



Vattenåteranvändning och miljöcertifiering

– Möjligheter och utveckling för återanvändning av vatten i bygg- och anläggningsprojekt

Maria Border

Självständigt arbete • 30 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Hållbar stadsutveckling, ledning, organisering och förvaltning - masterprogram

Alnarp 2025



Vattenåteranvändning och miljöcertifiering

– *Möjligheter och utveckling för återanvändning av vatten i bygg- och anläggningsprojekt*

Water Reuse and Environmental Certification

– *Opportunities and Development for Water Reuse in Building- and Infrastructure Projects*

Maria Border

Handledare:	Scott Wahl, SLU, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. handledare:	Kent Fridell, Edge
Examinator:	Tobias Emilsson, SLU, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Bitr. examinator:	Åsa Bensch, SLU, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	A2E
Kurstitel:	Independent Project in Landscape Architecture
Kurskod:	EX0859
Program:	Hållbar stadsutveckling, ledning, organisering och förvaltning - masterprogram
Kursansvarig inst.:	Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning
Utgivningsort:	Alnarp
Utgivningsår:	2025
Nyckelord:	hållbar vattenanvändning, vattenåteranvändning, vattenåtervinning, cirkulära system, miljöcertifiering

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap
Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Sammanfattning

Konsekvensen av klimatförändringar i form av torrperioder och skyfall som ökar i intensitet kan slå hårt mot städer och påverka både människa och natur.

För att stadsvegetationen som förser oss med ekosystemtjänster inte ska stryka med utan istället uppnå sin fulla potential är det av stor vikt för samhället att säkra tillgången till vatten. Dagens konventionella VA-system som bygger på att vatten förs bort så fort som möjligt utan att göra någon nytta börjar ifrågasättas mer och mer. Nationellt och internationellt finns visioner, principer och strategier för att säkerställa hållbar användning av vatten. Det eftersträvas klimatanpassning av städer med resilient utformning av byggd miljö och ett holistiskt synsätt där vatten ses som en resurs snarare än ett problem.

Studien ämnar undersöka potentialen för vatten att återvinnas och återanvändas på kvartersmark. Genom en kartläggning av hur dag-, drän-, och gråvattenflöden kan återanvändas och återvinnas i flerbostads- och kontorsprojekt undersöks kvalitetskrav, användningsområden och magasineringstekniker. För att motivera hållbart byggande har miljöcertifiering blivit en vedertagen metod. För att undersöka om miljöcertifieringssystem har potential som incitament till hållbar användning av resursen vatten i byggnader utvärderas systemen BREEAM-SE, LEED och WELL mot identifierade cirkulära processer från kartläggningen av dag-, drän- och gråvattenflöden. Trots att referensprojekten med cirkulära vattensystem är få finns det mycket att lära från projekt som har genomfört åtgärder för vattenåteranvändning och vattenåtervinning. Tre projekt har undersökts, Sergelhusen mitt i Stockholms city samt Persikan på Södermalm och Bjurbäcken i Rågsved. Projektens cirkulära system har studerats och förslag på utveckling av de studerade systemen har tagits fram, anpassat till den lokala kontexten och förutsättningarna som råder för respektive projekt.

Studien visar att dag-, drän- och gråvatten kan användas inom de flesta användningsområdena som inte kräver dricksvattenkvalitet i flerbostads- och kontorshus, beroende på grad av rening och användningsområdets kvalitetskrav. Resultatet visar att en hållbar användning av resursen vatten kan uppnås genom bevattnings av stadsvegetation under torrperioder med hjälp av kontinuerliga källor som drän- och gråvatten. Fallstudien visar att utveckling av vattåteranvändningen och -återvinningen i Projekten Bjurbäcken, Sergelhusen och Persikan skulle kunna ske genom att magasineringstekniker kombineras med varandra vilket kan skapa multifunktionella system. Samtliga projekt föreslås en utveckling där BGG-system kopplat till vattentank med rening för att utöka användningsområden och lagringskapacitet för cirkulärt vatten. Undersökningen visar att miljöcertifieringssystemen BREEAM-SE och LEED kan stödja återanvändning av grå, drän och dagvatten genom att poäng delas ut till projekt som implementerar vattencirkulerande åtgärder vilket kan bidra till att projekt uppnår en högre certifieringsnivå. WELL kan i viss mån stödja cirkulära lösningar genom poäng men kan vara bättre lämpad som en kvalitetssäkring snarare än som ett incitament.

Nyckelord: hållbar vattenanvändning, vattenåteranvändning, vattenåtervinning, cirkulära system, miljöcertifiering

Abstract

The consequences of climate change such as prolonged dry periods and increasing stormwater events occurring with more intensity can have significant impact of the human life and natural ecosystems in urban environments. To protect urban vegetation, which provides us with essential ecosystem services and to support its optimal development it is crucial for society to ensure a reliable water supply. National and international visions, principles and strategies emphasize the importance of sustainable water use. There is a strive to build climate proofed cities with a resilient built environment that adopts a holistic approach where water is regarded as a resource rather than a problem.

The aim of the study is to explore the potential for water reuse and recycling within development districts. By mapping opportunities for the reuse and recycling of gray-, drainage-, and stormwater in multi-family residential buildings and office buildings the study examines water quality requirements, potential applications and storage solutions. Environmental certification systems are tools that can contribute to sustainable built environment. BREEAM-SE, LEED and WELL have been analyzed to assess their potential to incentivize sustainable water use in buildings by promoting the types of circular water flows identified in the mapping. Although decentralized circular water systems are currently rare in practice there is a lot to learn from existing projects that have implemented water reuse and recycling measures. Three case studies have been conducted: Sergelhusen in the middle of Stockholm city, Persikan in Södermalm and Bjurbäcken located in Rågsved. The circular water systems in these projects have been assessed and suggestions of development have been described with adaptations based on local context and conditions.

The study's findings suggest that storm-, drainage-, and graywater can be reused for most non potable purposes in multi-family residential buildings and office buildings, depending of the level of treatment and the quality requirements of the application. The result shows that a sustainable usage of water as a resource can be achieved, for instance, by irrigating urban vegetation during periods of drought using continuous sources such as gray- and drainage water. The case study revealed development opportunities for water reuse and recycling in Bjurbäcken, Persikan, and Sergelhusen by combining storage methods to create multifunctional systems. Results shows that sustainable water usage may be enhanced by connecting BGG-systems to water tanks equipped with purification technologies, thereby expanding both the range of possible uses and the storage capacity. The analysis of environmental certification systems shows that BREEAM-SE and LEED can promote water recycling and reuse by rewarding projects that implement circular water strategies and thereby improving the overall certification score of the project assessed. While WELL also includes certain credits related to circular water solutions, it may function more effectively as a tool for quality assurance than as an incentive for implementation.

Keywords: Sustainable water use, water reuse, water recycling, circular systems, environmental certification

Förord

Examensarbetet har varit den sista delen i masterutbildningen Hållbar Stadsutveckling vid SLU i Alnarp. Det har varit en mycket givande och intressant utbildning som har bidragit till stor utveckling av mina kunskaper inför arbetslivet och som öppnat dörrar jag aldrig kunde drömma om. Jag vill rikta ett tack till alla som varit en del av min utbildning. Tack till Scott Wahl, handledare via SLU för kloka ord och guidning i skrivandet. Tack till kursledare Mathilda Alfvengård för all hjälp. Stort tack till examinatorerna Tobias Emilsson och Åsa Bensch. Jag vill också tacka mina klasskamrater som jag studerade mastersprogrammet tillsammans med under 2019–2020. Det största av tack till biträdande handledare för examensarbetet, Kent Fridell. Tack för all kunskap och för stödet du gett under åren och att du alltid har trott på mig. Stort tack till min arbetsgivare Edge och mina kollegor för alla hejarop och er support. Sist men inte minst vill jag tacka min familj och mina vänner för den ovärderliga stöttning, support och hjälp som ni gett mig under åren. Det hade inte varit möjligt att skriva examensarbetet utan er.

Innehållsförteckning

Figurförteckning	0
1. Klimatförändringar och vatten	1
1.1 Anpassning av städer mot torka och översvämning	1
1.2 Paradigmskifte för vattenförvaltning	2
1.3 Miljöcertifiering och hållbar vattenhantering	2
1.4 Utveckling mot ett vattencirkulärt samhälle	2
2. Syfte och frågeställningar	4
2.1 Målbild	4
3. Avgränsningar	5
4. Metod	6
4.1 Översiktlig litteraturstudie	6
4.2 Teoretiskt ramverk	7
4.3 Fördjupande litteraturstudie	7
4.4 Studie av manualer till miljöcertifieringssystem	8
4.5 Fallstudie	9
4.6 Dataanalys	9
5. Hållbar hantering av resursen vatten	11
5.1 Holistisk vattenhantering	11
5.2 Resilienta städer	12
5.3 Cirkulärt vattenanvändande	13
6. Användning och magasinering av cirkulärt vatten	16
6.1 Alternativa vattenkällor och användningsområden	16
6.1.1 Dagvatten från hårdgjorda ytor	16
6.1.2 Regnvatten från tak	17
6.1.3 Dräneringsvatten	19
6.1.4 Grävatten	21
6.2 Magasinering av alternativa vattenkällor	23
6.2.1 Lagra vatten i landskapet	23
6.2.2 Vattentankar	26
6.3 Optimering av cirkulära vattensystem	27
7. Miljöcertifieringssystem och vattenåteranvändning	28
7.1 BREEAM-SE	28
7.2 LEED	30
7.3 WELL	32
8. Praktiska exempel på vattenåteranvändning i byggprojekt	34
8.1 Bjurbäcken	34
8.1.1 Mångfunktionella ytor för dagvattenhantering	36
8.1.2 Återanvändning av dagvatten i Bjurbäcken	39
8.1.3 Utveckling av vattenåteranvändning i Bjurbäcken	40
8.2 Persikan	42
8.2.1 Dagvattenhantering på bjälklag	43
8.2.2 Återanvändning av dagvatten i Persikan	46
8.2.3 Utveckling av vattenåteranvändning i Persikan	46
8.3 Sergelhusen	48
8.3.1 Regnvatteninsamling mitt i city	49
8.3.2 Återanvändning av dagvatten i Sergelhuset	50
8.3.3 Utveckling av vattenåteranvändning i Sergelhuset	51

9.	Diskussion.....	53
9.1	Vattencirkulära kvarter och städer	53
9.2	Hinder och möjligheter för cirkulärt vatten	54
	9.2.1 Policys och kravställningar	54
	9.2.2 Vatten och kostnader.....	55
	9.2.3 Synergieffekter	55
	9.2.4 Acceptans, samverkan och kompetens.....	56
9.3	Metoddiskussion	57
10.	Slutsats.....	59
	Referenser	60
	Bilaga 1	69

Figurförteckning

Figur 1. Process för datainsamling och analys.	6
Figur 2. Grunden för examensarbetet skapades genom en översiktlig litteraturstudie.	7
Figur 3. Teoretiskt ramverk bildades genom bearbetning av information från den översiktliga litteraturstudien.	7
Figur 4. Den fördjupande litteraturstudien analyserades och ledde till en kartläggning av möjliga metoder, vattenkällor, föroreningar, magasineringssmöjligheter, användningsområden och kvalitetskrav för återvunnet och återanvänt vatten.	8
Figur 5. Dokumentstudie av manualer till miljöcertifieringssystem utfördes.	9
Figur 6. Fallstudie utfördes genom semistrukturerade intervjuer.	9
Figur 7. Dataanalys utfördes genom att ställas mot lärdomar från litteraturstudien och dokumentstudien.	10
Figur 8. Stadsvattenprincipen integrerat med BGG-system (Fridell 2023).	14
Figur 9. Diagram som visar vanligt förekommande föroreningar, möjliga förebyggande åtgärder eller reningstekniker samt förslag på tillämpning för återanvänt dagvatten från hårdgjorda ytor.	17
Figur 10. Diagram som visar föroreningar, förebyggande åtgärder eller rening samt tillämpning för återanvänt takvatten.	19
Figur 11. Diagram som visar kvalitet, reningsbehov och förslag på tillämpning för återanvänt dräneringsvatten.	20
Figur 12. Diagram som redogör vanliga föroreningar, förslag på reningstekniker samt användningsområden för återvunnet gråvatten från dusch och tvättmaskin.	22
Figur 13. Vattnets väg i BGG-systemet samt material och komponenter i BGG-system. Blå pilar visar flödesriktning på vatten vid fyllnad av systemet när regnbäddens ytliga fördröjningszon är fylld och bräddning sker till undre fördröjningszon via styrbrunn.	24
Figur 14. Savaq-system som bevattnar vegetation underifrån genom kapillärkraft (Terrigio 2025).	25
Figur 15. Vattentankar för magasinering av regnvatten som samlas in från tak. (Ferm 2025).	26
Figur 16. Karta över Bjurbäcken innan exploatering (Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad 2025). Modifierad av författaren.	34
Figur 17. Illustrationsplan föreställande projektet Bjurbäcken (Edge 2025). Modifierad av författaren.	35
Figur 18. Principiellt ritade vattenflöden för dagvatten från hårdgjorda ytor och takvatten i Bjurbäcken (Fridell 2023). Modifierad av författaren.	37
Figur 19. Mini-BGG med markytekonstruktionen vegetationsyta och delvis fylld bevattningszon (Edge 2025). Modifierad av författaren.	38
Figur 20. Flödesdiagram som redovisar återanvändning av takvatten och dagvatten från hårdgjorda ytor i Bjurbäcken.	40
Figur 21. Flödesdiagram som redovisar möjligheter för cirkulering och användning av alternativa vattenkällor i kontexten för Bjurbäcken.	41
Figur 22. Karta över Persikan under byggnation (Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad 2025).	42

Figur 23. Illustrationsplan föreställande projektet Persikan KV 6.....	43
Figur 24. Vattenflöden för takvatten i Persikan.	44
Figur 25. Mini-BGG-koncept på bjälklag (Edge 2025).	45
Figur 26. Flödesdiagram som redovisar återanvändning av takvatten i Persikan.	46
Figur 27. Flödesdiagram som redovisar möjligheter för cirkulering och användning av alternativa vattenkällor i kontexten för Persikan.	48
Figur 28. Karta över Sergelhusen (Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad 2025).....	49
Figur 29. Regnvattentankar som magasinerar takvattnet i Sergelhuset (Ferm 2025)	49
Figur 30. Reningsanläggningen som behandlar takvattnet i källaren i Sergelhuset (Ferm 2025)	50
Figur 31. Flödesdiagram som redovisar återvinning av takvatten i Sergelhusen.	51
Figur 32. Flödesdiagram som redovisar möjligheter för cirkulering och användning av alternativa vattenkällor i kontexten för Sergelhusen.	52
Figur 33. Informationsskylt om missfärgning av spolvattnet till följd av regnvattenåtervinning (Ferm 2025).	56

1. Klimatförändringar och vatten

Vatten är en basal resurs för samhällets utveckling och är grundläggande för människors vardag såväl som för de flesta verksamheter, privata och offentliga. Dricksvatten, mat, sanitet, industriproducerade varor samt stadsvegetationen och dess ekosystemtjänster behöver vatten för att produceras och levereras. Boverket (2018) lyfter att vattenförsörjning är landets mest samhällskritiska försörjningssystem. I ett förändrat klimat kan både samhällen och ekosystemtjänster komma att påverkas av risker som berör vatten (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022). Det är av stor vikt och betydelse för samhället att tillgången till vatten i städer säkerställs, inte minst för att säkra framtiden för stadsvegetationen som förser oss med ekosystemtjänster och behagligt mikroklimat. Det kan komma att krävas en medvetenhet om konsekvenser av torka och vattenbrist, utforskande av nya system för att hantera vatten, incitament för att värna om vår värdefulla resurs samt en utveckling av dagens kunskapsläge.

1.1 Anpassning av städer mot torka och översvämning

Vattenbrist och torka är en av de största globala utmaningarna (Sjöstrand et al 2019). Sverige är inte förskonat, trots att Sverige är ett land rikt på vatten. Låga vattenflöden och vattenbrist uppkommer redan med dagens klimat i delar av landet (Havs- och vattenmyndigheten 2022). Sommaren 2018 var ett extremt år gällande torka (Sjökvis et al 2019). Följderna av de två föregående årets torka och avsaknad av nederbörd under lång period gjorde att avsaknaden av nederbörd tog hårt på stadsvegetationen (Fridell 2023). Nederbördsöverskottet som normalt bildas under vintern och våren och buffrar växtbäddens vattenhållande kapacitet under sommaren ihop med grundvattnet räckte inte till (ibid). Vattenunderskottet var ett faktum och för vegetationen i staden blev det ett stort problem (ibid). I framtiden kommer somrarna bli varmare och markfukten kommer att minska (Sjökvis et al 2019). Det kommer att bli vanligare med både för mycket och för lite vatten, vattenbrist och översvämning kan inträffa samtidigt (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022). Samhället behöver rustas för att vara bättre förberett mot scenarier likt sommaren 2018. För att kunna skapa ett bra mikroklimat i städer och uppnå stadsplaneringsmål behöver stadsvegetationen kunna utvecklas till sin fulla potential (Malmö stad 2024a). Det kräver att växtbäddar dimensioneras för framtida klimatscenarier och att vegetationen förses med ytterligare bevattning (Fridell 2023). Samtidigt kommer dagvattennätets och avloppsreningsverkens kapacitet att ta hand om större flöden att utmanas (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022). Ett system som endast innefattar bortledning av vatten så fort som möjligt från bebyggda områden är inte hållbart, och börjar ifrågasättas både av myndigheter och invånare i samhället (Maher & Lustig 2003). Det kommer att krävas nya lösningar för att vattenförsörjningen och dess tillhörande samhällskritiska funktioner ska säkras.

1.2 Paradigmskifte för vattenförvaltning

Dagens avloppssystem med fokus på centralisering har funnits i lång tid. Ändrade regelverk, förändrade krav, befolkningsökning och klimatförändringar kommer göra det resursineffektivt att fortsätta bygga ut dagens system då många befintliga centrala avloppsverk redan har kapacitetsbrist och andra svårigheter kopplade till ökade krav (Baresel et al 2024). Även den grundläggande funktionen blir en utmaning att upprätthålla då stora delar av den befintliga infrastrukturen är föråldrad och i behov av enorma investeringar (ibid). Det krävs ett paradigmskifte från det traditionella och konventionella vattensystemet till ett system som säkerställer en hållbar användning av resursen vatten. I Sverige har medvetenheten om vatten, värdet av vatten och om vattenresursens begränsning ökat i allmänhet (Sydvatten 2019). Många kommuner söker efter nya vattenresurser då nuvarande vattentäkter inte räcker till eller inte bedöms vara långsiktigt hållbara (ibid). Sydvatten (2019) beskriver en del av lösningen som att vattenresursen behöver utvidgas och att vattenproduktionen bör utveckla cirkulära system. Ett cirkulärt vattenanvändande skulle kunna optimera vattnets potential i samhället och minska negativa följder av det cirkulära vattensystemet, så som översvämning, vattenbrist och höga kostnader för infrastruktur (Fridell 2023). Runtom i landet pågår projekt och åtgärder för att på sikt minska behovet och användningen av dricksvatten (Johansson et al 2022). Det finns en stor mängd outnyttjade vattenkällor i samhället som behöver utvärderas och det saknas ett cirkulärt angreppssätt för vattenresursen i Sverige trots att flera av dessa antagligen är relativt lätt tillgängliga (Sydvatten 2019). Som en del av paradigmskiftet krävs kunskap om vilka outnyttjade vattenkällor som finns i staden och på vilka sätt vatten kan återanvändas i en urban kontext.

1.3 Miljöcertifiering och hållbar vattenhantering

Vid planering och byggnation av ny infrastruktur för vattenförsörjning finns goda möjligheter att minska dricksvattenanvändning (Boverket 2018) och att implementera nya resurseffektiva lösningar för vattenresursanvändning (Baresel et al 2024). Resurshållning av vatten ingår som kriterier i flera miljöcertifieringssystem som används i Sverige (Edholm 2024). Miljöcertifieringar är ett verktyg som används för bedömning av hur ekologiskt hållbart ett projekt är. Hållbar användning av resursen vatten skulle kunna premieras inom miljöcertifieringssystem, som skulle kunna fungera som incitament till projekt att implementera vattencirkulära lösningar. I Sverige är det främst miljöcertifieringarna LEED, BREEAM-SE och WELL som innefattar kriterier rörande vattenanvändning. Det finns anledning att ta reda på hur miljöcertifieringssystem adresserar cirkulär användning av vatten och att kartlägga hur användning av alternativa vattenkällor premieras.

1.4 Utveckling mot ett vattencirkulärt samhälle

Det är inte självklart att projekt med höga hållbarhetsmål inkluderar hållbar hantering av vattenresursen. För att möta framtidens behov av fungerande lösningar måste vi börja redan idag, och omställningen till en cirkulär hantering

av vatten kommer att ske stegvis (Frihammar & Barup 2021). Det finns exempelvis få referensprojekt som inkluderar återanvändning av gråvatten (Werecki & Knutsson 2024), men projekten Persikan (Stockholmsmshem), Bjurbäcken (Stockholmsmshem), och Sergelhuset (Vasakronan) är exempel på tre bygg- och anläggningsprojekt som har implementerat vattenåteranvändnings-system. Genom att undersöka hur dessa befintliga projekts system för hållbart användande av resursen vatten ser ut kan lärdomar tas och framtida utveckling av vattencirkulära system undersökas.

2. Syfte och frågeställningar

Syftet med examensarbetet är att bidra till kunskapsbilden kring hur cirkulär användning av vatten kan utvecklas i flerbostads- och kontorsprojekt för att främja hållbar användning av resursen vatten.

Med utgångspunkt i syftet har följande frågeställningar formulerats:

1. Hur kan dag-, drän- och gråvatten återanvändas och återvinnas som en resurs i flerbostads- och kontorsprojekt för att främja hållbar användning av resursen vatten?
2. På vilka sätt stödjer miljöcertifieringssystemen BREEAM-SE, LEED och WELL återanvändning och återvinning av grå-, drän- och dagvatten?
3. Hur kan återanvändning och återvinning av dagvatten, dränvatten och gråvatten i projekten Bjurbäcken, Persikan och Sergelhuset utvecklas?

2.1 Målbild

Kartläggningen av möjligheter för återanvändning av dagvatten, dränvatten och gråvatten kan användas som inspiration och som diskussionsunderlag i projekt med vattenåteranvändningsambitioner. Studiens resultat kan också bidra till diskussioner rörande utvecklingsmöjligheter för befintliga bygg- och anläggningsprojekt som har implementerat vatteneffektiva/cirkulära åtgärder.

Undersökningen om hur miljöcertifieringar kan stödja cirkulära lösningar kan vara till hjälp för byggherre/entreprenör att skapa en mer systematisk hantering av vattenresursen i projekt som ska miljöcertifieras. Synergieffekter kan tydliggöras och på så vis förenkla för byggherre/entreprenör att plocka poäng i certifieringsprocessen. Kartläggningen kan också bidra till att certifieringssystemen kan utvecklas i ett perspektiv av hållbart vattenanvändande. Resultatet kan också fungera som inspiration, diskussionsunderlag och stöd i processer för projekt som inte ska miljöcertifieras men vill använda sig av cirkulärt vatten.

Resultaten från Bjurbäcken, Persikan och Sergelhuset kan användas som goda exempel och inspiration för byggherrar, projektledare, kommuner osv som är intresserade av att implementera vattenåtervinning i sina anläggningsprojekt. Resultaten kan också användas av fastighetsägare inom nämnda projekt som ett underlag för framtida utveckling av systemen för hållbar vattenanvändning.

3. Avgränsningar

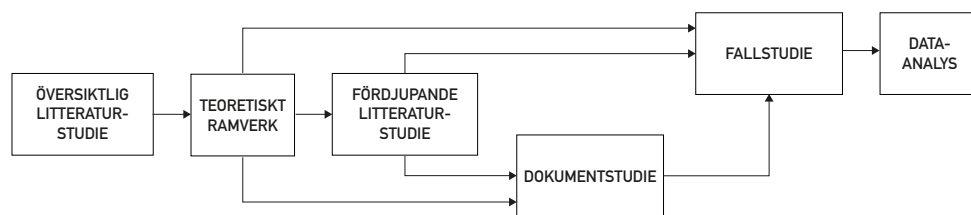
Arbetet innefattar cirkulering av vatten samt användande av alternativa vattenkällor i decentraliserade system på kvartersmark i en svensk urban kontext. Flerbostadshus och kontorsbyggnader med tillhörande kvartersmark studeras. Markkonstruktioner som ofta förekommer på kvartersmark och bjälklag i urbana områden exempelvis regnbäddar, hårdgjorda ytor, svackdiken och planteringsytor på öppna överbyggnader inkluderas. Platskrävande lösningar som dammar och våtmarker behandlas inte. Rening av avloppsvatten till dricksvattenkvalitet undersöks inte i arbetet men övriga användningsområden för alternativt vatten, i det här fallet dagvatten (inklusive takvatten och dränvatten) och gråvatten, undersöks. Resultatet diskuteras i relation till system i större skala, mot synergieffekter likt återvinning av näringsämnen och mot krav och regelverk. Dessa faktorer har stor påverkan på möjligheten att implementera vattencirkulära lösningar i bygg och anläggningsprojekt. Examensarbetet kan därför betraktas som en viktig del i en helhet som krävs för att få till ett välfungerande system. Även kostnadsfrågor är av stor tyngd inom planering och byggnation av vattencirkulära åtgärder. Olika projekt har olika förutsättningar vilket påverkar vad som ses som en rimlig och överkomlig kostnad. Examensarbetet lyfter tekniker och installationer som till största del redan finns på marknaden och av författaren bedöms vara rimliga i kostnad i jämförelse med anläggning av konventionella system, speciellt i ett långsiktigt perspektiv. Miljöcertifieringar som behandlas i arbetet är system som används i Sverige och innehåller kriterier kopplade till återanvändning av vatten.

