheterna.se/download/18.47dc7e74182e92fe269b953/1662095112537/Delf%C3%B6rvaltningsplan%20mot%20torka%20och%20vattenbrist%202022-2027%20S%C3%B6dra%20%C3%96stersj%C3%B6ns.pdf> [2025-03-01]
- Viklander, M., Österlund, H., Müller, A., Marsalek, J., Borriset, M. (2019). *Kunskapssammanställning Dagvattenkvalitet*. Rapport 2019-2. Stockholm: Svenskt Vatten Utveckling.
- Västerviks kommun (2025). VA-plan, VA-översikt och VA-policy. <https://www.vastervik.se/globalassets/bygga-bo-och-miljo/kommunens-planarbete/oversiktsplan/op2025/va-oversikt-v-a-policy-antagen-lagakraftvunnen.pdf> [2025-03-01]
- Västerviks kommun (2020). Dagvattenstrategi. <https://www.vmeab.se/siteassets/pdf/vatten/vattentjanster/dagvattenstrategi-kf-200525.pdf> [2025-03-01]
- Västerviks kommun (2020). VA-chefen om utmaningarna för framtidens vatten: Stora investeringar kommer att krävas, 2020-02-04. <https://www.vastervik.se/nyhetsarkiv/nyhetsarkiv-2020/va-chefen-om-utmaningarna-for-framtidens-vatten-stora-investeringar-kommer-att-kravas/> [2025-02-18]
- Västervik Miljö & Energi AB (2020). Bevattningsförbud i Västerviks kommun, 2020-04-30. <https://www.vastervik.se/globalassets/bygga-bo-och-miljo/vatten-och-avlopp/pressmeddelande-bevattningsforbud-2020.pdf> <https://vastervikresort.se/nyhet/bevattningsforbud/> [2025-03-02]
- Wright, K., Valencia, A., Lorah, W. (1999). Ancient Machu Picchu Drainage Engineering. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. Volume 125 (6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1999\)125:6\(360\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1999)125:6(360))
- Wright, K.R. (2021). The Masterful Water Engineers of Machu Picchu. *Water* 2021,13, 3049. DOI: <https://doi.org/10.3390/w13213049>
- Östersund Kommun (u.å) *Program för VA. Östersund: Östersunds kommun*. <https://www.ostersund.se/download/18.5b90aa217e9284ac7d39807/1649682030340/Program%20for%20VA.pdf> [2025-03-01]

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, Lovisa Runåker har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

☒ JA, jag, Elsa Styrenius 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.