Det finns mycket att lära från länder där dricksvattenbrist är ett större problem än här i Sverige. Runtom i världen utnyttjas regnvatten till andra ändamål som inte är livsmedelsrelaterade och inte behöver vara av dricksvattenkvalitet (Chonewicz 2019). Lärdomar och forskning som ingår i arbetet har internationella referenser men beskrivna exempel och fall är från Sverige då uppsatsen är avgränsad till en svensk kontext.

Uppsatsen är skriven ur en landskapsarkitekts perspektiv med ett helhetsgrepp om frågeställningen. Då kunskapen kring hållbart vattenanvändande och byggd miljö är tvärdisciplinär kommer arbetet att behandla frågorna på ett översiktligt vis. Detalj-kunskap inom områden rörande exempelvis rening och tekniska lösningar kräver specialkompetens. Exempelvis har inga volymberäkningar gjorts och flödesscheman är schematiska och konceptuella.

4. Metod

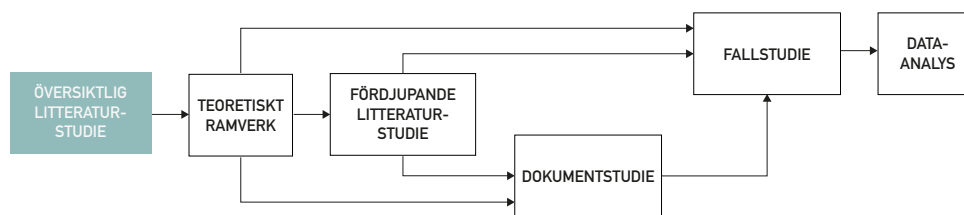
Återanvändning av vatten är ett ämnesområde där utvecklingsarbete och kunskapshöjande insatser är viktiga, eftersom okunskapen generellt hos fastighetsägare är stor (Holm & Shulte-Herbrüggen 2021). Ny kunskap behöver tas fram, därför har arbetet en undersökande ansats (Denscombe 2010). Följande avsnitt presenterar hur arbetets teoretiska ramverk har skapats, vilka metoder för datainsamling som använts och hur data har analyserats. Processen illustreras i figur 1.



Figur 1. Process för datainsamling och analys.

4.1 Översiktlig litteraturstudie

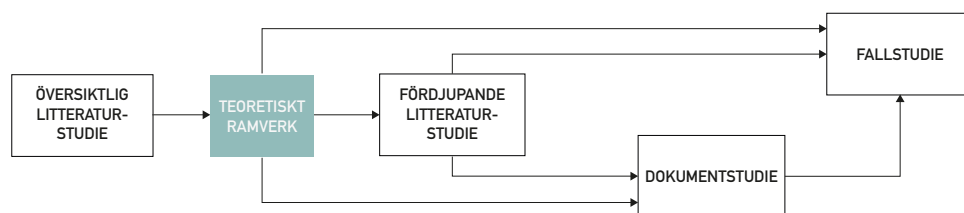
I examensarbetet användes flera olika metoder för att samla in data. Grunden för arbetet lades via en inledande översiktlig litteraturstudie för att skapa förståelse för ämnets omfattning och ge en överblick över vilken forskning och kunskap som redan fanns inom ämnet, se figur 2. Det bidrog även till en översiktlig förståelse för relevanta teorier och förklaringsmodeller (Denscombe 2010). För att få tillgång till relevant litteratur användes flera olika metoder. Sökord användes i primo bibliotekstjänst, Libris bibliotekstjänst och Google Scholar för vetenskapliga artiklar, examensarbeten och böcker. Sökmotorn Google användes för allmän information och för att hitta rapporter från exempelvis myndigheter.Handledare frågades om råd för lämpliga referenser. Litteraturen bestod av böcker, en stor del rapporter, vetenskapliga artiklar och examensarbeten. Dessa typer av skrifter kan ses som trovärdiga, eftersom de bland annat granskats och publiceras av trovärdiga myndigheter eller förlag (ibid). Böcker som inte har publicerats av förlag, exempelvis *Levande Stadsrum* (Fridell 2023) kan ses som trovärdig då den baseras på forskningsprojekt och författats av expert inom ämnet och haft referensgrupper som granskat. Skriften används praktiskt som teknisk handbok i flertalet kommuner i Sverige. Sökord som exempelvis hållbar vattenanvändning, vattenbrist, klimatanpassning, återanvändning av vatten, vattenåtervinning användes. Engelska sökord, till exempel recycled water, sustainable water management användes. Alternativa stavningar, begrepp och synonymer användes för att inte missa litteratur inom samma område där författaren valt andra ord (Ridley 2012). Relevant litteratur identifierades även genom snöbollseffekt (Machi & McEvoy 2022).



Figur 2. Grunden för examensarbetet skapades genom en översiktlig litteraturstudie.

4.2 Teoretiskt ramverk

Sedan bearbetades litteraturen genom att informationen kodades (ibid). Relevant data plockades ut och organiserades sedan efter tema. Teman som identifierades var exempelvis klimatanpassning, grönbå lösningar och cirkulär vattenanvändning. På det viset skapades arbetets teoretiska ramverk, se figur 3. Ramverket gav en bild av kunskapsläget och lade grunden för en mer fördjupande litteraturstudie.

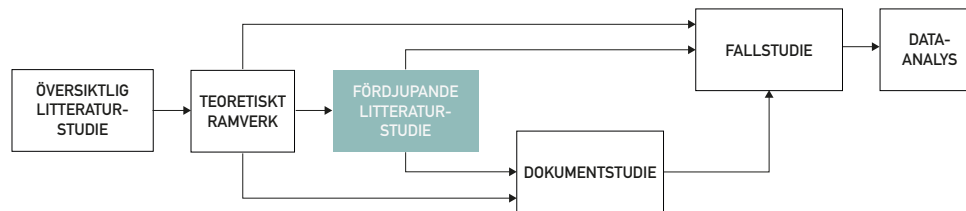


Figur 3. Teoretiskt ramverk bildades genom bearbetning av information från den översiktliga litteraturstudien.

4.3 Fördjupande litteraturstudie

Den fördjupade litteraturstudien, se figur 4, utfördes med syftet att utforska huvudteman och teorier i publikationer inom ämnen utvalda i den översiktliga litteraturstudien. Exempelvis fördjupades kunskapen i temat cirkulär vattenanvändning där teorier och koncept som identifierats i den översiktliga litteraturstudien, som Stadsvattenprincipen, utforskades ytterligare. Efter den fördjupade litteraturstudien analyserades och strukturerades den stora textmassan av kvalitativa data till en kartläggning. Kartläggningen ledde till att litteraturstudien koncentrerades kring möjliga metoder, vattenkällor, föroreningar, magasineringsmöjligheter, användningsområden och kvalitetskrav för återvunnet och återanvänt vatten. Syftet var inte att testa teorier, teorierna användes som en analytisk lins i insamlandet och analyserandet av data (Frejes & Thornberg 2024). Då vatten- och hållbarhetsfrågor representeras i en rad olika forskningsfält och med tanke på arbetets begränsade omfattning på 30hp, har utvald litteratur haft en karaktär där det inte krävs expertkunskap inom det specifika forskningsfältet för

att kunna förstå och analysera data. Sammanställningen utger sig inte för att vara komplett, eftersom litteraturen inom området är omfattande och spridd över olika forskningsfält. Genom en iterativ process återgick jag till litteraturen under hela arbetets gång (Denscombe 2010) och forskningsfrågor samt datainsamling och analys utökades, utvecklades och utvärderades allt eftersom mer kunskap erhöles (Denscombe 2007).

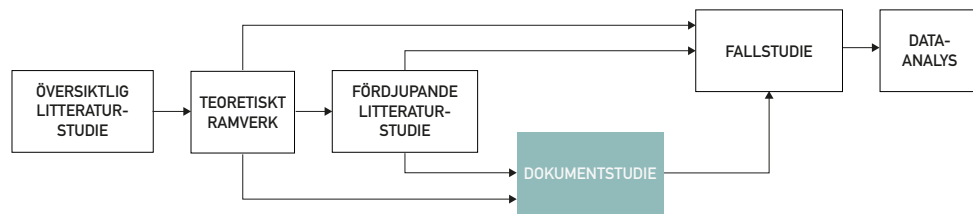


Figur 4. Den fördjupande litteraturstudien analyserades och ledde till en kartläggning av möjliga metoder, vattenkällor, föroreningar, magasineringsmöjligheter, användningsområden och kvalitetskrav för återvunnet och återanvänt vatten.

4.4 Studie av manualer till miljöcertifieringssystem

Under arbetets gång genomfördes en dokumentstudie i form av en studie av manualer till olika miljöcertifieringssystem för att samla in data för att svara på frågeställningen kring hållbart användande av resursen vatten och miljöcertifiering, se figur 5. Dokumenten som undersöktes är manualer tillhörande miljöcertifieringssystemen BREEAM-SE, WELL och LEED. De valdes för att de alla i någon form adresserar vattenanvändning och används i en svensk kontext för bygg- och anläggning. Manualerna beskriver indikatorer som behöver uppfyllas för att plocka poäng inom kriterierna för certifieringssystemen. Det är av vikt att äktheten säkerställs hos dokumenten som undersöks. Förutom autenticiteten är det viktigt att dokumenten är kompletta och studeras i sin rätta kontext (ibid). Manualerna som undersöks i arbetet är publicerade av respektive miljöcertifieringssystem, de kommer alltså direkt från avsändaren och kan antas vara autentiska.

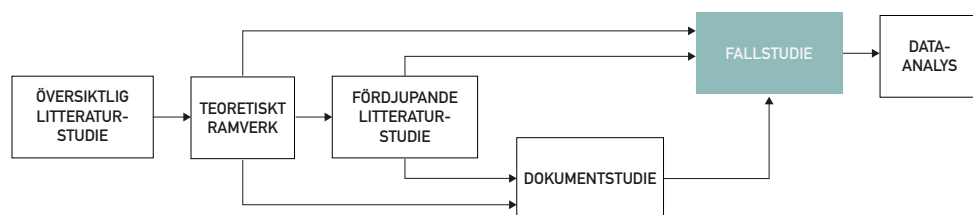
Även data från dokumentstudien är kvalitativ. Ord som representerar teman sprunget ur analysen av litteraturstudien kring återanvändning av vatten användes för att söka igenom dokumenten. I varje dokument plockades text kopplade till dessa ord ut och struktureras och analyseras efter ett kodningsschema. Kodningsschemat användes som verktyg för att organisera data i kategorier (Hsieh & Shannon 2005). Kategorierna representerar ett visst innehåll eller en kontextuell mening, typiskt för kvalitativ innehållsanalys (Funck & Karlsson 2021). Saknade koder skapades nya. Innehållsanalysen bidrar till kunskapsutveckling genom att stora mängder text kodas och teman identifieras, på ett strukturerat sätt (ibid). Empirin sammanställdes sedan och redovisades även i tabeller, se bilaga 1.



Figur 5. Dokumentstudie av manualer till miljöcertifieringssystem utfördes.

4.5 Fallstudie

Efter litteraturstudierna och dokumentstudien utfördes fallstudie, se figur 6. De fall som har valts ut till fallstudien har alla på något vis anammat metoder som innefattar återanvändning av vatten på kvartersmark i en svensk kontext. Fallen skiljer sig något i vilka tekniker och system som används för insamling och återanvändning av vatten och kan på så vis utgöra ett bredare underlag att studera och analysera än för projekt som är mer lika. Informanter har utgjorts av personer involverade i antingen drift eller rådgivning och framtagande av system för återanvändning av vatten. I fallet med Persikan och Bjurbäcken var extern handledare för examensarbetet Kent Fridell informant. Informant gällande Sergelhuset var teknikansvarig för fastigheten, Johan Ferm. Informanterna intervjuades via teams genom en semistrukturerad intervju. Intervjufrågorna förbereddes med hjälp av litteraturstudiens kartläggning av cirkulärt vatten och med erfarenheter från studien av manualer till miljöcertifieringssystem. Intervjuerna inleddes med att informanterna beskrev systemen och erfarenheter från projekten. Svaren kompletterades sedan genom följdfrågor och förberedda frågor som inte redan besvarats. Informanterna har lämnat medgivande till att deras namn och bildmaterial används i examensarbetet.

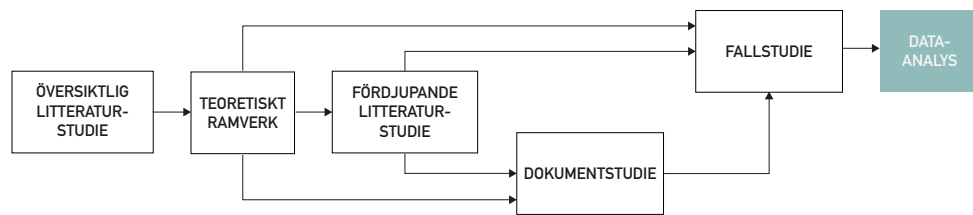


Figur 6. Fallstudie utfördes genom semistrukturerade intervjuer.

4.6 Dataanalys

Insamlade data för fallstudien består av projektets kontext samt information om hur tekniken och systemen för återanvändning av vatten fungerar. Data analyserades genom att jämföras med tidigare identifierade tekniker och en bedömning gjordes om hur applicerbara identifierade tekniker för återanvändning av vatten skulle kunna vara för respektive fall. Även lärdomar från dokumentstudien inkluderades i analysen av fallstudien, se figur 7. Empirin

sammanfattades och diagram med beskrivningar över nuvarande och utvecklade system för återanvändning av vatten togs fram.



Figur 7. Dataanalys utfördes genom att ställas mot lärdomar från litteraturstudien och dokumentstudien.

5. Hållbar hantering av resursen vatten

Nationellt och internationellt finns principer, visioner och strategier för att säkerställa hållbart vattenanvändande och tillgången till dricksvatten såväl som övrigt vatten i städer. Nätverket The International Water Association har tagit fram en rad principer för vattenkloka städer som är ämnade att hjälpa ledare att utveckla visionen om hållbart vatten och möjliggöra resilient stadsplanering (IWA 2023). Principerna skulle tillsammans med andra internationella och nationella modeller och strategier kunna bilda ett ramverk för ett paradigmskifte från dagens konventionella system till ett cirkulärt synsätt på planering, förvaltning och användande av vattenresursen.

5.1 Holistisk vattenhantering

Principerna för vattenkloka städer är bland annat att återfylla vattenförekomster, minska användningen av vatten, återanvända, använda ett systematiskt angreppssätt och öka modulariteten och säkerställa flera alternativ (IWA 2023). Holistisk systemintegrering är viktigt för att i slutändan skapa cirkulära och hållbara lösningar (Baresel et al 2024). Sydsvatten (2019) definierar ett holistiskt perspektiv som att samhället behöver skapa en förmåga för att kunna planera för en optimalt värdeskapande vattenanvändning. Den gemensamma resursen behöver fördelas (ibid). Anpassning behöver ske till större variation i väder och ökad befolkningsmängd och hänsyn behöver tas till långsamma förlopp som klimatförändringar som kan bli påfrestande för samhället (ibid). Förvaltningen av vatten behöver utgå från naturens och samhällets samlade behov, och ta hänsyn till hela innebörden av hållbarhetsbegreppet (Havs- och vattenmyndigheten 2022).

Havs och vattenmyndigheten (2022) framhåller att en hållbar vattenresursförvaltning inte enbart kan stödja sig på lagar och regler, utan det behövs kunskap och förståelse för vad som krävs. Ett sådant tillvägagångssätt kräver dialog, utbildning och en samverkansprocess där alla berörda involveras (ibid). Som exempel lyfts en fyrstegsprincip fram som går ut på att:

1. Tänk om – åtgärder för minskad vattenförbrukning
2. Optimerar – åtgärder för effektivare vattenanvändning
3. Bygg om – åtgärder för en effektivare vattenproduktion
4. Bygg nytt - åtgärder för ianspråktagande av nya vattenresurser (Havs- och vattenmyndigheten 2022, s.71).

Bygg nytt kan vara ett resultat av steg 1,2 och 3, alltså att nya system byggs där åtgärder har vidtagits för att minska vattenförbrukning, vattenanvändningen har optimerats och vattenproduktionen effektiviserats. Att bygga ny infrastruktur för vatten sker med fördel vid om- och nybyggnation för en succesiv implementering, men det kräver att alla berörda aktörer, myndigheter och bestämmelser medger förflyttning och har liknande målbild. Omställningen kräver att frågan bemöter tekniska, juridiska, ekonomiska och beteendemässiga aspekter (Frihammar & Barup 2021).

Baresel et al (2024) lyfter att varaktigt cirkulära och hållbara lösningar kräver anpassning till kontexten. Det krävs mer än en enda bra teknik, då den kan misslyckas om den inte anpassas. Mindre bra tekniker kan å andra sidan uppnå goda resultat om de integreras på ett lyckat sätt där synergieffekter balanserar teknikens tillkortakommanden (ibid). Att kontexten tas i beaktning i planeringen och upprättandet av cirkulära system är en avgörande faktor för ett lyckat resultat.

5.2 Resilienta städer

Resiliens definieras som kapaciteten hos system att hantera en farlig händelse, trend eller störning, där systemets grundläggande funktion, egenart och struktur bevaras (Statens Offentliga Utredningar 2015). Klimatanpassning av städer är en metod som handlar om att bemöta eller undvika negativa effekter, eller att nyttja nya, gemensamma möjligheter (Thoni 2017). Det kan innebära att bygga miljö, befintlig och ny, anpassas för att bättre hantera klimatrelaterade risker och skador och tar tillvara på nya positiva effekter av förhållanden som råder (ibid). Åtgärder som adresserar värmeböljor, skyfall och torka med ökad förekomst, längd och intensitet kommer att vara nödvändiga (ibid). Det behöver genomföras klimatanpassningsåtgärder av olika slag, exempelvis smart dagvattenhantering (Fridell 2023). Det kan vara genom multifunktionella ytor som BGG-system. BGG-system är kort för BlåGrönGrå system vilket är ett samlingsnamn för alla typer av konstruktioner som samutnyttjar volym för dagvattenhantering (det blå), växtbäddar (det gröna) och för hårdgjorda ytor (det grå) (ibid). Regnbäddar, vegetationsbäddar och träd i hårdgjorda ytor är exempel på konstruktioner som kan ingå i systemet (Green Cities Europe u.å). Systemet är uppbyggt på öppet förstärkningslager, det vill säga ett förstärkningslager bestående av makadam utan finmaterial i vilket det kan det skapas utrymme för att lagra och omhänderta dagvatten i hålrummen som bildas (Fridell et al 2022). Det öppna förstärkningslagret är integrerat med ett styrsystem för dagvatten (Fridell 2023). En bevattningszon kan skapas genom att vatten lagras på botten av systemet och kan försörja växtbädden med vatten (ibid). Klimatrelaterade skador förebyggs genom att överbyggnader nyttjas som dagvattenmagasin. Samtidigt tas positiva effekter av nya förhållanden tillvara på genom att vattnet kan nyttjas av vegetationen.

En trygg vattenförsörjning beskrivs ha god kapacitet och flexibilitet att hantera störningar (Boverket 2018). Det krävs kunskap om områdets naturgivna och samhälleliga förutsättningar där hänsyn tas till lokala krav och önskemål (Sjöstrand et al 2019). Det skapar ett vattenförvaltningssystem som är resilient och som tar ett brett grepp om vattenfrågan. Stora ekonomiska investeringar kan krävas för att tillgången på dricksvatten ska säkerställas (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022). En hållbar hantering av resursen vatten bör därför ske stegvis. I takt med förnyelse av infrastruktur bör principerna tillämpas utifrån kloka förvaltningsstrategier, där nybyggnation av infrastruktur ger möjlighet att skapa innovativa system (IWA 2023).

5.3 Cirkulärt vattenanvändande

Avfallstrappan, eller resursoptimeringstrappan, är ett EU-direktiv som är vedertaget inom stadsbyggnadssektorn. Principen har målet att skapa ett cirkulärt flöde av resurser (Fridell 2023). Första steget är att förebygga avfall, sedan följer stegen återanvändning, återvinning, utvinning av resurser och sedan deponering (Naturskyddsföreningen 2021). Samma princip och tankesätt skulle kunna appliceras även på resursen vatten för ett hållbart och cirkulärt vattenanvändande (Fridell 2023). Cirkulär användning av vatten får allt större uppmärksamhet (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022). Det har kommit förslag om att regeringen skulle kunna skattebefria effektivt vattenanvändande för att denna utveckling ska drivas på (ibid). IWA:s principer om att minska vattenuttag och vattenanvändning beskriver ett cirkulärt vattenanvändande. Vattenkällor kan återanvändas, där grad av rening matchar användning genom tillämpningsstrategin som IWA benämner ”ändamålsenliga” vatten (IWA 2023). Sydvatten framför liknande poänger när de beskriver ett cirkulärt angreppssätt för vattenresursen, där effektivisering av vattenanvändning och användande av outnyttjade källor beskrivs som ett tillvägagångssätt för ett cirkulärt system (Sydvatten 2019). Den mest effektiva resurshanteringen är oftast den mest hållbara (Baresel et al 2024). Genom effektivisering minskar mängden vatten som behövs och en större del av behovet kan täckas av cirkulära resurser. På så vis minskas det totala resursuttaget och miljöbelastningen (ibid).

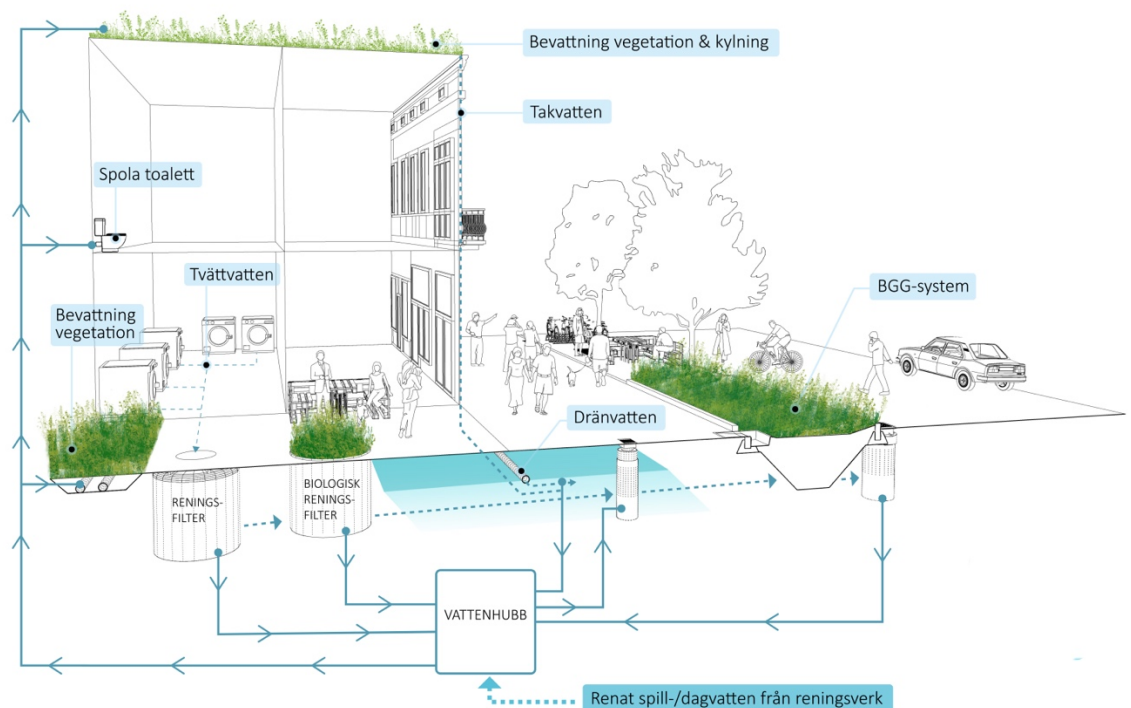
Det finns olika begrepp, benämningar och definitioner för att beskriva vatten som används flera gånger lokalt. Återanvänt vatten, återvunnet vatten, recirkulerat vatten och cirkulärt vatten är begrepp som beskriver vatten som används på nytt. Återanvänt vatten syftar till att resursen nyttjas direkt utan några behandlingssteg (Baresel et al 2024). Med återvunnet vatten menas renat vatten som används igen (Johanson et al 2022). Recirkulerat vatten innebär att vattnet används direkt till samma ändamål gång på gång (Frihammar & Barup 2021). Begreppen används olika i litteraturen och kommer därför inte skiljas åt i arbetet. Cirkulärt vatten eller alternativt vatten används i arbetet som ett samlingsnamn för alla typer av vatten som återanvänds, återvinns eller cirkulerar lokalt. Ett begrepp som används i sammanhang gällande cirkulärt vatten är Tekniskt vatten. Tekniskt vatten har ingen entydig definition, men kan användas som ett samlingsbegrepp för vatten som inte uppfyller dricksvattenkvalitet (Johansson et al 2022). Beskrivningen liknar Boverkets definition av övrigt vatten, ”Vatten som inte uppfyller kraven för tappvatten men som kan användas till uppvärmning, kylning, toalettspolning, tvättmaskiner m.m. där kraven på vattnets kvalitet är beroende av ändamålet men där vattnet inte nödvändigtvis behöver vara tappvatten” (Boverket 2020a). Ett tredje begrepp som används för vatten som inte uppnår dricksvattenkvalitet men kan ha alternativa användningar är Stadsvatten. Stadsvatten är ett samlingsnamn för vatten som genereras i en stad och som kan nyttjas och återanvändas. Konceptet beskrivs av Edge, Scandinavian Green Roof Institute och Ecoloop (2020). Stadsvatten kan exempelvis vara dräneringsvatten, tak- och dagvatten samt vissa typer av gråvatten. Dräneringsvatten består av markavvattning och grundvatten som pumpas ut för att håla marken torr (Sydvatten 2019). Dagvatten består av nederbörd och smältvatten som är ytligt avrinnande (Johansson et al

2022). Det kan bestå av exempelvis regnvatten som rinner från tak, vidare benämnt som takvatten. Gråvatten är avloppsvatten som inte innehåller vattenfraktion från toaletten (Eriksson et al 2002), och kan sammanfattas som bad-, disk-, och tvättvatten (Johansson et al 2022).

Konceptet stadsvatten bygger på principerna:

- Allt vatten bör ses som en resurs och ska återanvändas så många gånger som möjligt innan utsläpp till recipient – med så korta avstånd som möjligt.
- Minimera tillflöde och utflöde till fastigheten – självförsörjning av vatten så långt det är möjligt.
- Börja med det minst förorenade vattnet.
- Rena vattnet till den nivå som krävs för vald användning – varken mer eller mindre – och använd robust blågröngrå teknik.
- Kontinuerliga flöden har bäst potential till varaktiga nyttor.
- Identifiera synergier och mångfunktionella installationer på kvarters- och allmän platsmark (Fridell 2023 s.109)

Principen för ett användande av Stadsvatten i form av dag-, tak-, och dränvatten som integreras med ett BGG-system presenteras i figur 8.



Figur 8. Stadsvattenprincipen integrerat med BGG-system (Fridell 2023).

Eftersom vad som innefattas i begreppen tekniskt vatten, Stadsvatten och övrigt vatten är så brett är det viktigt att alltid vara tydligt med vattnets ursprung och vilken typ av användning det gäller (Johansson et al 2022) för att undvika missförstånd. För att kunna använda olika vatten till olika ändamål bör vatten av olika kvaliteter hållas isär och inte blandas (Sydvatten 2019). Detta kräver

investeringar i infrastruktur eftersom dagens system bara har en ledning in och en ledning ut i de flesta byggnader (ibid). Stadsvattenkonceptet presenterar ett tänkbart framtidsscenario där det kan finnas två inkommande vattenfraktioner – dricksvatten och stadsvatten (renat dag- och spillvatten) – som distribueras ut i samhället och integreras med vattenhubbar inom eller nära fastigheten (Fridell 2023). I Helsingborg finns en testanläggning med tre rör ut – gråvatten, svartvatten och köksvatten separeras. Forskning bedrivs för hur gråvatten kan renas till drickskvalitet och återanvändas (RecoLab 2021) Renat avloppsvatten från testanläggningen har distribuerats som bevattning inom kommunen (Eriksson & Bentell 2024)

Cirkulär användning av vatten kan också innebära att vatten återanvänds eller hålls kvar i landskapet där det behövs (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022), som en åtgärd mot framtida ökad nederbörd och vattenbrist (Sydvatten 2019). Staden bör formas så att vatten får plats (ibid). Genom att låta staden fungera som en ”svamp” där vattenflöden dämpas och dagvatten blir en resurs kan resiliens vid översvämning öka (IWA 2023). Detta kan åstadkommas genom att utveckla lösningar för omhändertagande av vattenavrinning vid regn och skyfall integrerade med stadens infrastruktur (ibid). Vatten i staden möjliggör bättre förutsättningar för stadsvegetationen och kan skapa ett mer behagligt mikroklimat (Sydvatten 2019). Ett populärt tillvägagångssätt att lagra vatten i landskapet är genom naturbaserade lösningar, ofta benämnd som blågrön infrastruktur eller BlåGrönGrå infrastruktur. Multifunktionaliteten är en stor fördel för blågrön infrastruktur (State of Green 2020). Genom att tillämpa naturbaserade lösningar kan ekosystemtjänster och biologisk mångfald stärkas i urbana miljöer samtidigt som samhällets motståndskraft mot klimatförändringar ökar (Havs- och vattenmyndigheten 2022). Ekosystemtjänster är de tjänster som naturen förser oss med, exempelvis rening av luft, dagvattenhantering, hälsa och rekreation (Boverket 2020b). Grönblå infrastruktur behöver ges en central roll i den fysiska planeringen (Havs- och vattenmyndigheten 2022). Genom att addera även den grå dimensionen till blågrön infrastruktur kan fördelarna med systemen även introduceras till de mest urbana och täta stadsrummen via så kallade BGG-system. BGG-system bidrar till att träd erhåller erforderlig rottillgänglig volym samtidigt som överbyggnaden, vars huvudsakliga syfte är att ta upp laster från trafik, hjälper till med att fördröja dagvatten och på så vis minskas belastningen på VA-ledningar (Malmö stad 2024b).

6. Användning och magasinering av cirkulärt vatten

Principer för cirkulär hantering av vattenresursen, exempelvis EU:s avfallstrappa (EU u.å) kan appliceras på vattenanvändande i urbana byggnader genom att vattenanvändningen reduceras och att vattnet återanvänds (Drangert & Kjerstadius 2023). Modellen kräver ny infrastruktur och nya sätt att hantera och bruka inkommande och utgående vatten. Information om föroreningar, reningstekniker, lagringsmöjligheter och användningsområden med kvalitetskrav för olika alternativa vattenkällor krävs för ett tryggt, säkert och hållbart användande av cirkulärt vatten. Det är dock värt att notera att det förutom även juridiska och miljömässiga aspekter krävs kunskap inom områden rörande exponering av vattnet för människor, arbetsmiljörisiker, miljöaspekter samt social acceptans (Rewaise 2023).

6.1 Alternativa vattenkällor och användningsområden

Tekniskt vatten, Stadsvatten och övrigt vatten består av vatten som härstammar från olika källor eller har haft olika användningsområde. Det finns en mängd olika användningsområden beskrivna i litteraturen, med mer eller mindre specificerade kvalitetskrav. För de olika tillämpningarna krävs olika vattenkvalitet och därmed olika reningstekniker (Takman 2019). Det är viktigt att veta vilken vattenkvalitet som krävs för olika ändamål (Sweco 2020). För att avgöra vilken nivå av rening som krävs för cirkulärt vatten behövs kunskap om vattenkvalitetskrav gentemot användare och miljön utredas (Water Environment Federation u.å). Att vatten renas till lämplig kvalitet för användning, varken mer eller mindre, säkerställer att föroreningar inte når människor och miljö samtidigt som kostnad och resurser som uppstår när vatten renas till en högre kvalitet än vad som behövs undviks (ibid). Priset för investering och drift ökar med vattnets reningsgrad (Rewaise 2023). Det är också av vikt att ta reda på om exempelvis näringsämnen behöver avlägsnas, eller om de kan användas som en resurs för vegetationen. Även om förekomsten av metaller och annat är önskvärt eller ej (ibid). Föroreningar som medför avlopp behöver hanteras på ett lämpligt sätt (Baresel et al 2024), och det är av stor vikt att säkerställa att både människan och miljön inte utsätts för risker. Det tål dock att tänkas på att om decentraliserade system för återanvändning skulle misslyckas eller sättas ur spel är risken för miljö eller människan att skadas mycket mindre än för ett centraliserat vattenreningssystem (Maher & Lustig 2003) och på så vis minskas risken för störningar i samhället.

6.1.1 Dagvatten från hårdgjorda ytor

För att öka tillgången på vatten genom magasinering och återanvändning kan dagvatten samlas in och användas till olika ändamål (Havs- och vattenmyndigheten 2022). I Sverige är fördröjning och lokalt omhändertagande av dagvatten inget nytt (Rewaise 2023). Ett vanligt sätt att göra detta på är att fördröja vatten i landskapet genom olika typer av magasin, till exempel via BGG-

system och andra typer av dagvattenmagasin. Dagvatten har traditionellt setts som en olägenhet som ska ledas bort så snabbt som möjligt, men det sker ett paradigmskifte där dagvatten ses som en resurs snarare än ett problem (Maher & Lustig 2003).

Tillgången på dagvatten från hårdgjorda ytor varierar beroende på säsong och är generellt låg under sommarhalvåret (Frihammar & Barup 2021).

Kvaliteten på vattnet kan variera stort. Dagvatten som rinner av från hårt trafikerade vägar har högre innehåll av exempelvis metaller och organiska föroreningar (Johansson et al 2022) medan dagvatten som uppkommer på otrafikerade innergårdar är renare (Fridell 2023). Förebyggande åtgärder kan resultera i att vattnet inte blir lika förorenat och kräver mindre grad av rening för att användas. För att minska föroreningar i dagvatten bör utemiljön städas kontinuerligt (ibid). En minskning av biltrafik och av vägsaltning är också en förebyggande åtgärd.

Ett användningsområde för dagvatten som har fått stor spridning är som bevattning av stadsvegetation under torrperioder (Thoni 2017; Johansson et al 2022). Eventuella näringsämnen i dagvatten som används för bevattning kan vara en tillgång om de tas upp av vegetationen. Vägsalt kan däremot vara skadligt för vegetationen (Trafikverket 2024), därför bör växtbädden anpassas så att största delen av det förorenade vattnet inte hamnar i växtbädden, eller så bör vatten från avrinningsområden som inte förorenas lika mycket övervägas. Diagram som visar vanliga föroreningar, lämpliga förebyggande åtgärder eller reningstekniker och möjliga användningsområden efter föreslagen rening för dagvatten från hårdgjorda ytor visas i figur 9.



Figur 9. Diagram som visar vanligt förekommande föroreningar, möjliga förebyggande åtgärder eller reningstekniker samt förslag på tillämpning för återanvänt dagvatten från hårdgjorda ytor.

6.1.2 Regnvatten från tak

En lågt hängande frukt när det kommer till att börja återvinna eller återanvända det minst förorenade vattnet är att återanvända takvatten. Nederbörd från tak föreslås i flertalet artiklar och rapporter som en lämplig vattenfraktion att tillvarata och använda (Sydvatten 2019; Havs- och vattenmyndigheten 2022; Rewaise 2023; Frihammar & Barup 2021). Regnvattnet som ska återanvändas bör hanteras så att partiklar, bakterietillväxt, färg och lukt kan minimeras (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). Regnvatten från tak är relativt föroreningsfritt (Johansson et al 2022). Kvaliteten påverkas främst av hur smutsigt taket vattnet

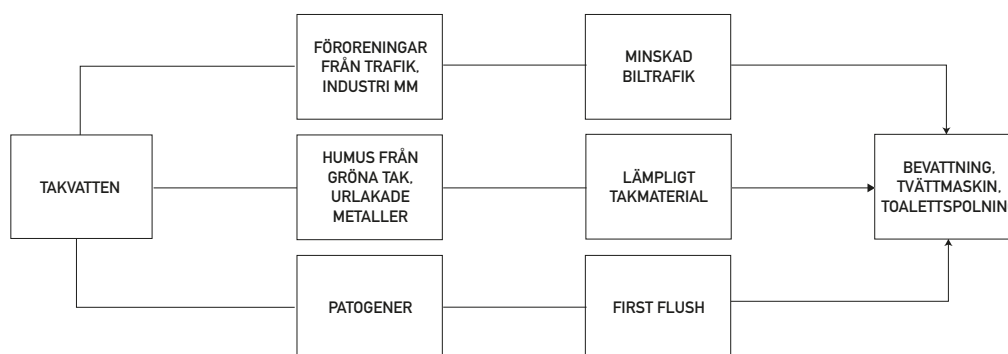
samlas in från är (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). Damm, fågelavföring, löv och kvistar kan förorena vattnet, men genom att använda en grovsil kan större föroreningar samlas upp (Rewaise 2023). Att leda bort "first flush", det vill säga det första regnet som drar med sig det mesta av smutsen, kan vara ett sätt att avskilja de värsta föroreningarna (ibid). Eftersom regnvatten har relativt lågt pH är det viktigt att anpassa takmaterialet så att inte metaller löses upp och förorenar vattnet (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). I stadsmiljö kan även föroreningar från trafik och industrier förorena vattnet (Sjöstrand et al 2019). Regnvatten är vanligtvis ofärgat (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021), men om vatten samlas in från gröna tak kan det missfärgas från humus som sköljs med från växtbädden (Energi & Miljö 2024).

Exempel identifierade i litteraturen där regnvatten från tak kan återanvändas eller återvinnas är exempelvis som bevattning (Sydvatten 2019), i hushållsmaskiner exempelvis som tvättmaskiner (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021) samt till toalettspolning (Johansson et al 2022). Regnvattnets låga hårdhet (ibid) samt avsaknad av färg och metaller, gör regnvatten till en god kandidat till vattenfraktion att använda i tvättmaskiner (Rewaise 2023). För att enligt stadsvattenprincipen rena vattnet så lite som möjligt bör förebyggande åtgärder tas i beaktning vid nybyggnation av byggnader där regnvatteninsamling ska ske från tak. Exempelvis kan takmaterial anpassas så att metaller inte löses upp och missfärgar vattnet samt att eventuella gröna tak inte kopplas på systemet, då vattnet måste vara tillräckligt rent för att inte ge fläckar (Svenskt vatten 2017). Det kräver samordning mellan flera discipliner, exempelvis mellan arkitekt, VVS och eventuellt landskap. För spolning i toaletter krävs att vattnet inte avger vattendimma, s.k. aerosoler, med patogener då detta kan sprida virus och bakterier hos användarna (Frihammar & Barup 2021). Ett system med avledning av first flush kan vara ett bra alternativ när regnvatten ska användas i detta ändamål. Även gällande spolning av toaletter är det positivt om vattnet inte är missfärgat, eftersom det kan leda till obehag och lägre acceptans hos brukarna samt att toalettstolen kan missfärgas.

Regnvatteninsamling från tak för bevattning kan ersätta dricksvatten så länge det finns vatten att tillgå i det magasin som används för lagring. Enligt beräkningar i projektet Bjurbäcken kan vatten från tak lagras i BGG-system och förse vegetation med vatten i upp till 2 månader vid avsaknad av nederbörd (Fridell 2023). Där bevattningsvattnet inte kommer i kontakt med människan och vegetationen som bevattnas inte ska förtäras bör behovet av rening vara litet, vid exempelvis upptag av vegetation i BGG-system eller liknande. Vid bevattning via vattenspridare eller på liknande vis ovan mark där aerosoler kan bildas bör förhindrande av smittospridning tas i beaktning. För bevattning av grödor som ska förtäras gäller speciella regler enligt EU-lagstiftningen och den svenska förordningen om bevattning med renat avloppsvatten på jordbruksmark (Eriksson & Bentell 2024). En betydande begränsning gällande användning av regnvatten från tak som bevattning av vegetation är att behovet av bevattning är som störst vid avsaknad av nederbörd. Bevattningsmöjligheterna med regnvatten från tak under torrperioder begränsas till mängden nederbörd som fallit innan torrperioden. En sommar liknande 2018 där vi såg extremt låga nivåer för

nederbörd (Fridell 2023) fanns det liten eller ingen möjlighet för påfyllning av takvattenmagasin. Även förbrukningsmängden, exempelvis om vattnet används till fler områden än bara bevattning och om vegetationen som ska bevattnas är extensiv eller att artvalen kräver mycket bevattning, avgör hur länge vattnet räcker under en torrperiod. Magasinets kapacitet avgör också hur mycket vatten som kan lagras och sedan distribueras under torrperioder.

Sammanfattningsvis kan regnvatten från tak samlas in och återvinnas eller återanvändas direkt inom fastigheten i ändamål som bevattning, till tvättmaskin och till toalettspolning utan att avancerad rening krävs. För att detta ska vara möjligt är det mest lämpligt att ett first flush-system och grovsil installeras, samt att takytan där det uppsamlade regnet hamnar inte är ett grönt tak eller är tillverkat av ett material innehållandes metaller som kan avge föroreningar. Automatiserad bevattning eller bevattning underifrån samt torktåliga växter är lämpliga val för att kunna förse vegetationen med vatten under längre tid under torrperioder, men flödet kommer med all sannolikhet behöva ersättas med dricksvatten eller annan typ av tekniskt vatten med ett mer kontinuerligt flöde. Vid omfattande bevattningsförbud kommer antagligen nederbörden ha varit så pass låg att regnvattnet inte räcker till för bevattning. Diagram som redogör vanliga föroreningar i takvatten, lämpliga förebyggande åtgärder eller tekniker för rening för respektive förorening och möjliga användningsområden efter föreslagen rening visas i figur 10.



Figur 10. Diagram som visar föroreningar, förebyggande åtgärder eller rening samt tillämpning för återanvänt takvatten.

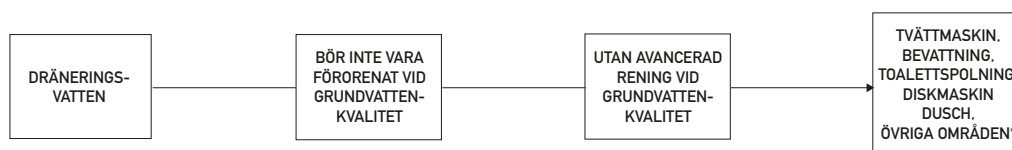
6.1.3 Dräneringsvatten

Markavvattning och grundvatten som pumpas ut för att hålla marknivån torr, så kallat dräneringsvatten, kan tas tillvara genom att magasineras och återanvändas (Nationella expertrådet för klimatanpassning 2022; Sydsvatten 2019).

Dräneringsvatten är tillsammans med dagvatten ett problem när det läcker in i avloppsledningar och ökar mängden spillvatten som måste hanteras i avloppsreningsverken till mer än det dubbla (Baresel et al 2024). Volymen dräneringsvatten som hamnar i dagvattenledningen på årsbasis är större än volymen dagvatten (Fridell 2025).

Dräneringsvatten som består av grundvatten och avleds från bebyggelse har ofta samma goda vattenkvalitet som grundvatten (Frihammar & Barup 2021). Skulle dräneringsvattnet omhändertas lokalt skulle det kunna användas, utan att blandas ut med föroreningar från andra vattenfraktioner och på så vis bibehålla sin ofta goda vattenkvalitet (Fridell 2023) och användas till ett stort antal användningsområden. Toalettspolning, tvättmaskin och bevattning är exempel som kan vara lämpliga områden. Graden av rening beror på vattnets kvalitet, men om det är av grundvattenkvalitet kan det ofta användas för tillämpningar som kräver upp till dricksvattenkvalitet utan egentlig rening. Vatten som används i duschar måste vara så rent att det inte orsakar infektioner (Svenskt vatten 2017). Det ska inte innehålla några patogener. Även för disk skulle dräneringsvatten kunna användas, speciellt i första delen av ett diskmaskinsprogram. Vid disk av köksredskap bör vattnet inte innehålla mikrobiologiska föroreningar eller höga halter av kemiska parametrar, exempelvis arsenik (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). Den goda vattenkvaliteten måste säkerställas om dräneringsvatten ska kunna användas till dessa ändamål.

Det kontinuerliga flödet gör att dräneringsvatten kan vara fördelaktigt som alternativ vattenkälla (Frihammar & Barup 2021). Vattentillgången varierar med större tillgång under vinterhalvåret (ibid). Det finns till skillnad från regnvatten från tak tillgängligt även en bit in i torrperioder. Vid torka påverkas markfuktighet och grundvattennivåer (Stockholm stad 2024), så vid långa torrperioder kan även dräneringsvattnet sina. Skulle en lång torrperiod inträffa så att tillförsel av regn- och dagvatten skulle upphöra kan perioden där alternativt vatten skulle behöva ersättas av dricksvatten, eller sakna bevattning, förkortas markant eller elimineras vid användning av dräneringsvatten. Då kan bevattning och samtidigt vitala ekosystemtjänster och behagligt mikroklimat säkerställas, åtminstone så länge grundvattnet eller markfukten inte påverkats för mycket. Diagram som redogör för kvalitet, reningsbehov och möjliga användningsområden för dräneringsvatten visas i figur 11.



Figur 11. Diagram som visar kvalitet, reningsbehov och förslag på tillämpning för återanvänt dräneringsvatten.

6.1.4 Gråvatten

Genom att återvinna gråvatten minskar mängden spillvatten som leds till recipient (Baresel et al 2024) då gråvatten som vattenfraktion utgör den största delen av hushållsspillvattnet (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). Ett sätt att ta tillvara på gråvatten är att separera gråvattnet från svartvattnet genom separata rör, vilket görs i exempelvis HSB Living Lab (HSB u.å) och en utvecklingsanläggning i Helsingborg (RecoLab 2021). Gråvatten kan återvinnas i sin helhet eller genom att separera ytterligare flöden, exempelvis kan tvättvattnet eller duschvattnet separeras och recirkuleras eller återvinnas.

De olika fraktionerna inom gråvatten har olika kvalitet. Generellt innehåller totala fraktionen gråvatten näring som antas komma från matrester i diskvatten, hudrester från dusch och tvätt, och från tvätt- och rengöringsmedel (Almqvist et al 2007). Bad-, disk-, och tvättvatten innehåller kemiska produkter som tvål och schampon (ibid). Metaller i BDT-vatten kommer från damm, utlakning från metaller, från bestick och kastruller, blytål och knappar, textilfärger och maskiner med mera (ibid). Det kan även innehålla patogener från fekalier och matrester samt olja och fett, från tvål- eller matrester (Frihammar & Barup 2021). Vatten från diskmaskin innehåller högre halter av organiskt material än övriga gråvattenflöden gör, exempelvis från matrester, än resterande gråvattenflöden (ibid). Därför är användning av de andra fraktionerna gråvatten att föredra (ibid.)

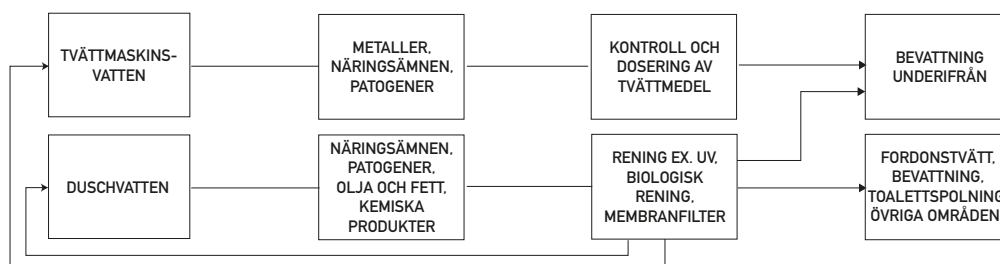
Vatten som separeras från dusch kan innehålla föroreningar av bland annat näring, kemiska produkter som tvål och schampon samt patogener. Flödet kan recirkuleras till samma ändamål via en återcirkulerande dusch (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). Återcirkulering av duschvatten i dusch är en lösning som inte kräver någon magasinering. Den variant av återcirkulerande dusch som finns på marknaden samlar in vattnet, renar det, kontrollerar kvaliteten och släpper igenom det som uppnår tillräcklig kvalitet (Orbital Systems u.å).

Tvättstugevatten från gemensamma tvättstugor är relativt enkelt att avleda och återanvända (Fridell 2023) då det inte behöver vara så komplicerat att koppla bort tvättmaskiner från övriga ledningssystemet för spillvatten. Tvättstugevatten kan uppgå till 1 m³ per dygn för en tvättstuga tillhörande en trappuppgång (Fridell et al 2020). Vattnet kan innehålla rester av tvättmedel och metaller och kan även innehålla patogener. I Augustenborg har MKB applicerat konceptet ”Framtidens tvättstuga” i en befintlig tvättstuga i en källarlokal. Vattnet från tvättstugan renas genom biologisk vattenrening och leds till dagvattnet som fördröjs lokalt (Månsson & Persson 2020).

Gråvatten som helhet kan användas bland annat till bevattning och cykel- och biltvätt (Eriksson et al 2002) och till dusch, handfat och toalettspolning efter rening (Frihammar & Barup 2021). Eftersom användningsområdena genererar aerosoler är det viktigt att vattnet inte innehåller patogener (Eriksson et al 2022). För användning som toalettspolning kan gråvatten från dusch och tvätt renas av exempelvis växtbäddar + UV eller membranfilter (Frihammar & Barup 2021). Gråvatten som bevattnar vegetation bör inte heller innehålla rester efter tvål- och rengöringsmedel som kan orsaka förorening av jorden och att

vegetationen vantrivs eller infiltrera ned till grundvattnet och förorena det (Eriksson et al 2002). Näringen som kan finnas i gråvattnet kan i bevattningssammanhang vara en resurs och bidra som gödning till vegetationen.

Gråvatten produceras i ett kontinuerligt flöde (Herrmann 2024) och kan på så vis vara en vattenkälla att räkna med. Leds gråvatten till BGG-system eller vattentank kan det genom sitt kontinuerliga flöde bevattna träd och vegetation även under torrperioder (Fridell 2023). För hållbar återanvändning av gråvatten med användning av rätt vatten till rätt ändamål med så korta avstånd som möjligt, kan det vara en idé att separera exempelvis flödet från tvättstugan och återanvända inom fastigheten. Tvättmaskinsvatten är en lämplig källa att separera eftersom det är relativt enkelt att kontrollera vad för föroreningar som finns i vattnet genom självdoserande tvättmaskiner. Från exempelvis duschar kan det vara svårare att reglera vilka tvål- och schamporester som sköljs ned. Bevattning under mark är även i detta fall ett ändamål som kan kräva låg grad av rening. För att inte riskera att förorena eventuellt grundvatten eller jord samt skada vegetationen bör systemet utformas på ett säkert och hållbart vis. Det kontinuerliga flödet är också en stor fördel för återvinning av gråvatten, liksom eventuell näringstillförsel vid bevattning med gråvatten, även om reningsbehovet för gråvatten generellt är betydligt större än för dräneringsvatten av grundvattenkvalitet. Den stora volymen gråvatten som genereras och dess konstanta flöde kan vara ett bra val och motivera mer avancerad reningsteknik där vattentillgången är dålig, vid nybyggnation av fastigheter och i kombination med energibesparing genom återvinning av värmen i BDT-vattnet (Frihammar & Barup 2021). Om avancerad rening är ett alternativ kan vattnet användas till i princip alla ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet och gråvatten som har renats kan även ha bättre kvalitet än dricksvatten (Baresel et al 2024). Diagram som redogör vanliga föroreningar i gråvattenfraktionerna tvättmaskinsvatten och duschvatten, lämpliga förebyggande åtgärder eller tekniker för rening för respektive vattenfraktion och möjliga användningsområden efter föreslagen rening visas i figur 12.



*Övriga områden som inte kräver dricksvattenkvalitet.

Figur 12. Diagram som redogör vanliga föroreningar, förslag på reningstekniker samt användningsområden för återvunnet gråvatten från dusch och tvättmaskin.

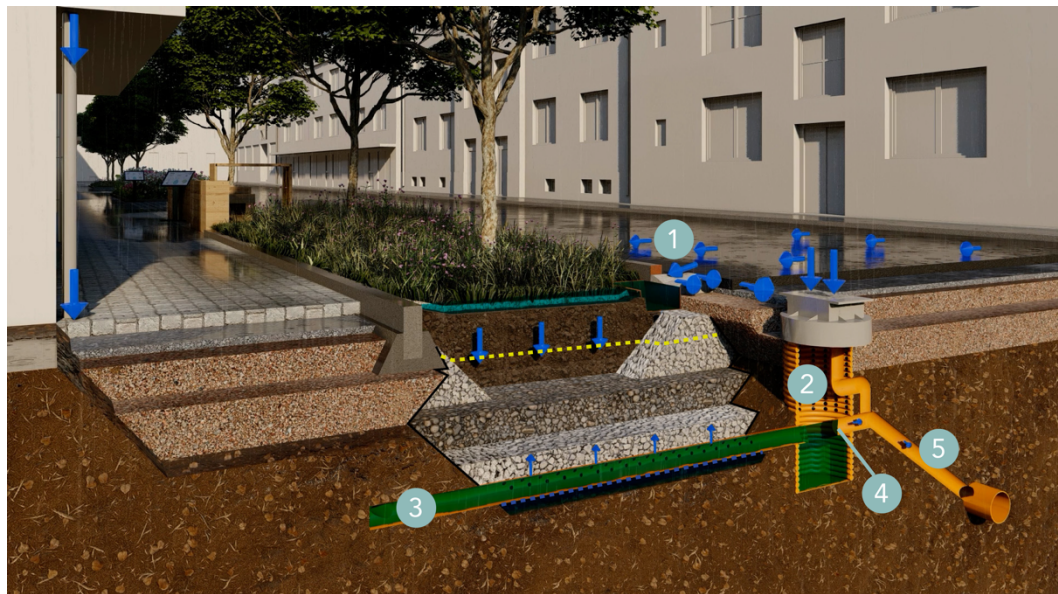
6.2 Magasinering av alternativa vattenkällor

En viktig aspekt av tillvaratagande av alternativa vattenkällor är möjligheter för magasinering. Vatten kan antingen lagras i landskapet eller vattentankar för senare användning.

6.2.1 Lagra vatten i landskapet

Vatten som lagras i landskapet kan hållas i exempelvis BGG-system och sparas till när det behövs (Sydvatten 2019; Fridell 2023). BGG-system kan fördröja och rena vatten samtidigt som de fungerar som en växtbädd. De klarar dessutom trafikbelastning (Fridell 2023). Ett BGG-system byggs upp av ett stråk av öppet förstärkningslager av grov makadam underst och ovanpå det olika markyttekonstruktioner. Till systemet anläggs en styrbrunn för att kontrollera vattenflödet, fördröjning, magasinering och bräddning (ibid). Markyttekonstruktionerna kan bestå av exempelvis regnbädd, vidsträckt dränerande beläggning i form av torg eller parkeringar, svackdiken, vegetationsytor och hårdgjorda ytor (Fridell et al 2022).

Dagvatten som rinner av från ytor kan ledas till BGG-system ovanifrån via ett inlopp och infiltreras via det öppna förstärkningslagret (ibid). Vatten kan även ledas till systemet underifrån via en spridningsledning. Vattnet som leds in i systemet fyller på hålrummen i det öppna förstärkningslagret. Porositeten ligger på cirka 30–40%, så att upp till 400 liter vatten/m³ öppet förstärkningslager kan omhändertas. Det finns alltså stora möjligheter att magasinera vatten i BGG-system och kapaciteten ökar ju större utbredningen av öppet förstärkningslager är (ibid). Hela eller delar av makadamen kan bytas ut till pimsten (HeklaCoarse) eller dagvattenkassetter vilket ökar hålrumsvolymen till ca 80–90% (Fridell 2025). Längst ned i det öppna förstärkningslagret kan en bevattningszon skapas med hjälp av en tät duk under och genom att vattengången på tömningsledningen sätts på några decimeter över terrassen. Vattnet kan alltså inte perkolera vidare ut ur systemet underifrån via terrassen, utan enda vägen för vattnet att ta sig ut från bevattningszonen är via upptag från vegetation. När bevattningszonen är full hamnar ytterligare inkommande vatten i fördröjningszonen där styrbrunnen reglerar flödet av vatten ut från systemet till dagvattennätet genom en flödesregulator och tömningsledning. Vattnets väg genom BGG-systemet samt material och komponenter i BGG-system visas i figur 13. Systemet utformas på olika sätt beroende på vilka mål som finns med anläggningen, ska skyfall fördröjas utformas de annorlunda än system med fokus på vital vegetation och fokus på mindre regn (Fridell 2023).



FÖRKLARINGSTEXT

Växtsubstrat	Förstärkningslager av samkross	Öppet förstärkningslager av makadam
Öppet förstärkningslager av makadam och biokol	Terrass	Tät duk
1 Inlopp till regnbädd	2 Styrbrunn	3 Spridningsledning
4 Flödesregulator	5 Tömningsledning	--- Fördröjningszon topp
		--- Bevattningszon topp

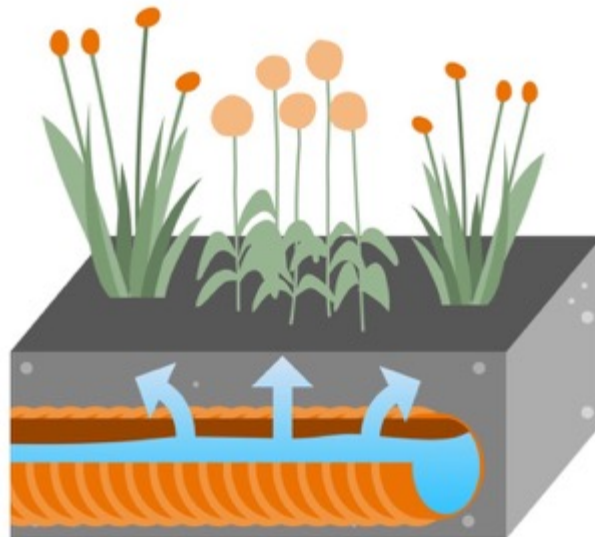
Figur 13. Vattnets väg i BGG-systemet samt material och komponenter i BGG-system. Blå pilar visar flödesriktning på vatten vid fyllnad av systemet när regnbäddens ytliga fördröjningszon är fylld och bräddning sker till undre fördröjningszon via styrbrunn.

BGG-system kan anläggas på allmän platsmark i gaturum och stadsrum men även på kvartermark. Systemen kan anläggas intill husfasad om erforderliga anpassningar görs, likaså på bjälklag med specialanpassade material och komponenter (Fridell 2023). Mångfunktionella lösningar för vatten kommer i mycket högre grad bli aktuella på grund av de nyttor och besparingar de kan leda till samt att utrymmet för olika typer av infrastruktur och nyttor som behöver byggas in i staden minskar (Johansson et al 2022). Lösningens flexibilitet möjliggör att systemet kan anläggas med stor valfrihet i gestaltning och utformning av landskapet eller gaturummet, både i gatunivå och på bjälklag.

Svårigheter med magasinering av vatten i BGG-system kan vara att kraftiga marklutningar minskar kapaciteten av systemet eller att det inte är lämpligt över huvud taget (Fridell 2023). Det krävs exempelvis att tvärfallet inte är för stort, att låglinjer och lågpunkter ligger i anslutning till plats för öppet förstärkningslager, att tillräckligt utrymme finns samt att det inte är för mycket ledningar eller befintliga träd som tar upp utrymmet i marken (ibid). Det behöver även säkerställas att vattnet som eventuellt bräddar från systemet är tillräckligt renat för att släppas ut till det konventionella dagvattennätet. Det kan alltså krävas viss rening eller kvalitetskontroll innan magasinering i BGG-system om förorenat vatten ska lagras innan eventuell rening och användning. Det är även viktigt att säkerställa vattenkvaliteten med hänsyn till eventuell vegetation i BGG-system. Vattnet bör inte innehålla föroreningar skadliga för växtmaterial som bevattnas

av systemet. Om det finns risk för förorening av grundvatten bör BGG-systemet utformas med en tät duk i botten för att förhindra att infiltration sker ned i terrassen (ibid).

Savaq-system är en lösning för fördröjning och bevattning av vegetation underifrån (Terrigio u.å), se figur 14. Vattnet kan ledas från hårdgjorda ytor eller tak till ett rör under jordytan i omkringliggande grönytor och planteringar där det kan fördröjas och användas för bevattning (ibid). Vattnet sprids via en veke genom jordens kapillära dragning till rotzonen tills den naturliga vattenmättnaden är nådd (ibid). Avdunstningen minimeras eftersom jordytan kan hållas torr (ibid). Systemet går att installera i sluttande terräng såväl som över långa och flacka distanser (ibid). Mängden vatten som kan fördröjas i Savaq-system begränsas till den rörvolym som läggs ned i marken. Volymerna som kan magasineras är jämförelsevis med BGG-systemet låga men innebär större flexibilitet gällande kraftiga marklutningar.



Figur 14. Savaq-system som bevattnar vegetation underifrån genom kapillärkraft (Terrigio 2025).

6.2.2 Vattentankar

Vattentankar kan vara ett alternativ för att fördröja vatten vid källan och minska mängden vatten som leds till dagvattensystemen (Maher & Lustig 2003). Det finns flertalet exempel på system där takvatten samlas upp och används för toalettspolning, exempelvis regnvatteninsamlingen som sker i Sergelhusen i Stockholm, se figur 15. Vatten samlas in från taket och leds ned i en uppsamlingstank i källaren (Rewaise 2023). Vattentankar kan även grävas ned i marken, och en nedgrävd och mörk uppsamlingstank minimerar bakterietillväxt (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). Det minskar även risken för skador som kan uppkomma om det skulle ske läckage. Det kan dock vara svårt att komma åt nedgrävda magasin för underhåll och inspektion (Rewaise 2023). Det kan vara en fördel att vattentankar kan placeras inomhus i projekt där det av olika anledningar inte finns ett gaturum eller annan utemiljö att tillgå. Nackdelar med regnvattentankar är att utrymmet tillgängligt för vattentankar ofta är begränsat. Många gånger är storleken som krävs på tanken begränsningen för hur mycket av vattenbehovet som kan reduceras då stora volymer vatten behöver magasineras för att kunna användas vid perioder med små regnvolymer (Edholm 2024). Nedgrävning av stora magasin under marken medför att utformning av utemiljön kan försvåras, exempelvis kan det bli svårt att plantera träd ovanför regnvattentankar/magasin.



Figur 15. Vattentankar för magasinering av regnvatten som samlas in från tak. (Ferm 2025).

6.3 Optimering av cirkulära vattensystem

Lokala förutsättningar och kontexten för ett projekt sätter ramarna för vad som kan vara möjligt att åstadkomma gällande återanvändning och återvinning av vatten. Vilka vattenflöden och i vilken omfattning de genereras inom fastigheten spelar roll för hur systemet kan utformas. Det finns även andra faktorer som avgör vad som är den bästa lösningen för ett projekt, exempelvis finansiering, vattenförbrukning och möjlighet för drift och underhåll av systemen.

Sammanfattningsvis kan sägas att användningen av dag-, drän- och gråvatten är beroende av om det kan renas eller användas direkt inom fastigheten för olika områden som inte kräver dricksvattenkvalitet. Vilken eller vilka flöden som är lämpliga beror på kvalitetskrav för användningsområdet. För att rena vatten så lite som möjligt och matcha användning med kvalitet har bevattning underifrån med dräneringsvatten, dagvatten, regnvatten från tak och tvättstugevatten stor potential. För vatten till toalettspolning och som tvättmaskinsvatten kan regnvatten från tak och dräneringsvatten vara lämpliga att användas med enkel rening. För bevattning är kontinuerliga flöden av dräneringsvatten samt tvättstugevatten mycket intressanta vattenfraktioner att använda eftersom det kan säkerställa bevattning när det annars finns ont om vatten att tillgå. Ska avancerad rening installeras kan även duschvatten och dagvatten från hårdgjorda ytor integreras i systemet och vattnet kan användas till alla användningsområden som inte kräver dricksvattenkvalitet. Lagring och magasinering sker med fördel i BGG-system om vegetation ska bevattnas underifrån och är tillräckligt rent att bräddas till dagvattennätet. Vattentankar kan vara till stor nytta när utemiljön är begränsad eller där vattnet kräver mer kontroll, exempelvis för användningsområden som kräver mer avancerad rening. En kombination av BGG-system och vattentankar med Savaq-lösning kan vara ett alternativ för att optimera kapaciteten hos ett cirkulärt vattensystem.

7. Miljöcertifieringssystem och vattenåteranvändning

En stor del av samhällets miljöpåverkan genereras av bygg- och fastighetssektorn (Boverket u.å). Som en åtgärd kan bygg-och anläggningsprojekt välja att miljöcertifieras via miljöcertifieringssystem. Systemen ämnar förbättra driften av byggnader, minimera miljöpåverkan, mäta påverkan på miljön och på ett objektivet sätt mäta och bedöma byggnadens utveckling (Awadh 2017). Klassning och certifiering av byggnader kan vara ett sätt att nå hållbarhetsmål och ett verktyg för att mäta en byggnads miljöprestanda (Lågan 2013). BREEAM-SE, LEED och WELL är system som används på den svenska marknaden. Systemen är uppbyggda relativt lika varandra där huvudområden som exempelvis vatten, energi och avfall innefattar en rad kriterier som i sin tur ger poäng. Poängen delas ut genom att projektet uppfyller kraven för indikatorer beskrivna för varje kriterium. Beskrivning finns i respektive systems manual för hur indikatorernas krav ska uppfyllas, ofta krävs någon slags beräkning, ritning eller dokumentation som bevis. Byggherren eller entreprenören väljer själva ut vilka indikatorer som ska adresseras för projektet som ska certifieras samt vilken nivå för certifieringen som är ambitionen, ofta finns både obligatoriska och frivilliga kriterier. Bevisen skickas in till en oberoende utvärderare som bedömer om kraven uppfylls och indikatorns poäng tilldelas projektet eller inte.

Miljöcertifieringssystemen kan bidra till innovation och ett systemtänk där synergieffekter kan nyttjas för att nå hållbarhetsmål (Olubunmi et al 2016). De kan också bidra till bra marknadsföring för beställaren eller byggnaden som certifieras (ibid). Kritik som lyfts mot miljöledningssystem är att de bygger på ett tredje parts klassificeringssystem som skulle kunna vara partiskt (ibid). De har också fått kritik för att vara dyra (ibid). En övervägande del av systemen utvärderar nybyggnation av bostäder men varianter som certifierar renovering och tillbyggnad, anläggning och stadsdelar finns också att tillgå.

7.1 BREEAM-SE

BREEAM har funnits sedan 1990 och är ett miljöcertifieringssystem från Storbritannien. Sedan 2013 finns en svensk version, BREEAM-SE. Det gör det möjligt att certifiera enligt svenska regler och standarder. BREEAM-SE är den vanligaste miljöcertifieringsmetoden i Sverige (SGBC 2023). Det finns olika nivåer att uppnå i en BREEAM-SE-certifiering vilket bestäms av hur många procent av totalpoängen som projektet genererar (Awadh 2017). Omfattningen av projektet som ska bedömas fastställer hur många poäng som totalt finns att tillgå, och en viktning av poängen sker åt de områden som anses extra viktiga (SGBC & BRE Global 2023). För att ett projekt ska nå högsta nivån ”outstanding” krävs att 85% eller mer av totalpoängen uppnås. För lägsta kravnivån ”pass” krävs att minst 30% av totala poängen erhålls (SGBC 2023). Bedömningen sker i två steg, i projekteringsstadiet och för färdig byggnad (Lågan 2013).

Inom BREEAM-SE finns ett antal kriterier som innefattar återanvändning av vatten, bland annat kriterierna WAT01 och WAT 04. Inom WAT01 delas poäng ut om regnvatten eller gråvatten kan ersätta dricksvatten i toalettspolning (SGBC & BRE Global 2023). Ju större andel vatten som byts ut mot en alternativ vattenkälla desto högre poäng genererar åtgärden (ibid). Vid spolning med regnvatten krävs att magasineringsbehovet säkerställs och att åtgärder har vidtagits för att minska föroreningar i vattnet. För spolning med gråvatten krävs ordentlig rening, men magasineringsbehovet är inte lika stort då vattnet produceras kontinuerligt. WAT04 genererar poäng för åtgärder som vidtas för att minska vattenbehovet. Det gäller för alla områden med annan användning än för dricksvatten och sanitär användning (ibid). Kartläggning över användningsområden är viktig information för att kunna analysera hur vattenbehovet ska kunna ersättas av annan källa än dricksvatten eller minskas. Kan behovet av vatten minskas krävs inte lika stora mängder vatten från alternativa källor för att minska dricksvattenanvändningen. BREEAM föreslår som en åtgärd att grönområden och planteringar inom anläggningen förlitar sig helt och hållet på nederbörd för bevattning under alla årstider, även under det klimat som kan förväntas till följd av klimatförändringen (ibid). Detta går exempelvis att åstadkomma via BGG-system, där bevattningszonen magasinerar vatten som kan tas upp av vegetation och träd (Fridell et al 2022). Kombinerat med torktåliga växter kan nederbörden, beroende på magasinets storlek, kunna förse vegetation med vatten under året. Skulle dessutom gråvatten ledas till BGG-system krävs ingen nederbörd alls för att fylla på bevattningszonen, men eventuellt krävs extra rening eller kontroll beroende på vilket vatten som återanvänds.

Ytterligare poäng kan uppnås i BREEAM genom magasinering och användning av vatten med hjälp av BGG-system, exempelvis LE04 och POL03. Kriterierna innefattar ”förbättring av tomtens ekologiska värden” respektive ”ytvattenavrinning”. För att öka tomtens ekologiska värden kan BGG-system eller andra naturbaserade lösningar användas för att skapa bättre förutsättningar för vegetationen och därigenom bidra till biologisk mångfald och andra ekologiska värden. För att uppnå poäng för kriteriet rörande ytvattenavrinning krävs att hög fördröjning och rening av dagvatten skapas (SGBC & BRE Global 2023). Genom att fördröja och magasinera dagvatten i BGG-system eller andra magasin där vattnet kan användas till olika ändamål kan indikatorn uppfyllas och poäng erhållas. Under huvudområdet energi finns även poäng att hämta för projekt som hanterar återanvändning av gråvatten. Syftet med kriteriet Ene 08, Energieffektiv utrustning, är att uppmuntra och främja anskaffning av energieffektiv utrustning. För gemensamma tvättstugor kan det uppfyllas genom att gråvatten används för en del av tvättprocessen. Det kan vara återvunnet från slutsköljningen, för användning i nästa tvätt (ibid). Uppdelning av tvättvattnet i olika fraktioner är ett sätt att använda vatten av olika kvalitet till olika ändamål, så kallat ”ändamålsenligt vatten”. Då tvätten i sig själv bär på föroreningar kräver vattnet inte dricksvattenkvalitet. Sköljvattnet i slutet av programmet bör vara relativt rent och inte riskera att missfärga eller på annat sätt förorena efterföljande tvätt, men det kan finnas en poäng med att kontrollera dosering och typ av tvättmedel för att undvika allergier.

I BREEAM-manualen finns sammanfattningsvis en rad poäng som kan tas beroende på vilken teknik för vattenåteranvändning som väljs. Totalt kan 10 poäng plockas genom att implementera tekniker för återanvändning av vatten inom en rad olika kriterier. Det går inte att säga hur stor andel av den totala poängen det är eftersom totalpoängen som kan erhållas är projektspecifik. Recirkuleringsystem som kan magasinera större volymer vatten kan användas för att få samtliga identifierade poäng, förutsatt att vattnet är av tillräckligt bra kvalitet eller renas för att användas till spolning av toaletter och att använda i en del av tvättprocessen. Ett grå- eller regnvattensystem som endast består av magasinering av vatten i en tank med tillhörande rening kan inte belönas med poäng för kriteriet LE04, förbättring av tomtens ekologiska värde och har svårt att uppnå indikatorerna för POL03 ytvattenavrinning. Volymen på tankarna skulle behöva vara mycket stor i de flesta fall, då avrinning från hårdgjorda ytor och tak efter exploatering kan uppgå till stora mängder vatten (Boverket 2019a). En kombination av regnvatten och gråvatten som renas och magasineras, kopplat till BGG-system som kan bevattna och bidra till vegetation och ökade biologiska värden samt omhändertar avrinning från tomten och regn, kan vara en lösning för att tilldelas alla poäng kopplade till återanvändning av vatten i miljöcertifieringen. BREEAM-SE stödjer vattenanvändning ur flera aspekter, och tillåter olika typer av system för insamling, magasinering, rening, och möjliggör alternativa användningsområden för vatten som inte uppnår drickskvalitet. Det som saknas i BREEAM-SE men finns i exempelvis LEED är kriterier där poäng för grundliga utredningar och analyser av hållbara designval premieras. För att erhålla så många poäng kopplade till hållbar vattenanvändning som möjligt krävs en översikt över vilka teknikområden som berörs och det kan behövas ta beslut tidigt i processen för att lyckade helhetslösningar ska kunna genomföras. Det finns risk att frågor gällande återanvändning av vatten lyfts för sent i processen och då väljs bort. Att uppmuntra till tidig kartläggning och dialog i projektgruppen kring frågor rörande hållbar användning av vatten hade därför kunnat premieras genom att generera poäng.

7.2 LEED

LEED är ett miljöcertifieringssystem från USA, utvecklat av US Green Building Council, och liksom BREEAM är det använt världen över (Lågan 2013). LEED lanserades 1999 och samarbetet med Sweden Green Building Council startade 2013 (SBGC 2025a). Certifieringssystemet syftar till att identifiera, genomföra och mäta miljövänlig design, konstruktion, drift och underhåll (SGBC 2025b). Det finns fyra nivåer som kan uppnås – certified, silver, gold och platinum (ibid), som delas ut beroende på hur många poäng som kan räknas hem för det certifierade projektet. Av de totalt 110 poängen krävs minst 40 för att nå den lägsta certifieringsnivån, och 80 för att nå den högsta (Lågan 2013). Poängen delas ut inom sju huvudområden i LEED, och poängen viktas så att energieffektivisering och kommunikation ger mest poäng (SGBC 2025b). LEED kan användas både i projekterings- och i driftstadiet av ett projekt (PEAB u.å a)

Det finns en del poäng att hämta i LEED kopplat till hållbar användning av vattenresursen. Flest poäng kan fås för kriteriet ”Reducering av vattenanvändning

inomhus”. Kriteriet premierar att så mycket som möjligt av vattenanvändningen inomhus där dricksvattenkvalitet inte krävs ersätts med alternativa vattenkällor (LEED 2019). En utredning och kartläggning av tillgängliga vattenkällor och tänkta användningsområden bör göras så att kvalitet kan matchas med användning för minsta möjliga reningsbehov. Kriteriet ger utrymme för innovation och för lokala lösningar anpassade till kontexten. Ska fastigheten fördröja stora mängder dagvatten kan det skapas synergieffekter genom att vattnet kan magasineras och återanvändas i olika användningsområden. För exempelvis hotellverksamheter som genererar mycket duschvatten kan recirkulerande duschar eller återvinning av gråvatten vara ett passande alternativ.

Kriteriet ”Reducering av vattenanvändande utomhus” uppnås genom att vegetationsområden utformas så att bevattning inte krävs eller genom att behovet av bevattning minskar med 50% jämfört med konventionell design (ibid). Val av torktålig vegetation eller effektiva bevattningssystem skulle kunna vara en åtgärd för att uppnå poängen. Ytterligare reduktion av bevattning kan uppnås genom användning av alternativa vattenkällor, sensorstyrd bevattning eller bevattning underifrån via BGG-system eller Savaq-system.

För kriteriet ”Integrerad process” belönas synergieffekter mellan discipliner och system. En preliminär vattenbudget ska presenteras, vilken ska utforska hur dricksvattenanvändning ska kunna minskas (ibid). Utredning och uppskattning av projektets vattenanvändning som inte kräver dricksvatten ska redovisas, bland annat beräkning och utredning av vattenbehovet inomhus, utomhus och processvatten (relaterat till kök, tvätt, kylning osv) (ibid). Förekomst av alternativa vattenkällor, exempelvis regnvatten, gråvatten eller tekniskt vatten från kommunen ska också anges. Bevis som krävs är dokumentation, demonstration i hur minst en alternativ vattenkälla analyserades för att täcka minst två av de identifierade vattenanvändningsområdena samt en demonstration av hur analysen påverkade projektets design (ibid). Kriteriet ”integrerad process” kräver inte att ett visst system installeras eller att vatten ska behandlas eller tas omhand, däremot är det en viktig del i att uppnå övriga poäng relaterade till design och tekniska lösningar. Synergier ger ett större värde av alla resurser gemensamt jämfört med vad en enskild resurs ger (Baresel et al 2024) och kan därför bidra till att återanvändning av vatten genomförs i projekt. Kriteriet ”platsanalys” kräver att tomtens förutsättningar utreds innan hållbara designval görs (LEED 2019). Ett av bevisen för kriteriet är att regnvatteninsamling- och återanvändningsmöjligheter ska utredas (ibid). Poäng kan erhållas för lösningar som hanterar dagvatten lokalt. Ju mer dagvatten som hanteras lokalt, ju högre poäng. Sist kan ytterligare poäng erhållas för projekt där kyltorn, en anordning som avlägsnar överskottsvärme genom tillförsel av vatten så att aerosoler bildas och kan användas som luftkonditionering (Malmö Stad 2025), används under kriteriet ”Kyltorns vattenanvändning”, för användning av minst 20% återvunnet vatten (ibid).

För miljöcertifiering i LEED kan upp till 14 poäng erhållas (av totalt 110) vid åtgärder som innefattar cirkulär vattenanvändning. En stor andel av poängen delas ut där identifierade användningsområden av vatten som inte kräver dricksvattenkvalitet ersätts med alternativa vattenkällor. Tillvägagångssättet är i

samklang med beskrivningar av Sydvatten (2019) och IWA (2023) där ändamålsenligt vatten beskrivs som en metod för att uppnå en hållbar hantering av vattenresursen. Även Stadsvattenprincipen och fyrstegsprincipen för hållbar vattenförvaltning stöds genom implementering av LEEDS kriterier. Certifieringen gynnar tidiga och grundliga analyser vilket kan skapa synergieffekter och är en viktig faktor för att den här typen av system ska bli lyckade (Tilly & Gustafsson 2006). Till skillnad från BREEAM delar LEED ut poäng kopplade till analysstadiet, vilket kan leda till att synergieffekter identifieras och att projekt som inte har ett uttalat vattenfokus väljer att implementera åtgärder för cirkulärt användande då halva ”arbetet” redan är gjort och poängsatt. För att plocka poäng i LEED kan olika system för återanvändning av vatten användas, det är projektets och inte certifieringens förutsättningar som avgör vilket system som är mest lämpligt för att erhålla så många poäng som möjligt. LEED skulle kunna utvecklas genom att kriterier och poäng kopplade till biologisk mångfald och ekosystemtjänster läggs till, vilket för tillfället inte adresseras i manualen. En risk som identifierats i LEED och som är en följd av att poäng för minskning av bevattning delas ut, kan vara att vegetationen i projektet reduceras för att sänka bevattningsbehovet. Det skulle kunna motverkas genom att certifieringen skulle ställa krav på ekologiska värden och ekosystemtjänster.

7.3 WELL

Certifieringssystemet WELL är ett amerikanskt certifieringssystem som lanserades 2014 för första gången och har sedan dess vidareutvecklats och uppdaterats (SGBC 2025c). Systemet riktar in sig på både kvantitativa och kvalitativa värden och har som syfte att förbättra människors hälsa och välbefinnande för de som vistas i byggnader (ibid). Fokus är på byggnadens brukare, snarare än på byggnadens miljöprestanda som i BREEAM-SE och LEED (PEAB u.å b). I WELL finns det liksom för LEED 110 poäng att plocka totalt. Maximala värdet av ett krav beror på en viktning där bedömd potential för förbättring av hälsa eller förbättring av ett hälsoproblem ger höga poäng (IWBI 2024). Minimumpoäng för att certifieras med nivån brons är 40 poäng. Sedan följer nivåerna silver, guld och slutligen för den högsta nivån platinum vilket kräver 80 poäng (ibid). WELL introduceras i projekteringsstadiet och certifieringen avslutas efter en verifiering där färdig byggnad testas (ibid).

Eftersom WELL har fokus på hälsa och välbefinnande ingår mycket av innehållet som berör vatten i kriterier som behandlar vikten av god dricksvatten-kvalitet och uppmuntran till vattendrickande. Trots de förutsättningarna identifierades ett antal relevanta kriterier. Exempelvis kriteriet W09, återanvändning av vatten som inte uppnår dricksvattenkvalitet på tomten (författarens översättning av onsite non-potable water reuse). Kriteriet syftar till besparing av vatten som inte uppnår dricksvattenkvalitet utan att hälsan för byggnadens brukare ska äventyras (ibid). En plan ska upprättas för att insamling, magasinering och återanvändning av vatten ska designas på ett säkert och användarvänligt vis.

Kriteriet ”termisk komfort utomhus” syftar till att projekt ska utformas så att mikroklimat gällande vind och värme ska hanteras via skuggning och

temperaturmodellering. Andel skuggning av vistelseyta i utemiljön poängsätts. För att få poäng för temperaturmodellering krävs att det ska implementeras olika åtgärder för att minska temperaturen, exempelvis grönska och skugga. För att uppnå kriteriet kan en hög grad av krontäckning behövas, vilket innefattar bevattning för att träden ska uppnå god vitalitet. Att bevattning sker med tekniskt vatten eller andra alternativa källor med kontinuerliga flöden kan bidra till bättre förutsättningar för vegetationen (Johansson et al 2022) och därmed skapa ett bättre mikroklimat (Brattström et al 2023). Likaså kan bevattning med alternativa källor vara ett alternativ för att uppfylla kriteriet N12, matproduktion. Poängen delas ut för möjliggörande av odling och matproduktion genom att förse brukarna med plats, infrastruktur och verktyg för odling och ska innehålla en minst ett av följande alternativ: trädgård eller ett växthus, åtliga växter, hydroponiskt eller aeroponiskt odlingssystem. Gällande odling är det viktigt att säkerställa kvaliteten på vattnet, eftersom vegetationen ska konsumeras. På många håll i världen används renat avloppsvatten till bevattning och inom EU finns regler kring användning av avloppsvatten på grödor där den nya förordningen innehåller bestämmelser om krav på vattenkvalitet, övervakning och riskhantering (Regeringskansliet 2024). Det är viktigt att reningen är anpassad för ändamålet.

Vid användning av återvunnet vatten krävs det att föroreningar hanteras på ett lämpligt sätt (Baresel et al 2024), vilket användande av certifieringssystemet WELL bidrar till inom flera kriterier, inte minst genom W09. Byggherrar eller entreprenörer som vill öka acceptansen för att återvunnet vatten och vill verifiera säkerheten i lösningarna skulle kunna kvalitetssäkra sina lösningar via en WELL-certifiering. Folkhälsa och välbefinnande är nära kopplat till vattenresursfrågan, inte minst gällande säkerställande av ekosystemtjänster och ett behagligt mikroklimat (Havs- och vattenmyndigheten 2022). Trots att fokus inom miljöcertifieringen WELL ligger på människans hälsa och välbefinnande finns ändå flera poäng att hämta gällande återanvändning av vatten för projekt som certifieras. Identifierade poäng utgör en relativt liten del av den totala poängen. För att erhålla poängen krävs inte att återanvänt vatten används, däremot kan projektets sammanlagda poäng höjas om cirkulärt vattenanvändande förekommer. Ett projekt som certifieras med WELL kommer antagligen inte att implementera återanvändning av vatten för att samla fler poäng, men projekt som beslutar om ett sådant system på andra grunder kan räkna hem extra poäng till sin totalställning. Då hälsa och välbefinnande är i fokus i certifieringen finns av förklarliga skäl inte kriterier gällande exempelvis vatteneffektivisering och krav gällande fördröjning med vilket det gör i BREEAM_SE och LEED. En certifiering med WELL skulle däremot kunna kompletteras med ovan nämnda certifierings-system, eller tvärtom. Det finns exempelvis guider för dubbelcertifiering med WELL och BREEAM (SGBC 2025d).

8. Praktiska exempel på vattenåteranvändning i byggprojekt

Ökade krav på resurshållning, klimatanpassningsåtgärder, incitament från miljöcertifieringar och andra initiativ kan leda till att fler ny- och ombyggnadsprojekt implementerar vattencirkulära åtgärder. Exempel på projekt som är under byggnation eller har slutförts inom de senaste åren är Sergelhusen samt flerbostadshusen Persikan KV 6 och Bjurbäcken. Projekten innefattar lösningar för återanvändning och återvinning av vatten som i vissa aspekter skiljer sig, precis som lokala förutsättningarna och projektens karaktär. Gemensamt är att alla tre projekt fördröjer och magasinerar regnvatten från tak och använder på fastigheten. Gemensamt är också att utvecklingsmöjligheter finns för samtliga system för ökad cirkulering av vatten.

8.1 Bjurbäcken

I Rågsved i Stockholm är Stockholmshem byggherre åt nya hyresbostäder i ett befintligt bostadsområde som håller på att förtätas. Lägenheterna stod klara för inflyttning vintern-våren 2025 (Stockholmshem u.å a). Byggnaderna är belägna där det tidigare varit en park. Intill husen finns en nyanlagd kvartersgata, Bjurgränd, samt befintliga Bjursätragatan, se figur 16.



Figur 16. Karta över Bjurbäcken innan exploatering (Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad 2025). Modifierad av författaren.

Hela området lutar från öst till väst (Fridell 2025). Bostadshusen består av två långsmala huskroppar som bildar en triangel med den nyanlagda kvartersgatan med innergård i mitten, se figur 17. Komplementbyggnader ligger längs med kvartersgatan. I mitten av triangeln bildas innergården och i triangelns nordligvästliga topp finns hårdgjorda ytor för parkering för rörelsehindrade och cykelparkering. Längs med fasaden in mot innergården har de boende egna

privata uteplatser som angränsar till den gemensamma innergården. Längsidan av hus A på motsatt sida innergården vetter mot en banvall och motsatt sida av innergården för hus B vetter mot Bjurbäcksgatan, se figur 17.



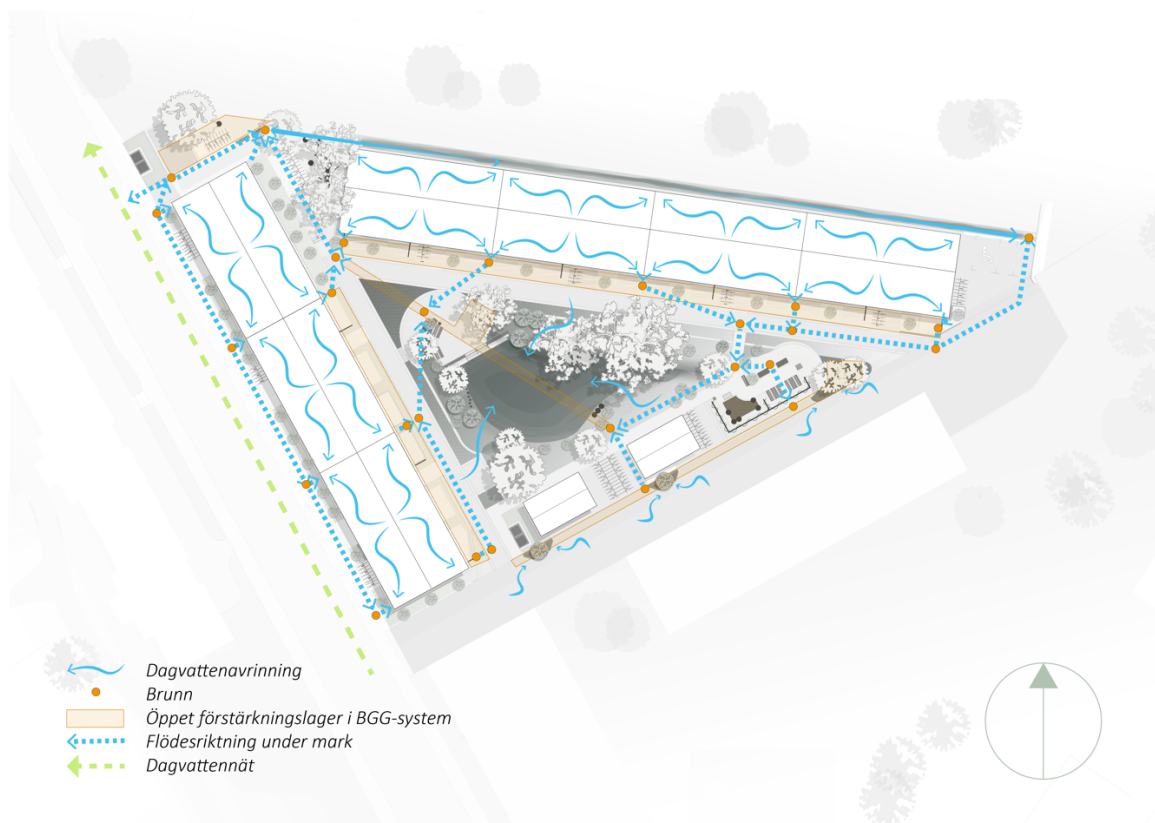
Figur 17. Illustrationsplan föreställande projektet Bjurbäcken (Edge 2025). Modifierad av författaren.

Området bestod tidigare av naturmark och dagvattenflödena var små (WSP 2018). Den ökade hårdgörningen som exploateringen innebar ökar mängden dagvatten som måste hanteras för att inte belasta de allmänna dagvattenledningarna (ibid). Följande beskrivning av dagvattenhanteringen inom Bjurbäcken baseras på en intervju/personligt samtal med Kent Fridell (2025), specialist och innovatör inom BlåGrönGrå system, som varit rådgivare och tagit fram dagvattensystemet för Bjurbäcken. Fridell berättar att det vid ett skyfall rinner ett kraftigt skyfallsflöde in i området från öster vilket delvis måste omhändertas på innergården och säkerställas att det kan passera mellan husen i väster (ibid). Förutsättningarna för exploatering var krav på fördröjande steg som klarar av att magasinera 20 mm nederbörd. Kravet från Stockholms stad bygger på att 90% av årsvolymen ska fördröjas och renas med målet att minska föroreningsbelastningen från dagvattnet med 70–80%. Om 20 mm kan hanteras ses det som att volymen vatten som ska fördröjas för att möta kraven uppnås (Stockholm stad 2016). Stockholmshem satte även målet att vegetationen på fastigheten skulle kunna försörjas med det omhändertagna vattnet i minst två månader utan nederbörd. Fördröjningskravet och hanteringen av skyfall innebar att dagvatten- och skyfallshanteringen blev en viktig del i utformningen av utemiljön (Fridell 2025).

8.1.1 Mångfunktionella ytor för dagvattenhantering

Dagvattnet som behöver tas omhand för att uppnå detaljplanens krav genereras från hustak och från cykeltak (Fridell 2025). Det rinner även av från hårdgjorda ytor på innergården och från kvartersgatan. Tomten lutar från öst till väst förutom bakom hus A där det lutar åt öst. Det finns en lågpunkt mitt i innergården och den generella lågpunkten är i väst där anslutningen till dagvattennätet är, se figur 18. Banvallen ligger högre än tomten med slänt mot husfasaden. Dagvattnet som rinner in på tomten därifrån behöver tas omhand (ibid). Regnvatten från taken på huvudbyggnader såväl som komplementbyggnader samlas in och leds via stuprör ned till olika dagvattenlösningar (ibid). Husens sadeltak gör att hälften av vattnet leds ned för respektive sida av huset. Vattnet från taken från sidorna av hus A och Bs som vetter in mot gården leds via stuprör ned till BGG-system (ibid). Fridell berättar att Bjurbäcken är det första projektet där BGG-system appliceras på kvartersmark och i anslutning mot fasad (ibid). Vanligtvis är BGG-system placerade i flex- och möbleringsområden i gaturum, i hårdgjorda ytor och vegetationsytor i omlott (ibid). På innergården närmast fasaden skapas en liknande situation, ett mosaikartat utrymme med många funktioner som ska tillgodose (ibid). Varianten av BGG-koncept som används i Bjurbäcken och benämns av Fridell som ”mini-BGG” är i detta fall utformat med vegetationsytor och hårdgjorda ytor som markytekonstruktioner på stråk av öppet förstärkningslager bestående av makadam (ibid), se figur 19. Det är en mindre variant av BGG-system jämfört med vad som vanligtvis anläggs i gaturum på allmän platsmark (ibid).

Vattnet som leds från utsidan av hus A (mot banvallen) skickas via en utkastare ut i ett svackdike som löper hela vägen längs med husets långsida (ibid). Vattnet som hamnar i svackdiket leds till BGG-system. Vattnet som hamnar i BGG-systemen kan via det öppna förstärkningslagret nyttjas av träd och växter i intilliggande växtbädd (Fridell 2025). Från långsidan av hus B mot Bjursätragatan leds vattnet ned till ett Savaq-system (ibid). Savaq-systemet suger via kapillärkraft upp vatten till ovanliggande vegetation som då bevattnas (Terrigio u.å), se figur 14. Övriga delar av gården med intilliggande gaturum är höjdsatt så att dagvattnet leds till BGG-system i form av regnbäddar (Fridell 2025).



Figur 18. Principiellt ritade vattenflöden för dagvatten från hårdgjorda ytor och takvatten i Bjurbäcken (Fridell 2023). Modifierad av författaren.

BGG-systemen i Bjurbäcken är ihopkopplade i minst två led innan vattnet leds ut på dagvattennätet. Vatten som töms från BGG-systemen i Bjurbäcken leds via ledning till öppet förstärkningslager under den centrala nedsänkta ytan på innergården (ibid). Ytan är nedsänkt för att även fungera som ett ovanjordiskt skyfallsmagasin (ibid). Istället för en traditionell tät dagvattenledning i den nedsänkta ytan i mitten av innergården är det istället en dränledning med kringfyllnad av makadam istället för samkross, vilket skapar ett fördröjningsmagasin (ibid).

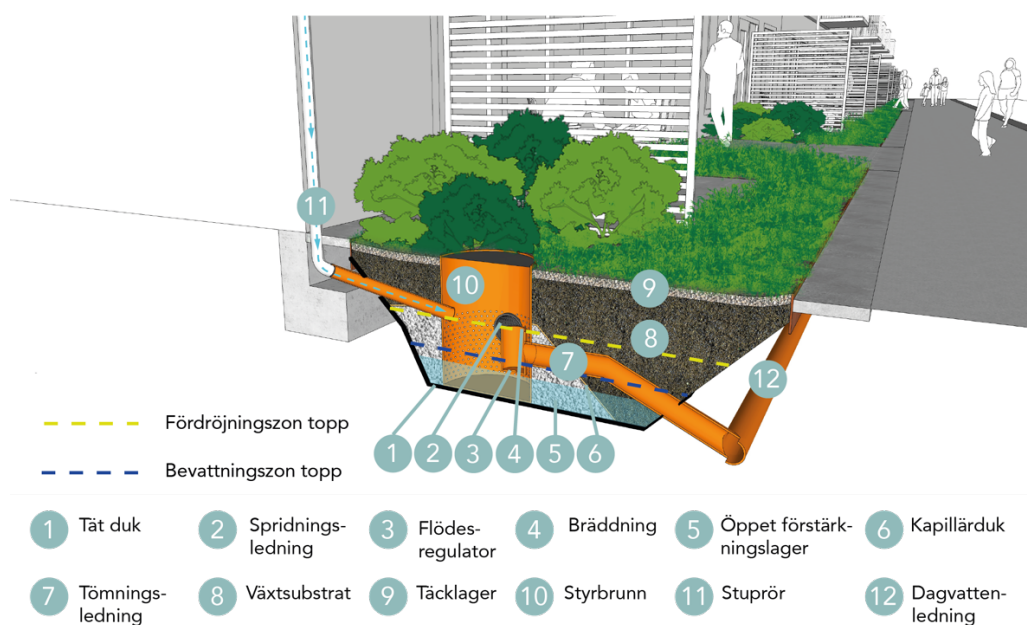
Från Savaq-systemet och från fördröjningsmagasinet under den nedsänkta ytan leds vattnet till det vidsträckta stråket av öppet förstärkningslagret i väst, under parkering för rörelsehindrade med dränerande beläggning (ibid). Där är anslutningspunkten till dagvattennätet. För illustration av dagvattnets flödesvägar se figur 18. Systemet är utformat så att alla olika BGG-enheter är ihopkopplade i minst två led innan vattnet leds ut till dagvattennätet och gestaltningen tar hänsyn till att skyfall ska kunna ledas ut från området om det skulle bräddas (ibid).

Mini-BGG är i Bjurbäckenprojektet anlagt i stråk av öppet förstärkningslager med markytekonstruktioner ovanpå i form av uteplatser, entréytor samt vegetationsytor längs med fasad (ibid). Totala djupet, inklusive markkonstruktion, är 0,9-1m (ibid). Takvatten rinner från båda husen och leds ned från stuprören ned i styrbrunnar till öppet förstärkningslager (ibid). Förstärkningslagret är uppdelat i

två zoner (ibid). Underst är en bevattningszon och över den en fördröjningszon (ibid), se figur 19. Inget vatten lämnar systemet förrän bevattningszonen är full (ibid). När den är fylld hamnar efterföljande inkommande flöde i fördröjningszonen som via styrbrunnen är kopplad via rör till nästa BGG-system via flödesregulator (ibid). Tömningshastigheten är ofta lägre än den inkommande flödeshastigheten, så skulle systemet bli fullt kan det bräddas via en bräddningsfunktion i brunnen (ibid). Fördröjningszonen töms via flödesregulatorn när det slutat regna (ibid).

För att vegetationen ska kunna förses med vatten under längre torrperioder, i detta fall två månader utan någon nederbörd, gjordes en del anpassningar av systemet, berättar Fridell (2025). För att takvattnet skulle behållas i mini-BGG-systemet lades en tät duk kring systemet (ibid). Utan duken skulle vatten som förs in i det öppna förstärkningslagret under loppet av två månader hinna infiltrera ned i terrassen och ut ur systemet (ibid). Magasinvolymen som skapats i nedersta delen, i bevattningszonen, kan inte tömmas på annat vis än av växternas upptag (ibid). Vegetationsytorna är uppbyggda med en kapillärduk mellan bevattningszonen i det öppna förstärkningslagret och växtsubstratet (ibid). Duken suger upp vatten och kan hjälpa vegetationen på traven med vattentillförseln (ibid). Rötterna kan med all sannolikhet själva hämta vatten från bevattningszonen men kan få hjälp av duken tills de har lyckats etablera sig (ibid). Kapillärduken minskar även risken för att växtsubstratet blir för torrt och därmed hydrofobiskt (ibid). Kapillärduken hindrar även växtsubstratet att vandra ner i det öppna förstärkningslagret (ibid).

Vegetationen kan tillgodose sig vattnet även från magasinen under hårdgjorda ytor eftersom vattnet flödar inom det öppna förstärkningslagret (ibid). Eftersom alla BGG-system på fastigheten är ihopkopplade via styrbrunnar finns det stora volymer öppet förstärkningslager att fylla (ibid).



Figur 19. Mini-BGG med markytekonstruktionen vegetationsyta och delvis fylld bevattningszon (Edge 2025). Modifierad av författaren.

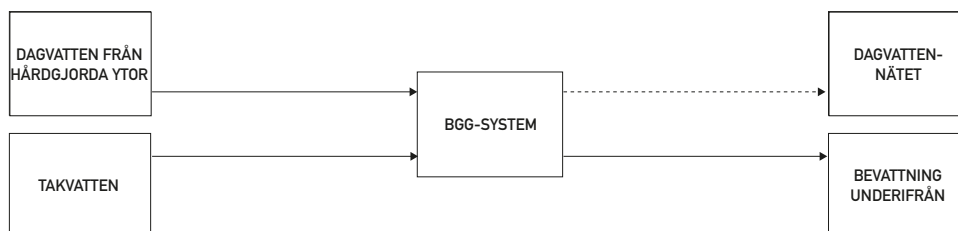
Förutsättningar för utformningen i form av kraftigt fall längs med långsidan av hus B gjorde att Savaq-system bedömdes som en lämplig lösning mot Bjursätragatan, berättar Fridell (2025). Savaq-system är en magasinerings- och bevattningslösning som klarar av kraftiga nivåskillnader och smala planteringar (Terrigio u.å). Systemet fungerar som en spridningsledning där vatten magasinerar i Savaq-rör under jordytan (ibid). Regnvatten från taket leds till systemet via en brunn. Vattnet sugs upp av kapillärkraft genom en veke och förser vegetationen med vatten (ibid), se figur 14. En stor fördel med både BGG-konceptet och Savaq-lösningen är att gestaltningen av gården inte påverkas av systemet. Stråken av öppet förstärkningslager, vilka utgör magasineringen och fördröjningen, hade utan BGG-system sett likvärdiga ut men bestått av annan fyllning eller samkross (ibid). Detsamma gäller vid installation av Savaq-rör som vid konventionell utformning hade bestått av någon annan typ av dagvattenledning. Skulle magasineringen istället för i BGG-system ske i exempelvis någon form av konventionella rör- eller kassettmagasin hade vattnet inte varit direkt tillgängligt för växterna och träd hade inte kunnat planteras ovanpå konstruktionen.

8.1.2 Återanvändning av dagvatten i Bjurbäcken

Dagvatten som används som bevattning har olika kvalitet beroende på avrinningsområde, takvattnet har annan status än avrinningen från gatan exempelvis. Dagvatten återanvänds inom Bjurbäcken som bevattning i form av regnvatten från tak och avrinning från hårdgjorda ytor. Vattnet magasinerar i mini-BGG-system och ska enligt beräkningar räcka till vegetationen i två månader utan nederbörd, uppger Fridell (2025). Flödesdiagram för återanvändningen av dagvatten från hårdgjorda ytor och takvattnet visas i figur 20. Magasineringen och fördröjningens av dagvatten från de två olika källorna i BGG-systemet är till en början separerat, det vill säga att de behandlas var för sig, men slås sedan ihop genom seriekoppling av systemen. Seriekopplingen av systemet gör att reningen förbättras då uppehållstiden i systemet förlängs (Fridell 2023). Samtidigt finns det en risk att takvattnets kvalitet försämras när det blandas med vatten från gatorna. Rening av vattnet sker genom dränerande beläggning och genom regnbäddar via processer som filtrering, adsorption och biodegradering (ibid). Infiltration av vatten genom växtbäddarna gör att suspendering och filtrering av föroreningar sker (Rise u.å) Även växterna bidrar till avskiljning av föroreningar, dels genom direkt upptag men också genom att en miljö med syrefria förhållanden skapas i bevattningszonen där mikrober som kan omvandla komplexa organiska föroreningar till enkla, mindre skadliga föreningar skapas (Fridell 2023). Processen kallas för dentrifikation (ibid).

Eftersom takvattnet till mini-BGG-systemet leds direkt ned till styrbrunnen och det öppna förstärkningslagret utan att perkolera genom hela överbyggnaden sker ingen större rening av vattnet via filtrering. Däremot kan bevattningszonen bidra med gynnsamt klimat för mikrober och växternas rötter kan ta upp vissa föroreningar. Dessutom hade perkolation genom växtbädden kunnat ha omvänd effekt och förorena det relativt rena takvattnet genom att dra med sig sediment och näring, uppger Fridell. Vattnet som flödar vidare genom systemet kommer att renas mer ju längre det fördröjs, men det kommer samtidigt blandas ut med andra

vattenfraktioner, exempelvis från kvarterstragatan eller Bjursätragatan. Eftersom vattnet i systemet används för att bevattna vegetationen kan förekomsten av fosfor och kväve i dagvattnet vara positiv, då det är viktiga näringsämnen för vegetation och mikroorganismer (Rest till bäst 2023). Näringsämnena kan dock ha stor negativ påverkan på vattenkvaliteten i vattendrag och därför bör dess förekomst i dagvatten som kan läcka till recipient minskas (ibid). Takvattnet i Bjurbäcken bör dock inte innehålla speciellt mycket näring. De största föroreningarna i takvatten är oftast patogener (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021).



Figur 20. Flödesdiagram som redovisar återanvändning av takvatten och dagvatten från hårdgjorda ytor i Bjurbäcken.

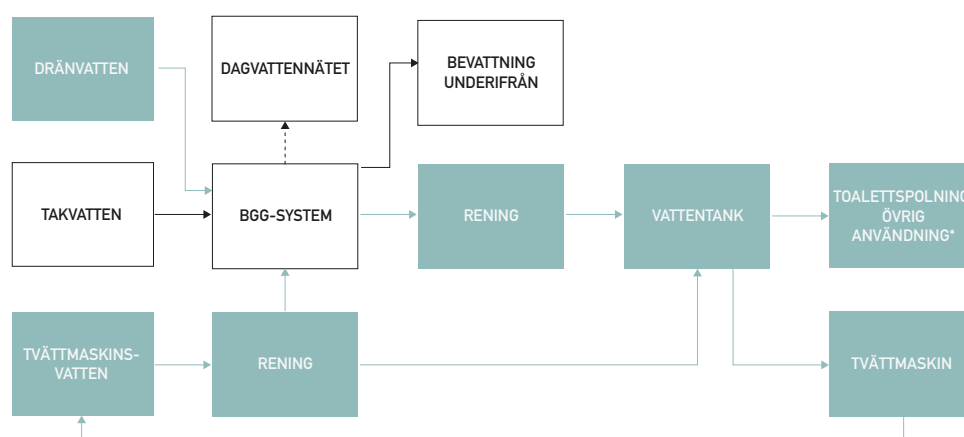
8.1.3 Utveckling av vattenåteranvändning i Bjurbäcken

En utveckling av återanvändningen i Bjurbäcken skulle kunna vara att vattnet som magasineras i BGG-systemen kopplas till vattenutkastare eller ett annat bevattningssystem för att kunna bevattna vegetation beläget utanför det öppna förstärkningslagret. På fastigheten är dock så gott som all vegetation förutom de boendes egna odlingar belägna invid vattenmagasinen, och övrig bevattning skulle mestadels innebära bevattning av boendes odlingar, enligt Fridell (2025). Det var en tanke som dök upp inom projektet men på grund av osäkerheter och att största delen av vegetationens vattenbehov tillgodosågs med nuvarande lösning gick inte idén vidare (ibid). Eftersom systemet saknar ett first flush-bortledningssystem finns det även risk att takvattnet innehåller patogener från fågelspillning och andra föroreningar. Skulle bevattning ske ovan mark via spridare, slang eller andra bevattningsmetoder som sprider vattendimma, även till vegetation som inte ska konsumeras, finns risker med att använda ett orenat takvatten då patogener kan spridas i luften (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021) och exempelvis bli ett arbetsmiljöproblem för personalen som sköter driften (Frihammar & Barup 2021). Att bevattna grödor med annat än dricksvatten kan kräva speciella krav på rening och kontroll (EU 2022).

Ett annat användningsområde för vattnet skulle kunna vara som spolvatten i toaletter. Användningsområdet kräver att vattnet inte riskerar att innehålla patogener som kan sprida sig via aerosoler och att vattnet inte är missfärgat för att inte sprida smitta samt orsaka obehag för användare eller missfärga toalettstolar. Även för användning i tvättmaskin hade rening med samma åtgärder varit nödvändig för undvikande av dessa risker. Addering av ytterligare rening än genom BGG-systemet hade inneburit ökade kostnader, men vid framtida

eventuellt höjda taxor för vatten hade det kunnat vara en god investering om systemet hade installerats från början. Nackdelen med att använda dagvattnet till andra ändamål än bevattning är att målet som beställaren satte – att vegetationen skulle kunna bevattnas med dagvatten i avsaknad av vegetation i två månader – inte hade varit lika sannolikt att uppnå då förbrukningen av dagvatten hade ökat vilket hade resulterat i en mindre andel vatten till vegetationen.

För att uppnå målet samtidigt som cirkulär användning av vatten till andra områden än bevattning skulle kunna bli möjlig skulle även ytterligare vattenkällor kunna användas, exempelvis dräneringsvatten eller tvättstugevatten. Dräneringsvatten skulle kunna ledas till BGG-systemet, och med sin goda kvalitet se till att fylla upp bevattningszonen när det finns utrymme. Vatten skulle då kunna ledas från BGG-systemet till ett reningssteg. Efter rening skulle det kunna förvaras i en vattentank, för att säkerställa att det inte kontamineras innan användning. På så vis skulle bevattningszonen kunna fyllas kontinuerligt, fördröjningszonen vara fri att ta emot regn och vattentanken skulle kunna fyllas på vid behov. Sedan skulle det kunna användas i hushållen, exempelvis till toalett eller tvättstuga. Skulle tvättstugevattnet kopplas på systemet skulle det kräva någon slags för-rening innan magasinering i BGG-systemet för att inte riskera att sprida föroreningar till recipient. Det skulle också vara en fördel att tvättmaskinerna tillhörande systemet var självdoserande med tvättmedel för att få mer kontroll över föroreningsgraden av vattnet samt att tvättmaskinerna var samlade i en gemensam tvättstuga, vilket inte är fallet i dagsläget. Fördelen med att inkludera tvättstugevatten och/eller dräneringsvatten hade varit att det tillgängliggör ytterligare ett konstant flöde som skulle kunna magasineras i BGG-system, ledas till rening och fylla på vattentank vid behov. Vattnet skulle sedan kunna användas till spolning av toaletter, till tvättmaskiner och övriga ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet, beroende på typ av reningsanläggning som väljs. Se figur 21.



*Övrig användning av vatten som inte kräver dricksvattenkvalitet.
Blå rutor visar tillägg till befintligt system.

Figur 21. Flödesdiagram som redovisar möjligheter för cirkulering och användning av alternativa vattenkällor i kontexten för Bjurbäcken.

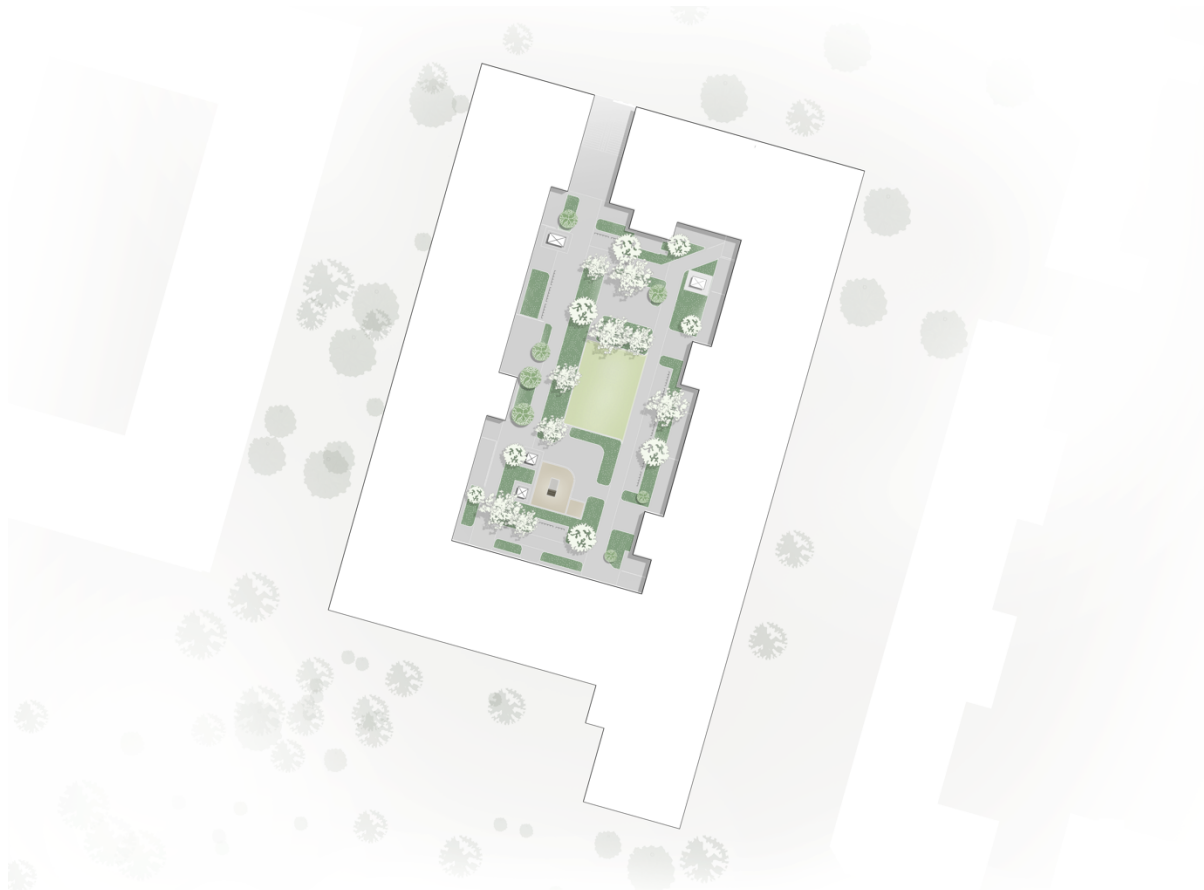
8.2 Persikan

Persikan KV 6 är likt Bjurbäcken ett projekt med Stockholmshem som beställare. På östra Södermalm där SL tidigare haft en bussterminal planeras ett kvartershus med hyreslägenheter (Stockholmshem u.å b). Huset är projekterat och är under byggnation men har inte färdigställts än. Det består av åtta sammanhängande trapphus (ibid). Huset gränsar till Tegelviksvägen i öster, Bondegatans torg i norr, Hennings gata i väst och Parkstråket i söder (ibid), se figur 22.



Figur 22. Karta över Persikan under byggnation (Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad 2025).

Även för Persikan gäller Stockholm stads krav på magasinering av 20mm för att 90% av årsvolymen ska kunna renas och en reningsgrad på 70–80% uppnås (Stockholm stad 2016). Innan exploatering kontrollerades befintliga dagvattenledningar och utlopp inom nedströms liggande områden. Det konstaterades att de hade mycket liten förmåga att klara av tillkommande flöden, även efter fördröjningsåtgärder (WSP 2016). Förutsättningarna ställer höga krav på fördröjning (ibid). Utformning av innergården visas i figur 23.

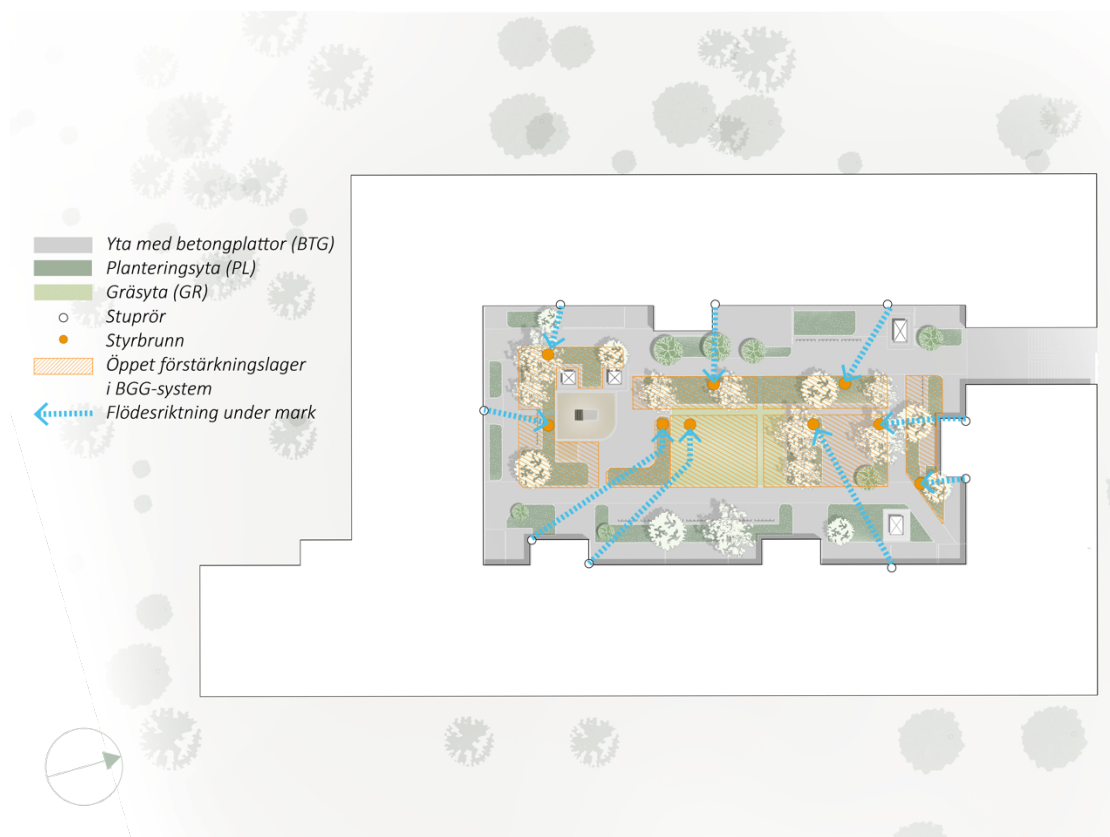


Figur 23. Illustrationsplan föreställande projektet Persikan KV 6.

8.2.1 Dagvattenhantering på bjälklag

Det finns inte mycket förgårdsmark runt huset, varvid fördröjningen till allra störst del måste hanteras på innergården på bjälklag. Följande beskrivning utgör till stor del en redovisning av information från intervju/personliga kommentarer från Fridell (2025), som varit rådgivare i projektet samt tagit fram dagvattenlösningen som planeras anläggas. Fridell berättar att husets sadeltak gör att hälften av takvattnet, liksom för Bjurbäcken, hamnar på innergården (ibid). I mitten av innergården planeras för vegetationsytor och hårdgjorda ytor för social samvaro (ibid.) Det lades vikt vid att det skulle finnas små träd istället för enbart buskar vilket annars dominerar för bjälklagsgårdar (ibid). Träd kräver generellt mer bevattning än buskar. Som en kombinerad fördröjnings- och bevattningslösning för de centrala delarna av gården kommer det anläggas ett BGG-koncept i form av en utbredd yta av öppet förstärkningslager av pimpsten (HeklaCoarse) med markytekonstruktionerna hårdgjord yta och vegetationsyta ovanpå (ibid). Systemet är en vidareutveckling av mini-BGG som anpassats för bjälklag (ibid). Majoriteten av takvattnet från Persikan leds ned via stuprör till innergården. Takvattnet leds via dagvattenledningar till BGG-systemets styrbrunnar, se figur 24. Från styrbrunnarna leds vattnet till det öppna förstärkningslagret för bevattning och fördröjning (ibid). Systemet anläggs ovan en tät duk för att inte vatten ska hamna där det inte hör hemma i

bjälklagskonstruktionen (ibid). För att hantera höjdskillnader då gården lutar, samt som en säkerhetsåtgärd, har systemet delats upp i 8 olika rutor med väggar mellan (ibid). Om det skulle gå hål i duken påverkas inte de andra rutorna (ibid). Dessutom gör åtgärden att vattnet fördelar sig jämnt i rutorna istället för att allt vatten i hela området skulle hamna i lågpunkten (ibid). Det finns en styrbrunn i respektive ruta som kontrollerar flödet in och ut ur systemet (ibid). Dagvattnet från de hårdgjorda ytorna leds till brunnar kopplade direkt till dagvattennätet för att inte eventuellt grus eller skräp ska riskera att komma in i systemet och sätta igen styrbrunnarna. Dessa redovisas inte i arbetet.

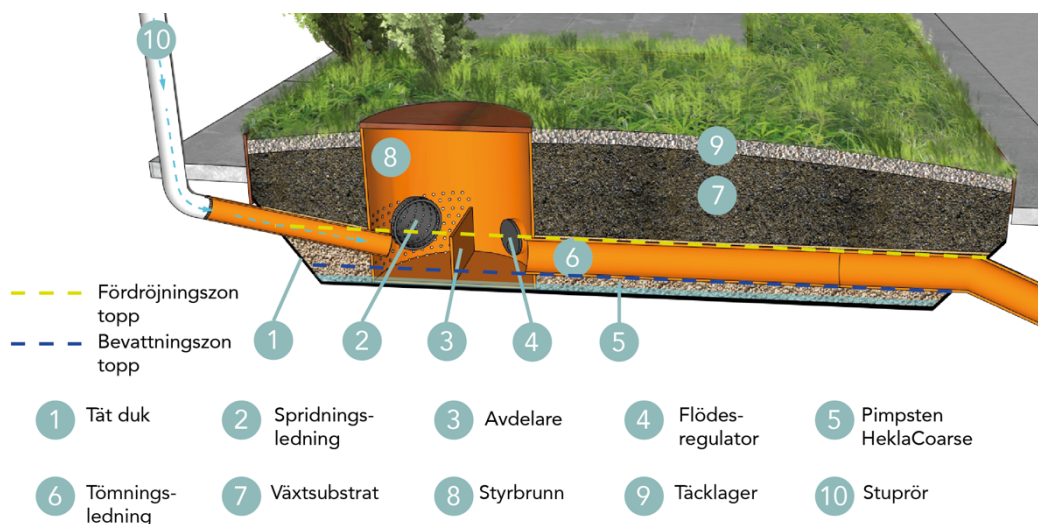


Vattnets flöde är principiellt återgivet. Endast flödet till BGG-systemet är redovisat.

Figur 24. Vattenflöden för takvatten i Persikan.

Eftersom förutsättningarna på bjälklag är annorlunda än på mark med tanke på att hänsyn måste tas till laster och djup (Boverket 2019b) utvecklades ett system inom BGG-konceptet som skulle passa för bjälklag, se figur 25. Skillnaden mot tidigare beskrivet mini-BGG-system i Bjurbäckenprojektet är att systemet i Persikan är ca 30–50% grundare med ca 0,5–0,6m djup ned till den täta duken. Makadamen i det öppna förstärkningslagret är utbytt mot pimpsten vilket är ett poröst material som kan fördröja och hålla kvar dubbelt så mycket vatten per volymenhet än vad makadam kan (Backlund 2022). Det är dessutom mycket lättare till vikten. Vattnet hålls kvar i pimpstens porer vilket gör att fördröjningszonen fungerar som bevattningszon för vegetationen, även om en ren bevattningszon, 5 cm djup, finns i botten av systemet (Fridell 2025).

Vattnet från stupröret kopplas till styrbrunnen som först fyller på bevattningszonen (ibid). När bevattningszonen är full flödar vattnet genom en spridarledning ut till fördröjningszonen (ibid). Från fördröjningszonen leds vatten via en tömningsledning, i form av en dränledning (visas ej i figur 25), till flödesregulatorn och sedan ut ur systemet (ibid). Skulle systemet överbelastas kan det brädda över dämnet som delar av kamrarna i brunnen och tömmas direkt till dagvattennätet (ibid).



Figur 25. Mini-BGG-koncept på balklag (Edge 2025).

Genom BGG-systemet kopplat till stuprören kommer vatten från taket att användas till bevattning av vegetationen i planteringsytorna på innergården. (ibid). För vegetation på balklag, där växtbäddsdjupen ofta är begränsade på grund av utrymmesbrist och laster, innebär det ofta att vegetationen är extra känslig mot avsaknad av nederbörd eftersom balklagsmiljöer lättare torkar ut (Boverket 2019b). Det finns inte heller möjlighet för vegetationen att hämta vatten från grundvattnet (ibid). För att säkerställa god vattentillgång för vegetationen och samtidigt uppnå fördröjningskrav togs beslut om att magasinera takvattnet på en rejäl yta av innergården. Tidigare utformning av innergården, där planteringsytor och hårdgjorda ytor bestod av konventionell överbyggnad och saknade BGG-system, kunde lagra ca 90mm växttillgängligt vatten per m^2 i planteringsytor, i gräsytor ca 60mm/ m^2 och i ytor belagda med betongplattor kunde inget vatten lagras (Fridell 2025). Med mini-BGG för balklag beräknas systemet kunna lagra upp till över 300mm/ m^2 i vissa planteringsytor (PL), i gräsytor (GR) kan nästan 4 gånger tidigare volym lagras och under ytor med betongplattor (BTG) kan ca 120mm/ m^2 vatten lagras (ibid). Samtidigt minskar vikten av konstruktionen och tjockleken förblir ungefär samma för överbyggnaden (ibid). Gestaltningen påverkas alltså inte av införandet av BGG-system. Ytorna PL (planteringsyta), BTG (yta med betongplattor) och GR (gräsyta) som redovisas i tabell 1 illustreras i figur 24.

Tabell 1. Sammanställning av vikt (vid fältkapacitet)/tjocklek/vatten för konventionella överbyggnader jämfört med mini-BGG för bjälklag (Edge 2025).

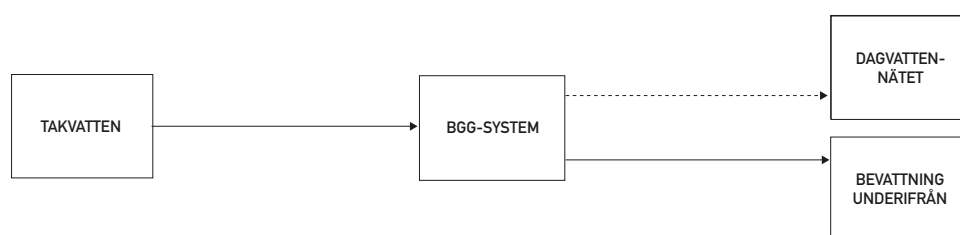
	Vikt vid fältkapacitet konv/tidigare utformning [Kg/m ²]	Vikt vid fältkapacitet mini-BGG [Kg/m ²]	Tjocklek konv/tidigare utformning [Kg/m ²]	Tjocklek mini-BGG [Kg/m ²]	Växttillgängligt vatten* konv/tidigare utformning, [mm/m ²]	Växttillgängligt vatten* Mini-BGG, [mm/m ²]
PL	900	730	600	700	90	324
BTG	747	659	500	500	0	121
GR	650	544	500	500	60	234

Siffrorna i tabellen bygger på beräkningar i den initiala utredningen. Sedan dess har systemet justerats och förfinats.

*I mängden ingår även hårt bundet vatten som ej är växttillgänglig. För denna typ av substrat är den mängden väldigt liten.

8.2.2 Återanvändning av dagvatten i Persikan

Bevattningen av planteringsytorna sker med takvattnet underifrån genom att växterna tar upp vatten som är bundet i pimpstenen och från bevattningszonen. Eftersom ytan knappt rymmer någon förgårdsmark är nästan allt dagvatten som uppkommer på fastigheten åtskilt från trafik och medföljande föroreningar. Takvattnet blandas inte med något annat vatten då dagvattnet som rinner av från de hårdgjorda ytorna på innergården leds ned i konventionella brunnar och ledningssystem (Fridell 2025). Vattnet kan alltså förväntas vara av relativt god kvalitet. Takvattnet renas inte på annat sätt än via reningen som pimpstenen och växterna bidrar med. Växterna kan bidra till avskiljning av föroreningar genom att ta upp föroreningar och skapa bra förutsättningar för mikrolivet (Larm & Blecken 2019). Det finns inget first-flush-system, vilket innebär att de föroreningar som ackumuleras på taket och sköljs med regnet ned i systemet inte avleds. Flödesdiagram för hur takvattnet återanvänds visas i figur 26.



Figur 26. Flödesdiagram som redovisar återanvändning av takvatten i Persikan.

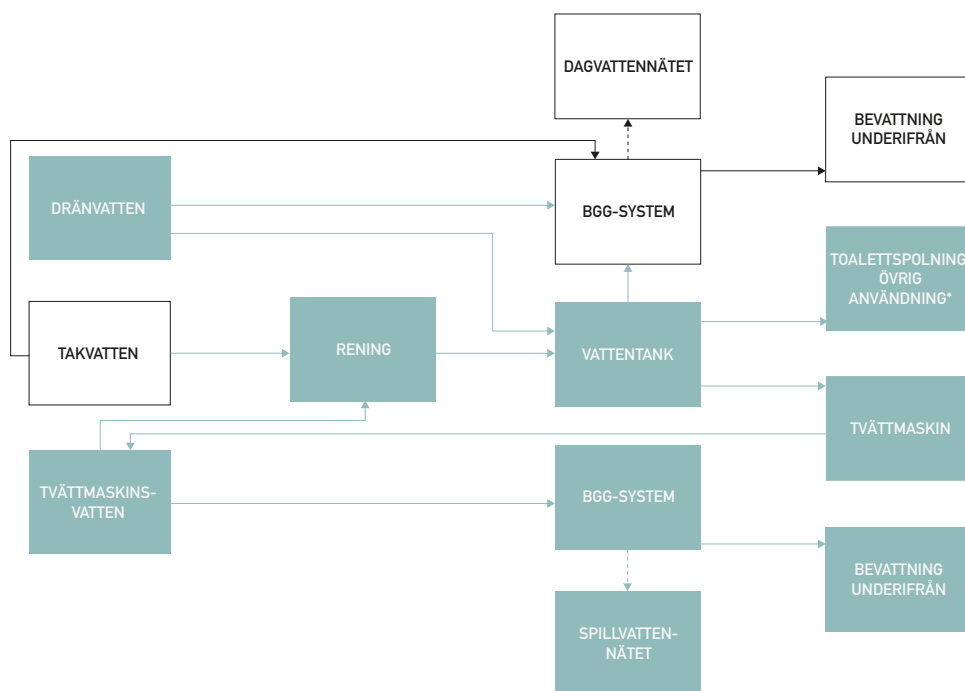
8.2.3 Utveckling av vattenåteranvändning i Persikan

Då majoriteten av dagvattnet som uppkommer från nederbörd på taket i Persikan tas om hand på bjälklaget kan dess förmodade goda kvalitet vara en fördel vid återanvändning. En annan fördel kan vara att BGG-systemet är uppdelat i 8 stycken celler med varsin styrbrunn, vilket gör systemet mindre känsligt för störningar än om det var en sammanhängande enhet, eftersom endast berörd ruta påverkas. Uppdelningen i celler skulle kunna möjliggöra att vatten som lagras i BGG-systemet kan behandlas och användas på olika vis, utan att påverka resterande vattenkvalitet och tillgång. Exempelvis skulle några rutor kunna ta

emot takvatten vilket kan bräddas till dagvattennätet, medan en annan ruta skulle kunna ta emot vatten av sämre kvalitet som bräddas till spillvattennätet.

Exempelvis hade andra vattenkvaliteter, som vatten från tvättmaskin från en tvättstuga, kunnat lagras i en av rutorna i BGG-systemet och fungera som bevattning till vegetationen. Om vattnet skulle bräddas kan det avledas som spillvatten. På så vis kan en kontinuerlig källa för extra vatten för bevattning tillföras utan att det riskerar att förorena recipient via dagvattnet eftersom vattnet kan gå till avloppsnätet om inte allt skulle magasineras och gå åt till bevattning. Åtgärden hade krävt att tvättmedel och dosering var automatisk med miljövänliga tvättmedel, samt att växtmaterialet anpassades för att klara av de föroreningarna som tvättstugevatten eventuellt skulle kunna innehålla. På så vis behövs inget platskrävande extra magasin eller en reningsanläggning installeras. Fördelen är också att det kontinuerliga flödet från gråvattnet från tvättmaskinen säkerställer bevattning under torrperioder och torka, samt att vattnet inte kommer i kontakt med människor vilket minskar behovet av rening. För bevattning av övrig vegetation på bjälklaget som inte är kopplade till BGG-systemet krävs med nuvarande utformning droppbevattning eller annan bevattning ovan mark. Bevattning underifrån är dock mer effektiv då vattnet inte avdunstar på samma vis och inte sprids i luften. Övriga planteringar på bjälklaget skulle kunna kopplas ihop med BGG-systemen via exempelvis Savaq-system, och på så vis effektivisera vattenanvändningen, undvika att aerosoler sprids och sänka reningsbehovet.

Spolning av toaletter i hyreshuset samt tvätt med återvunnet vatten skulle kunna vara möjlig genom att exempelvis takvatten från BGG-systemet och från tvättmaskiner renas och fyller upp vattentankar som kan användas för ändamålet. Rent ekonomiskt är det antagligen fördelaktigt att placera sådana tankar nedgrävt utomhus då ytan inomhus ofta kan hyras ut eller behövs till annat, men i fallet Persikan finns troligtvis inte det utrymme eftersom nästan i princip hela tomten är bebyggd. I sådana fall är källaren det bästa utrymme att installera vattentankar, då det kan bli kostsamt att överlåta utrymmen som kan hyras ut för ändamålet. Om det skulle finnas dräneringsvatten, vilken inte är så troligt med tanke på byggnadens läge och geologiska förutsättningar (Fridell 2025), skulle dräneringsvatten kunna användas. Dräneringsvattnets ofta goda kvalitet skulle kunna pumpas upp till innergårdens BGG-system och det kan spä ut och fylla ut vatten som kan användas till toalettspolning och tvätt. Om volymen dräneringsvatten som genereras är tillräckligt stor skulle eventuellt reningsanläggningen kunna skippas, och dräneringsvattnet skulle kunna ledas till en vattentank där direkt användning i toaletter och tvättstugor samt bevattning skulle kunna ske. Det är dock inte säkerställt att det finns dräneringsvatten att tillgå inom fastigheten och undersökningar krävs för att ta reda på dess förekomst. Lägenheterna i Persikan har egna tvättmaskiner (Fridell 2025), en gemensam tvättstuga vore att föredra för färre och mindre komplicerade rördragningar. Flödesdiagram för möjlig utveckling av återanvändande och återvinning av vatten inom Persikan visas i figur 27.



*Övrig användning av vatten som inte kräver dricksvattenkvalitet.
Blå rutor visar tillägg till befintligt system.

Figur 27. Flödesdiagram som redovisar möjligheter för cirkulering och användning av alternativa vattenkällor i kontexten för Persikan.

8.3 Sergelhusen

I hjärtat av Stockholm city vid Sergels torg hittas fastigheten Hästskon 12, mer känt som Sergelhusen, se figur 28. Fastigheten ägs av Vasakronan och byggnaden inrymmer lokaler, kontor, butiker, företagslägenheter, eventytor och mötesplatser (Vasakronan 2025). Fastigheten genomgick en grundlig renovering, en av citys största ombyggnadsprojekt i modern tid som stod klar för inflyttning år 2022 (ibid). Stommen bevarades, men annars byggdes huset om från grunden (ibid). I samband med det certifierades fastigheten med LEED och uppnådde platinumnivå vilket är den högsta certifieringsnivån för systemet (ibid). Fastigheten vetter mot Sveavägen, Malmskillnadsgatan, Hamngatan och Mäster Samuelsgatan. (ibid). Sergelhuset består av två huskroppar med sedumtak. Det finns takterrasser med vegetation men ingen grönskande innergård eller förgårdsmark i gatuplan.



Figur 28. Karta över Sergelhusen (Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad 2025).

8.3.1 Regnvatteninsamling mitt i city

För insamling av information har teknikansvarig för byggnaderna, Johan Ferm, intervjuats. Ferm (2025) berättar att vatten samlas ihop från sedumtaken från båda husen och leds via ledningar ned i uppsamlingstankar placerade i källaren, se figur 29. Regnvattentankarna och reningen inryms i källaren eftersom det var enda lediga och lämpliga placeringen på fastigheten då all yta ovan mark hyrs ut (ibid). Vattnet från taken leds efter magasinering i vattentankarna vidare till en reningsanläggning där det renas i fyra olika steg (ibid), se figur 30. Därefter leds det renade vatten till ytterlige tankar där det lagras innan det nyttjas (ibid). Varefter tankarna blir tomma leds det in nytt regnvatten, och saknas regnvatten fylls det på med dricksvatten (ibid).



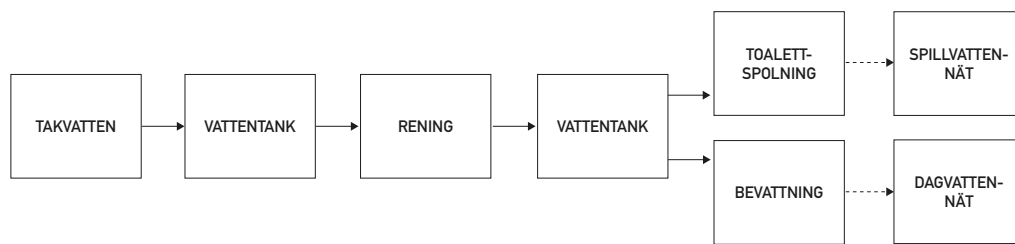
Figur 29. Regnvattentankar som magasinerar takvattnet i Sergelhuset (Ferm 2025)



Figur 30. Reningsanläggningen som behandlar takvattnet i källaren i Sergelhuset (Ferm 2025)

8.3.2 Återanvändning av dagvatten i Sergelhuset

Takvattnet som samlas in från Sergelhuset används till toalettspolning och bevattning av takterrassens vegetation (Ferm 2025). Det är inte alla toaletter i huset som betjänas, det rör sig om ca 50 stycken (Rewaise et al 2023). Mängden regnvatten som användes under hela året var 22 000 m³, 38% av den totala åtgången av vatten för toalettspolning och bevattning (ibid). Ferm (2025) uppger att föroreningar i det inkommande vattnet kommer från växtligheten från sedumtaket och fågelspillning. Det kan även bildas föroreningar vid stillastående vatten, vilket det kan bli vid både fördröjningen i sedumtaket samt i vattentankarna (ibid). När systemet togs i drift hade vattnet en brunaktig ton vilket härleddes till humus från sedumtaket som missfärgade vattnet (ibid). Därför infördes ett extra reningssteg för att eliminera färgen (ibid). Den mer avancerade reningen fanns alltså inte installerad från början, utan den infördes när systemet togs i bruk och missfärgningar och sediment fördes med vattnet från sedumtaket (ibid). Vattnet kan dock fortfarande missfärgas vid kraftiga skyfall då mer hummus och partiklar dras med vattnet ned i systemet (ibid). Enligt Ferm (2025) har brukarna av huset vant sig vid den bruna färgen och lärt sig var den härstammar från, och det ses inte som ett problem. Tvärtom uppskattar husets brukare att regnvatten används för toalettspolning, det ses som en rolig och positiv aspekt. Bevattning av takterrassens vegetation sker genom automatiserad droppbevattning via vattenslangar i växtbäddarna (ibid). Vattnet portioneras ut och bevattningen sker några timmar per område under nattetid (ibid). Det finns även vattenutkastare installerat där det renade takvattnet kan hämtas och användas för bevattning (ibid). Flödesdiagram för återanvändning av takvattnet i Sergelhusen visas i figur 31. Införandet av återanvändning av regnvatten i fastigheten var en tillgång i LEED-certifieringen av projektet, där ett betydande antal poäng delas ut till byggnader som inför vattenåteranvändning eller vattenåtervinning av något slag (ibid).



Figur 31. Flödesdiagram som redovisar återvinning av takvatten i Sergelhusen.

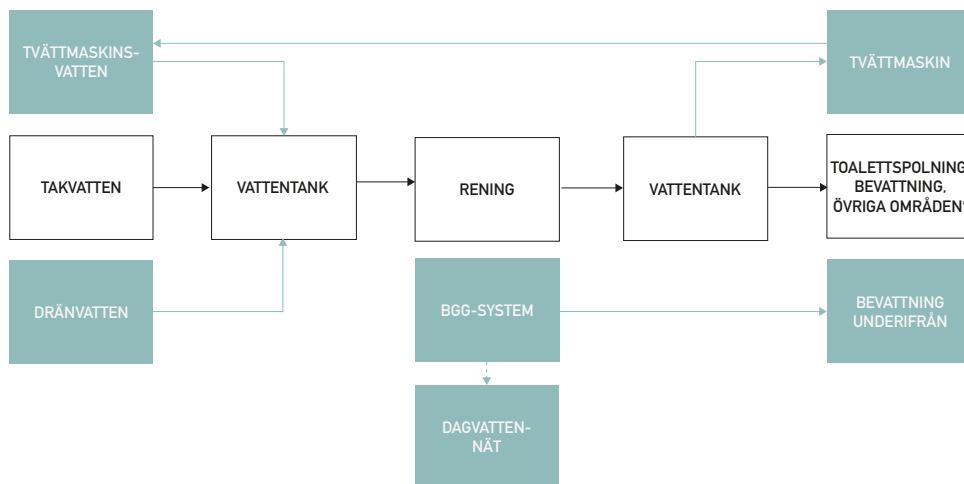
8.3.3 Utveckling av vattenåteranvändning i Sergelhuset

Reflektioner från fastighetstekniker på Vasakronan angående hur vattenåteranvändningen på fastigheten skulle kunna utvecklas och förbättras är att sedumen skulle kunna uteslutas på taket (Ferm 2025). Fördröjningen som växtligheten orsakar, vilket ofta är önskvärt, är i detta fall en begränsning då tillgängligt vatten för spolning och bevattning minskas (ibid). Utan sedumtaket skulle antagligen inte den extra reningen ha krävts då det var just missfärgningar och sediment från växtbädden som gjorde att den avancerade reningsanläggningen i efterhand installerades (ibid). Fördelar med gröna tak, exempelvis reducering av värmeöar, ökad biologisk mångfald och fördröjning (Boverket 2019b) får vägas mot nyttan med ökade mängder regnvatten att ersätta dricksvatten med vid spolning och bevattning. Anläggningen hade utan sedumtak enligt Ferm (2025) blivit både billigare och mer effektiv.

Eftersom regnvattnet används som både bevattningsvatten och för spolning av toaletter klarar inte systemet speciellt långa torrperioder utan måste förlita sig på dricksvatten efter perioder med avsaknad av nederbörd (ibid). Hade vattnet endast använts till bevattning skulle det kunna räcka längre och på så vis vara till större nytta för vegetationen när det verkligen behövs. När det regnar finns det tillgång till renat takvatten för bevattning men under den samma period är behovet av bevattning inte lika stort som vid avsaknad av nederbörd. Det får vägas mot nyttan av signalvärdet som brukarna tar del av och kan sprida vidare. Den allmänna uppfattningen av systemet bland brukarna är positiv (ibid), vilket kan öka acceptansen hos fler och på så vis bidra till högre efterfrågan av denna typ av system.

För att systemet ska tillgodose både toalettspolning och bevattning finns flera möjliga lösningar. Exempelvis skulle grävatten kunna komplettera som vattenkälla, exempelvis tvättstugevatten. Det skulle kunna lösa kapacitetsbristen hos systemet, speciellt eftersom det redan finns en reningsanläggning installerad vilket krävs för att använda grävatten för ändamålet. Utmaningen ligger i att installera ett sådant system i efterhand, då rördragningar, håltagningar osv blir dyra och komplicerade i en retrofit-situation (Ferm 2025). Det hade lämpat sig bäst om det infördes när systemet byggdes från början (ibid). Då även Sergelhusen, likt Persikan saknar utrymme i mark, finns inget dagvatten att samla in från gator men det finns en chans att dräneringsvatten skulle kunna användas, även om förekomsten inte är så trolig med tanke på det centrala läget av projektet

Ett ytterligare alternativ till utveckling av systemet för återanvändning av vatten i Sergelhuset skulle kunna vara att delar av takterrassen utgjordes av BGG-system likt systemet i Persikan. Istället för att vattnet leds till droppbevattningssystemet skulle bevattningen kunna ske underifrån via bevattningszonen och vatten bundet i pimpstenen. Magasineringsvolymen hade på så vis ökat samtidigt som bevattningen hade kunnat bli än mer effektiv. Tillgången till magasinerat vatten hade ökat för vegetationen och mer av vattnet som lagras i den ”rena” vattentanken hade kunnat användas till toalettspolning. Det är dock en åtgärd som antagligen hade behövt vara inkluderad i projektet från början och kan vara svår att addera i efterhand. BGG-systemen kan innebära ökade laster (Fridell 2025) och det är inte säkert att konstruktionen klarar av det. Figur 32 illustrerar hur Sergelhusets återanvändning och cirkulering av vatten skulle kunna fungera där takvattnet kompletterats med en kontunerliga källor samt kombinerats med BGG-system.



Figur 32. Flödesdiagram som redovisar möjligheter för cirkulering och användning av alternativa vattenkällor i kontexten för Sergelhusen.

9. Diskussion

9.1 Vattencirkulära kvarter och städer

Arbetet har utgått från exempel, fallstudier och miljöcertifieringar som är applicerbara på fastigheter på kvartersmark. Skalan för studerade system har alltså anpassats till enskilda fastigheter. Systemen är inte helt decentraliserade då dricksvatten, spillvatten och dagvatten är kopplade på det kommunala VA-nätet. Studerade system kan därför ses som semi-decentraliserade. Ett (semi)decentraliserat system innebär antagligen fler rördragningar än ett centraliserat system. Det är däremot mindre känsligt för störningar än ett centraliserat (Baresel et al 2024). Med det sagt kan ett semidecentraliserat system innefatta flera fastigheter, i en urban kontext kan det exempelvis innebära ett kvarter eller en hel stadsdel. Lokala reningsverk för återvunnet minskar behovet av långa dragningar av ledningsnät (Werecki & Knutsson 2024) men lokala rördragningar blir antagligen fler, även om dimensionerna på rören antagligen kan minskas då vattnet inte måste transporteras lika långt. Ju större skalan för systemet är desto längre sträckor måste vattnet transporteras och ju längre rördragningar och grävarbeten i gaturummet krävs. Livscykelanalyser som jämför system i olika skalor skulle kunna utföras för att ta reda på hur kostnader och klimatavtrycket påverkas genom systemens skala. Det finns dock många fall idag och i framtiden där befintlig föråldrad infrastruktur måste bytas ut eller kompletteras, vilket hade kunnat vara ett utmärkt tillfälle och möjlighet att införa system för vattenåteranvändning i en större skala än på fastighetsnivå. Om vattenanvändning ökar vid exploatering kan det finnas stora ekonomiska samt miljömässiga vinster med att undvika att dimensionera upp befintliga vattenrör och istället installera cirkulära lösningar i olika skalor. Planerade utbyggnader av VA-systemet skulle kunna undvikas eller skjutas på framtiden (Frihammar & Barup 2021). En annan fördel med semidecentraliserade system som delas av flera fastigheter är möjligheten att samutnyttja vattenresursen. Genom att matcha produktion med användning skulle vattenbalans kunna skapas. Exempelvis skulle fastigheter som producerar mycket vatten kunna förse fastigheter där åtgången av vatten är stor men produktionen liten. Ett exempel skulle kunna vara att ett bostadshus med många boende som genererar mycket dagvatten skulle kunna bevattna en närliggande förskolegårds vegetation.

På stadsdelsnivå finns det fler aspekter relaterade till återanvändning och återvinning av vatten att undersöka. Möjligheterna för magasinering skulle exempelvis kunna utökas till dammar och våtmarker. Användningsområdena skulle kunna vara bevattning av allmän platsmark, till gatuspolning, i fontäner, kylning av gaturum och byggnader, med mera. Ett exempel på återanvändning av tekniskt vatten i större skala är VA-syds vattenkiosker, där det exempelvis i Lund tillhandahålls återanvänt dagvatten (Elleby 2022). Dagvattnet lagras i en intilliggande damm och används främst för bevattning av parker i närområden (ibid). Samverkan mellan kommun och privata fastighetsägare skulle krävas för återanvändning av vatten mellan gränserna för kvartersmark och allmän platsmark. Exempelvis skulle takvatten från fastigheter kunna ledas till gaturum

som utgörs av allmän platsmark, via seriekoppling av BGG-system, och på så sätt öka både fördröjnings- och bevattningskapacitet. Detta sker redan idag, exempelvis i Rosendal, Uppsala (Fridell 2023). Det vore intressant att vidare kartlägga hur cirkulering av vatten kan ske på en större skala, exempelvis kvarters- eller stadsdelsnivå, hur miljöcertifieringssystem kopplade till stadsdelar berör återvinning och återanvändning av vatten samt hur befintliga fall där återanvändning av vatten i en större skala fungerar och hade kunnat utvecklas.

9.2 Hinder och möjligheter för cirkulärt vatten

Trots de goda exemplen som finns beskrivna i arbetet är referensprojekten få, speciellt projekt med återanvändning för andra ändamål än bevattning. Åtgärder hindras på grund av låg medvetenhet att frågan är utvecklad, samt att insikten om värdet på vatten är bristande (Sydvatten 2019). Drivkraften har saknats för att effektivisering och återanvändning av vatten ska ha utvecklats på samma sätt som andra resurser i samhället (ibid). Utifrån dagens vattentaxor finns inte något incitament för att spara in på vattenförbrukningen (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021) eller införa cirkulära lösningar för vatten, varken för privata eller offentliga verksamheter. Man ser att åtgärder görs främst av andra anledningar, som till exempel av medvetenhet och engagemang i vattenfrågan eller att området lider av vattenbrist (ibid). Andra incitament kan behövas, exempelvis kravställningar eller bidrag.

9.2.1 Policys och kravställningar

För projekten studerade i examensarbetet har både kravställningar och bidrag varit en del av incitamenten till varför åtgärderna infördes, men också engagerade nyckelpersoner och medvetenhet i vattenfrågan. I fallen med Stockholms hem som beställare fanns 20mm-kravet från Stockholms Stad och önskan att bevattna vegetationen, vilket genom att engagerade personer involverade i processen och genom god samverkan resulterade i system för vattenbesparing och återvinning. I fallet med Sergelhusen bidrog åtgärderna till högre poäng i LEED-certifieringen där högsta certifieringsnivån var målet. Dessutom har projektet en grön finansiering, vilket är olika typer av lån där likviden är öronmärkt till gröna tillgångar (Vasakronan 2025). Vasakronan har som policy att minska sin användning av dricksvatten, öka den biologiska mångfalden runt sina fastigheter och att minimera användning och spridning av föroreningar (Vasakronan 2020). Även Stockholms hem anger i sin miljöpolicy att de bland annat främjar biologisk mångfald och ekosystemtjänster i sina utemiljöer, följer Stockholms stads miljöprogram och bygger och förvaltar med god resurshållning och långsiktighet. De arbetar även med klimatanpassning och skyfallssäkring samt ekosystemtjänstbedömningar av sina fastigheter. De har också beviljats pengar från Naturvårdsverket för att rena vatten (Fridell 2025). Båda bolagen har alltså ambitiösa hållbarhetsmål där återanvändning av vatten är en åtgärd som bidrar till att nå flertalet av målen. Det finns även finansieringsmodeller, samt krav och policys utifrån i form av fördröjningskrav och LEED-certifieringskrav. Policys och andra styrmedel, krav, modeller för finansiering och ökad kunskap och medvetenhet skulle kunna bidra till att utvecklingen av cirkulär vattenanvändning i samhället sätter fart.

9.2.2 Vatten och kostnader

Kostnadsfrågor är en aspekt som måste tas ställning till vid införandet av cirkulära lösningar för vatten. Anpassningar till behov och kontext bör göras, och synergier och mångfunktionella lösningar prioriteras för att hålla nere kostnader.

Exempelvis kan det vid rätt förutsättningar vara mer kostnadseffektivt att likt Bjurbäcken och Persikan fördröja vatten och bevattna vegetation i öppet förstärkningslager än att bekosta separata system och konstruktioner för magasinering av dagvatten och bevattning. I ett större perspektiv kan stora kostnader undvikas vid utbyggnad och ombyggnad av det konventionella ledningsnätet, då systemet är mycket dyrt att bygga ut (Schulte-Herbrüggen et al 2021). De ledningar och avloppsreningsverk som är i bruk i Sverige byggdes främst under 50- och 60-talet, och är i stort behov av underhåll (ibid). De kapitalkostnader som behöver finansieras med avgifter i kommunernas VA-taxor kommer att stiga snabbt, även med sparsam eller ingen ökning av investeringstakten (Svenskt vatten 2023). För att en god VA-service ska kunna bibehållas bedöms investeringstakten behöva öka med 40% jämfört med idag (Havs- och vattenmyndigheten 2022). Med nuvarande investeringstakt uppskattas det bli ett investeringsunderskott på ca 10 miljarder per år (Svenskt vatten 2023). Investeringsbehovet enligt aktuella bedömningar uppskattas vara närmare totalt 600 miljarder kronor fram till 2040 (Kommuninvest 2024). Skulle behovet av utbyggnad av systemet kunna ersättas av system för återanvändning och återvinning lokalt skulle stora kostnader antagligen kunna undvikas.

Prissättningen av vattnet sker idag inte på en marknad, utan det vi betalar för är pumpning, kostnaden för att rena och för att leverera vattnet (Havs- och vattenmyndigheten 2022). I Tyskland betalar i regel alla fastighetsägare en avgift baserad på hur mycket dagvatten som leds från fastigheten (Holmqvist & Winsnes 2022). Det innebär att ju mer dagvatten som fördröjs på fastigheten desto lägre blir avgiften. Skulle vattnet prissättas och avgift för utsläpp av dagvatten införas tillsammans med en kraftigt ökad VA-taxa är projekt som Bjurbäcken, Persikan och Sergelhusen bättre rustade än andra likvärdiga fastigheter med konventionella vattenhanteringssystem där vattneffektiva och cirkulära åtgärder inte implementerats. För långsiktig ekonomisk hållbarhet kan det därför finnas anledning för fastighetsägare att implementera cirkulära lösningar för vattenhantering.

9.2.3 Synergieffekter

En annan hållbarhetsaspekt som bör diskuteras i samband med återvinning och återanvändning av vatten är synergieffekter. Cirkulär vattenanvändning kan bidra till flertalet synergieffekter, varav vattenbesparing och bevattning av stadsvegetation diskuteras i arbetet. IWA (2023) förespråkar utvinning av energi från vatten genom värme eller hydraulisk energi. Även återvinning av näringsämnen och organiskt material nämns som en strategi. Det kan ske via källsorterande avloppssystem. Källsorterande avloppssystem kräver en separat hantering och rening av svartvatten och gråvatten (Baresel et al 2024). Från de olika vattenfraktionerna går det att utvinna resurser, exempelvis näringsämnen som kväve och fosfor. Den separerade hanteringen av olika flöden kan öka

effektiviteten i resursutvinningen (ibid). Eftersom separat hantering av olika vattenfraktioner även är fördelaktigt vid återvinning och återanvändning av vatten kan funktionerna kombineras. Återvinning av värme från vatten finns med som krav inom kriterium Ene 08, energieffektiv utrustning i BREEAM-SE.

9.2.4 Acceptans, samverkan och kompetens

Allmänhetens acceptans av användning av återvunnet eller återanvänt vatten spelar också en roll vid genomförandet av ett paradigmskifte till vattenkloka städer. Eriksson och Bentell (2024) fann i deras studie att verksamheter och allmänheten generellt har positiv inställning till återvunnet vatten så länge säkerheten kan garanteras. De kommer dock fram till att utvecklingen av vattenåtervinningen fortfarande kantas av osäkerhet, speciellt gällande vattenkvaliteten. Werecki och Knutsson (2024) uppger att allmänhetens inställning till gråvatten är något tveksam. För Bjurbäcken och Persikan märker brukarna inte av de cirkulära åtgärderna eftersom bevattningen av vegetationer sker under mark. Det har således inte varit ett problem. I Sergelhuset har brukarna varit positiva till spolningen av toaletter med regnvatten, trots att vattnet stundtals är missfärgat (Ferm 2025). Tvärtom verkar uppfattningen vara att åtgärden är positiv då det upplevs bidra till ekologisk hållbarhet. Att informera om fördelar med det cirkulära systemet kan därför vara en god idé, vilket kan göras i samband med information om att vattnet inte är av dricksvattenkvalitet, se figur 33.



Figur 33. Informationsskylt om missfärgning av spolvattnet till följd av regnvattenåtervinning (Ferm 2025).

Ett paradigmskifte till ett cirkulärt system för vattenhantering med holistisk systemintegrering involverar många parter i samhället. Förutom allmänheten i form av systemets brukare involveras exempelvis beslutsfattare, projektörer, byggnadsarbetare och markentreprenörer. Att förutsättningarna för ett enskilt projekts möjligheter att implementera återvinning eller återanvändning av vatten utreds tidigt i processen, vilket exempelvis uppmuntras i LEED-certifieringen, är en stor fördel för att kunna skapa gynnsamma förutsättningar och hitta synergieffekter. Det kräver att alla berörda teknikområden involveras, exempelvis arkitekt, yttre VA, VVS, landskapsarkitekt, gatuprojektör osv. Det kan även behövas specialistkompetens, exempelvis inom BGG-system, värmeåtervinning om så önskas, eller om vattenreningsteknik. Det gäller även när anläggningen står klar och driften tar vid. Kunskap bland driftspersonal krävs för att funktionerna ska upprätthållas och vattnet ska vara säkert att använda.

Det kan även krävas tillstånd från myndigheter beroende på vilken lösning som väljs. Vid implementering av system för vattenåteranvändning och vattenåtervinning kan det vara en god idé att en person med specialistkompetens inom ämnet ingår i projektgruppen för att bevaka frågan och samordna teknikområdena. Tills cirkulär vattenhantering blivit normen behövs innovation och genomförande av nya lösningar. För att det ska bli möjligt bör regelverket kring återvinning och återanvändning av vatten förtydligas. Det saknas fastställda krav och gränser för vilken vattenkvalitet som gäller för olika ändamål (Johansson et al 2022). Eftersom kvalitetskraven från lagstiftare och inom olika branscher ofta är begränsade leder det till att vattenkvaliteten av slentrian ska uppfylla dricksvattenkvalitet (Sydvatten 2019). Förutom osäkerheten kring lagkrav råder det en stor osäkerhet kring myndigheters handläggning som rör dessa frågor (Werecki & Knutsson 2024). BBR tillåter användande av övrigt vatten men definierade kvalitetskrav för olika användningsområden hade kunnat vara ett sätt att minska osäkerhet, rädsla och risker. Samtidigt är avsaknaden av kvalitetskrav en möjlighet att installera enklare åtgärder, anpassade efter individuella krav, behov och förutsättningar. Fortsatt utveckling av tekniska lösningar, regelverk och krav, finansiering och affärsmodeller, samverkan och innovation och allmänhetens acceptans för återanvänt vatten är alla viktiga aspekter att beakta för ett paradigmskifte från dagens konventionella vattenhanteringssystem till en hållbar vattenanvändning och vattenkloka städer.

9.3 Metoddiskussion

Eftersom examensarbetet utfördes genom en iterativ process där information inhämtades allt eftersom arbetet fortskred gavs litteratursökning stor vikt i processen. Det var en nödvändighet att återgå till litteraturen eftersom ny kunskap för författaren som uppenbarade sig under arbetets gång krävde nya litteratursökningar. Eftersom ämnesområdet spänner över flera olika teknikområden och forskningsområden samt att studier från många olika delar av världen och olika kontexter fanns representerade i sökträffarna, var det en stor utmaning i att sälla bland litteraturen och välja ut relevanta referenser. En stor del av de vetenskapliga artiklarna relaterade till ämnet behandlade specialistkunskap inom ett specifikt forskningsområde vilket utgjorde ett hinder gällande det

helhetsperspektivet som arbetet utgår från. Rapporter från myndigheter och forskningsprojekt upplevdes generellt vara mer applicerbara gällande kontext och perspektiv och utgör därför en stor del av litteraturen.

Dokumentstudien hade kunnat utvecklas genom att andra incitament, krav eller policys inkluderats. Exempelvis hade Stockholm stads krav på fördröjning varit intressant att inkludera i analysen gällande hur väl system för återvunnet eller återanvänt vatten kan uppfylla kriterier och kravställningar. Det hade även varit intressant att ta reda på hur fallstudierna med befintligt system och utvecklat system hade uppfyllt kriterier och kunnat generera poäng i de olika miljöcertifieringssystemen.

Arbetets induktiva ansats innebär att generella slutsatser har dragits från en mängd enskilda fall (Frejes & Thornberg 2024). Urvalet påverkar därmed resultatet. Det är viktigt att vara medveten om vikten av att ta hänsyn till den lokala kontexten och förutsättningarna vid implementering av cirkulär vattenanvändning. De studerade fallen är belägna i Stockholm och två av fastigheterna tillhör samma byggherre. Trots likheterna i projekten har olika förutsättningar ändå lett till olika resultat, vilket har nyanserat undersökningen. En lärdom från arbetet är att kontaktnätet är viktigt gällande inhämtande information, där fallen representerade i studien är de enda där kontaktpersoner återkom vid mina kontaktförsök. Dessutom är extern handledare för projektet involverad i projekten med Stockholmskem som byggherre, vilket underlättade inhämtning av information. Det hade varit intressant att inkludera exempelvis ett projekt som implementerat gråvattenåtervinning eller återanvändning av dräneringsvatten. Även projekt i andra länder som har större problem med vattenbrist och drivkraften till att använda cirkulärt vatten än i Sverige hade kunnat studeras. Det har under examensarbetets gång inte funnits möjlighet för författaren att besöka projekten, och alla projekt är inte färdigställda än. Det hade varit intressant att ta del av erfarenheter från projekten när systemen varit i drift i några år.

10. Slutsats

Det har genom litteraturstudien identifierats en rad olika vattenkällor, användningsområden, reningstekniker och möjligheter för magasinering av cirkulärt vatten i urban miljö som är möjliga att implementera på kvartersmak. Kvalitetskrav för användningsområden har identifierats, vilket avgör vilken typ av rening som krävs. Vidare har det konstaterats att storleken på magasinet, vattenförbrukningen och volymen inkommande vatten avgör i vilken utsträckning återanvänt vatten täcker projektets behov. Magasineringsteknikerna identifierade i litteraturstudien kan kombineras med varandra för att skapa mervärde samt att användning av kontinuerliga vattenkällor kan bidra till att säkerställa ekosystemtjänster. Det har även konstaterats att användning av cirkulärt vatten ovan mark kräver högre grad av rening än vid under mark, men hänsyn måste tas till eventuella föroreningar som kan släppas ut till recipient.

Miljöcertifieringarna LEED och BREEAM-SE kan genom dokumentstudien bekräftas stödja återanvändning av cirkulärt vatten genom en rad olika kriterier där återvinning och återanvändning av alternativa vattenkällor genererar poäng. Projekt som implementerar lösningar som inkluderar återvinning och återanvändning av vatten kan vid certifiering med LEED eller BREEAM-SE uppnå högre poäng. Det kan även projekt som certifieras med WELL göra i viss mån grad men certifieringen i sig skapar inget stort incitament till att införa vattencirkulära åtgärder.

Projekten Sergelhuset, Bjurbäcken och Persikan har implementerat olika lösningar för återvinning och återanvändning av vatten där insamling, magasinering och användning sker på olika vis beroende på projektets mål och förutsättningar. Persikan och Bjurbäcken återanvänder takvatten på bjälklag respektive mark till bevattning genom olika varianter av BGG-konceptet. Sergelhuset återanvänder takvatten till spolning av toaletter och bevattning via magasinering i vattentankar. Vattnet renas i fyra steg i en reningsanläggning i källaren innan användning. Fallstudien visade att gemensamt för alla tre projekten är att inkludering av vatten med kontinuerligt flöde, exempelvis tvättmaskinsvatten eller dräneringsvatten, hade gett stort mervärde till systemen. En kombination av BGG-konceptet med lagring i vattentank och rening hade kunnat utöka projektens användningsområden av cirkulärt vatten samtidigt som magasineringsvolymen hade ökat.

Sammanfattningsvis kan sägas att studien visar att cirkulär användning av vatten kan utvecklas i flerbostads- och kontorsprojekt genom att anpassas till lokal kontext, utgöras av multifunktionella lösningar och ta höjd för framtida utmaningar i form av förändrat klimat och ökade kostnader för vattenanvändning. En slutsats från studien kan också vara att genom hållbart användande av resursen vatten skapas förutsättningar för resilienta, levande städer där vatten ses som en resurs snarare än ett problem.

Referenser

Dokument och litteratur

- Almqvist, H., Andersson, Å., Jensen, A. & Jönsson, H. (2007) *Sammansättning och flöden på BDT-vatten, urin, fekalier och fast organiskt avfall i Gebers*. Svenskt Vatten Utveckling rapport nr 2007-05
- Awadh, O. (2017) *Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis*. Journal of Building Engineering (Vol.11)
- Backlund, A. (2022) *Modellering av torkstress på vegetation i BlåGrönGråa-system i modelleringsverktyget MIKE SHE*. Examensarbete på mastersnivå. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö. Tillgänglig på <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1654645/FULLTEXT01.pdf> [hämtad: 2025-02-10]
- Baresel, C., Flodin, E., Kusoffsky, E., Önnby, L., Filipsson, S., Dagerskog, L., Bourghardt, C., Johanson, A., Romson, Å., Hübinette, M., Kvarnström, E., Persson, E. & Karlsson, L. (2024) *Återvinning och återanvändning av resurser från avlopp*. Naturvårdsverket forskning Rapport 7166
- Brattström, M., Fridell, K. & Wiborn, P. (2023) *Mikroklimat och värmeöar - ur ett urbant landskapsperspektiv. Rapport inom Vinnova-projektet Multifunktionell klimatanpassning i samverkan*. Tillgänglig på <https://usercontent.one/wp/bluegreengrey.edges.se/wp-content/uploads/2024/01/Mikroklimat-och-varmeoar-ur-ett-urbant-landskapsperspektiv.pdf> [hämtad: 2025-04-20]
- Boverket (u.å) *Total miljöpåverkan från bygg- och fastighetssektorn*. Tillgänglig på: <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/god-bebyggd-miljo/bygg--och-fastighetssektorns-miljopaverkan/> [hämtad: 2025-04-15]
- Boverket (2018) *Fysisk planering för en trygg dricksvattenförsörjning – behov och möjligheter*. Rapport 2018:35. Tillgänglig på: <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/fysisk-planering-for-en-trygg-dricksvattenforsorjning.pdf> [hämtad: 2025-03-26]
- Boverket (2019a). *Vad kan man göra för att bevara, utveckla eller skapa ekosystemtjänster på hårdgjorda ytor?* Tillgänglig på: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/platser/hardgjorda/starka_hardgjort/ [hämtad: 2025-04-03]
- Boverket (2019b) *Öka den ekologiskt aktiva gröna ytan – Gröna tak och väggar*. Tillgänglig på: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/praktiken/grona/> [hämtad: 2025-02-17]
- Boverket (2020a) *Boverkets byggregler, BBR, BFS 2011:6 med ändringar till och med BFS 2020:4*. Boverket. Tillgänglig på:

- <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2020/konsoliderad-bbr-2011-6-tom-2020-4.pdf> [hämtad: 2025-02-10]
- Boverket (2020b) *Ekosystemtjänster i den byggda miljön – vägledning & metod*. Tillgänglig på: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/teman/ekosystemtjanster/> [hämtad: 2025-03-15]
- Chonewicz, J (2019). *Dimensionerande vattenförbrukning och alternativa vattenkvaliteter*. Examensarbete på kandidatnivå. Lunds universitet, Geologiska institutionen Tillgänglig på: <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=8987717&fileId=8987719> [hämtad: 2025-02-22]
- Denscombe, M. (2007). *The Good Research Guide: For Small-Scale Social Research Projects*. 3:e upplagan. Open University Press.
- Denscombe, M (2010). *Ground rules for social research: guidelines for good practice*. 2:a upplagan. McGraw-Hill/Open University Press
- Drangert, J-O. & Kjerstadius, H. (2023) *Recycling – The future urban sink for wastewater and organic waste*. City and Environment Interactions 19 (2023)
- Edge, Ecoloop & Scandinavian Green Roof Institute (2020) *Stadsvatten – den outnyttjade resursen*. Version 4. Tillgänglig på: <https://bluegreengrey.edges.se/wp-content/uploads/2020/07/Stadsvatten-informationsblad.pdf> [hämtad: 2025-03-29]
- Edholm, S (2024) *Drivkrafter och möjligheter till vattenbesparing för större fastighetsägare*. Examensarbete på mastersnivå. Uppsala universitet, Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten. Tillgänglig på: <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1874670/FULLTEXT01.pdf> [Hämtad: 2025-01-20]
- Energi & Miljö (2024) *Regnvatten gör rent i wc-stolarna*. (Nr 12) Tillgänglig på: <https://www.energi-miljo.se/regnvatten-gor-rent-i-wc-stolarna/> [Hämtad: 2025-02-03].
- Elleby (2022) *Dagvatten som resurs i ny vattenkiosk*. Tillgänglig på: <https://vaguiden.se/2022/02/dagvatten-som-resurs-i-ny-vattenkiosk/> [Hämtad: 2025-02-03].
- Eriksson, L. & Bentell, M. (2024). *Avloppsvatten som resurs inom cirkulär Vattenanvändning - Hinder och drivkrafter för vattenåtervinning i Skåne*. Examensarbete på kandidatnivå. Malmö Universitet, miljövetenskap. Tillgänglig på: <https://mau.diva-portal.org/smash/get/diva2:1861248/FULLTEXT02.pdf> [Hämtad: 2025-01-20]
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. & Ledin, A. (2002) *Characteristics of Grey Wastewater*. Urban Water 4(1). Tillgänglig på: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462075801000644> [Hämtad: 2025-03-03].
- EU (u.å) *Avfallshierarkin*. Tillgänglig på: <https://eur-lex.europa.eu/SV/legal-content/glossary/waste-hierarchy.html> [Hämtad: 2025-02-14].

- EU (2022) *Minimikrav för återvändning av vatten*. Tillgänglig på: <https://eur-lex.europa.eu/SV/legal-content/summary/minimum-requirements-for-water-reuse.html> [Hämtad: 2025-04-20].
- Frejes, A. & Thornberg, R. (2024). *Handbok i kvalitativ analys*. Upplaga 4. Liber.
- Fridell, K (2023) *Levande stadsrum – en handbok i Blågröngrå system*. Version 4.0. Edge
- Fridell, K., Simonsen, E., Hellman, F. & Schouenborg, B. (2022) *Multifunktionella urbana dagvattenanläggningar – Referensanläggningar*. Projekt: Formas. Tillgänglig på: <https://www.svenskmarkbetong.se/media/q5wdfyjo/rapport-mud-referensanl%C3%A4ggningar-20221202.pdf> [Hämtad: 2025-02-10].
- Frihammar, E. & Barup, J. (2021) *Vilket vatten till vad? Hållbar vattenförsörjning genom användning av alternativa vattenkällor*. Svenskt Vatten Utveckling. Rapport nr 2021-20
- Funck, E. K. & Karlsson, T. S. (2021). Handbok för systematiska litteratur- och dokumentstudier inom samhällsvetenskapen. Förvaltningshögskolans rapporter nr 158.
- Green Cities Europe (u.å) *Vad är blågröngrå system?* Tillgänglig på: https://se.thegreencities.eu/best_practices/vad-ar-blagrongra-system/ [Hämtad: 2025-04-02].
- Holm, C. & Schulte-Herbrüggen, H. (2021) *Vattenbesparande åtgärder – en exempelsamling för kommuner och hushåll*. Svenskt Vatten Utveckling. Slutrapport 2.0.
- Havs- och vattenmyndigheten (2022) *En hållbar vattenresursförvaltning - Ett förslag till strategi för att möta dagens och morgondagens behov av vatten för samhällsutveckling och ekosystem*. Rapport 2022:3
- Herrmann, I. (2024) *Återanvändning av grävatten: Var, Varför och hur?* (GREW) Tillgänglig på: <https://www.ltu.se/forskning/forskningsamnen/va-teknik/forskning-inom-vateknik-med-tre-fokusomraden/forskningsprojekt-inom-resurseffektiva-sma-avloppssystem/forskningsprojekt/2022-10-09-ateranvandning-av-gravatten-var-varfor-och-hur-grew-2022-2027> [Hämtad: 2025-03-18].
- Holmqvist, H. & Winsnes, G. (2022) *Hållbar dagvattenhantering på kvartersmark – klimatanpassning, samverkan och reglering*. Examensarbete på mastersnivå. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning. Tillgänglig på: <https://stud.epsilon.slu.se/18553/1/holmqvist-h-winsnes-g-20221229.pdf> [Hämtad: 2025-04-12].
- HSB (u.å) *Återvinning av grävatten*. Tillgänglig på: <https://www.hsb.se/hsblivinglab/projekt-i-huset1/atervinninggravatten/> [Hämtad: 2025-02-10].
- Hsieh, H. F. & Shannon, S. E. (2005). *Three approaches to qualitative content analysis. Qualitative health research*. 15(9). Tillgänglig på: <https://doi.org/10.1177/1049732305276687> [Hämtad: 2025-01-25].

- International Water Association (2023). *IWA:s principer för vattenkloka städer. Mot en gemensam vision och hållbara vattenlösningar i framtidens städer*. Tillgänglig på: https://iwa-network.org/wp-content/uploads/2017/05/IWA_Brochure_Water_Wise_Communities_SW_screen.pdf [Hämtad: 2025-01-27].
- IWBI (2024) *WELL v2 – The next version of the WELL Building Standard*. IWBI.
- Johansson, A., Albinsson, M & Regnell, F. (2022) *Juridiska utmaningar när avloppsvatten blir tekniskt vatten*. Svenskt Vatten utveckling, rapport nr 2022-3.
- Kommuninvest (2024) *Dyrare droppar – Ökad skuldsättning och stigande räntor för kommunala VA-verksamheter*. Tillgänglig på: https://kommuninvest.se/download/18.35de2c7b1900fda7e62b91f/1719314860899/Kommuninvest_Fokusrapport_Dyrare%20droppar_2024_final.pdf [Hämtad: 2025-04-20].
- Larm, T. & Blecken, G. (2019) *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten*. Tillgänglig på: <https://vav.griffel.net/filer/svu-rapport-2019-20.pdf> [Hämtad: 2025-04-24].
- LEED (2019) *LEED v4 for building design and construction*. LEED.
- Lågan (2013) *Energi- och miljöklassning av byggnader i Sverige*. Tillgänglig på: https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/01/LAGAN_Energi_o_miljoklassning.pdf [Hämtad: 2025-01-26].
- Machi, L. A. & McEvoy, B. T. (2022). *The Literature Review - Six Steps to Success*. 4:e upplagan. SAGE PUBLICATIONS INC.
- Maher, M. & Lustig, T. (2003) *Sustainable water cycle design for urban areas*. Water Science & Technology (Feb 2003) Tillgänglig på: https://www.researchgate.net/publication/10718912_Sustainable_water_cycle_design_for_urban_areas [Hämtad: 2025-02-02].
- Malmö stad (2024) *Grönska för alla med modellen 3-30-300*. Tillgänglig på: <https://malmo.se/Stadsutveckling/Sa-utvecklar-vi-staden/Gronska-och-vatten/Gronska-for-alla-med-modellen-3-30-300.html> [Hämtad: 2025-04-01].
- Malmö stad (2024b) *Teknisk handbok* Tillgänglig på: <https://malmo.se/Teknisk-handbok/Gatubyggnad/Overbyggnader.html> [Hämtad: 2025-03-10].
- Malmö stad (2025) *Hantering av kyltorn*. Tillgänglig på: <https://malmo.se/For-foretag-och-verksamheter/Miljo--och-halsoskydd/Hantering-av-kyltorn.html#:~:text=Vad%20%C3%A4r%20kyltorn?%20Kyltorn%20%C3%A4r%20en%20anordning,till%20luftkonditionering%20och%20vid%20olika%20industriella%20processer.> [hämtad 2025-06-01]
- Månsson, M. & Persson, B. (2020). *Ekostaden Augustenborg – erfarenheter och lärdomar*. Arkus skrift nr 78. Tillgänglig på: <https://drive.google.com/file/d/1HwdxBtwiKOCgeTKvor7q9D243MZc7VY/view> [hämtad 2025-03-20]
- Nationella expertrådet för klimatanpassning (2022). *Första rapporten från Nationella expertrådet för klimatanpassning* (kap 16.3). Tillgänglig på:

- <https://klimatanpassningsradet.se/download/18.18f5a56618fc9f08e8344e56/1718356293414/Rapport%20fr%C3%A5n%20Nationella%20expertr%C3%A5det%20f%C3%B6r%20klimatanpassning%202022.pdf> [hämtad 2025-01-20]
- Naturskyddsföreningen (2021) *Avfallstrappan*. Tillgänglig på:
<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/avfallstrappan/> [hämtad 2025-02-13]
- Olubunmi, O.A, Xia, B.X, & Skitmore, M. (2016) *Green building incentives: A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews (Vol. 59).
- Orbital systems (u.å) *Orbital Shower – slutet på onödig vattenförbrukning*. Tillgänglig på: <https://www.orbital-systems.com/sv/produkter/orbital-shower> [hämtad 2025-03-14]
- PEAB (u.å a) *LEED*. Tillgänglig på: <https://peab.se/hallbarhet/miljo-och-klimat/certifiering-av-byggnader/leed/> [hämtad 2025-02-23]
- PEAB (u.å b) *WELL*. Tillgänglig på: <https://peab.se/hallbarhet/miljo-och-klimat/certifiering-av-byggnader/well/> [hämtad 2025-02-23]
- RecoLab (2021) *Från avloppsvatten till näringspellets till vatten med dricksvattenkvalité!* Tillgänglig på <https://www.recolab.se/utvecklingsanlaggning/> [hämtad 2025-03-13]
- Regeringskansliet (2024) *Nya bestämmelser om återanvändning av vatten inom jordbruket*. Tillgänglig på:
<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2024/03/nya-bestammelser-om-ateranvandning-av-vatten-inom-jordbruket/> [hämtad 2025-03-07]
- Rise (u.å) *Klimatsäkrad stad – Klimatsäkrade konstruktioner*. Tillgänglig på:
<https://www.ri.se/sv/klimatsakrad-stad/klimatsakrad-stad-klimatsakrade-konstruktioner> [hämtad 2025-04-18]
- Schulte-Herbrüggen, H., Holmberg, C., Ketzef, C. & Holm, C. (2021) *Beteendeförändring och vattenbesparing – Erfarenheter från kommunikationsinsatser*. Svenskt Vatten Utveckling Rapport Nr 2021-24.
- SGBC (2023) *Vad är BREEAM-SE?* Tillgänglig på:
<https://www.sgbc.se/certifiering/breem-se/vad-ar-breem-se/> [hämtad 2025-02-23]
- SBGC (2025a) *LEED*. Tillgänglig på: <https://www.sgbc.se/certifiering/leed/> [hämtad 2025-02-23]
- SGBC (2025b) *Vad är LEED?* Tillgänglig på: <https://www.sgbc.se/certifiering/leed/vad-ar-leed/> [hämtad 2025-02-23]
- SGBC (2025c) *Vad är WELL Building Standard?* Tillgänglig på:
<https://www.sgbc.se/utveckling/well-building-standard-i-sverige/vad-ar-well-building-standard/> [hämtad 2025-02-23]
- SGBC (2025d) *Förenklad process vid dubbelcertifiering med BREEAM-SE och WELL*.
<https://www.sgbc.se/nyheter/forenklad-process-vid-dubbelcertifiering-med-breem-se-och-well/> [hämtad 2025-04-19]

- SGBC, BRE Global (2023) *BREEAM-SE Nybyggnad v6.0 Teknisk manual*. SGBC, BRE Global.
- Sjökvist, E., Abdoush, D & Axén, J. (2019) *Sommaren 2018 – en glimt av framtiden?* SMHI Klimatologi (Nr 52)
- Sjöstrand, K., Lindhe, A., Söderqvist, T., Dahlqvist, P. & Rosén, L. (2019) *När vattentillgången brister*. RISE Rapport 2019:79
- State of Green (2020) *Water for smart liveable cities – How rethinking urban water management can transform cities of the future*. Tillgänglig på: https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/265247513/SoG_WhitePaper_WaterForSmartLiveableCities_210x297_V22_WEB_2_.pdf [hämtad 2025-01-24]
- Statens Offentliga Utredningar (2015). *Klimatförändringar och dricksvattenförsörjning*. (SOU 2015:51). Tillgänglig på: <https://www.regeringen.se/contentassets/9eb7b76720c04e1183c759c8a595f388/klimatforandringar-och-dricksvattenforsorjning-sou-201551-del-12.pdf> [hämtad 2025-01-28]
- Stockholm stad (2016) *Dagvattenhantering – Riktlinjer för kvartersmark i tät stadsbebyggelse*. Tillgänglig på: https://www.stockholmvattenochavfall.se/globalassets/dagvatten/pdf/riktlinjer_kvartersmark.pdf [hämtad 2025-03-19]
- Stockholm stad (2024) *Torka och vattenbrist*. Tillgänglig på: <https://miljobarometern.stockholm.se/klimat/klimatanpassning/torka-och-vattenbrist/> [hämtad 2025-03-19]
- Stockholmshem (u.å a) *Bjursätragatan*. Tillgänglig på: <https://www.stockholmshem.se/vi-bygger/vi-bygger-nytt/bjursatragatan/> [hämtad 2025-02-18]
- Stockholmshem (u.å b) *Persikan Södermalm*. Tillgänglig på: https://www.stockholmshem.se/vi-bygger/vi-bygger-nytt/persikan_sodermalm/lagenheterna--huset/ [hämtad 2025-02-18]
- Svenskt vatten (2017) *Värt att veta om vatten – frågor och svar om vårt dricksvatten*. Tillgänglig på: <https://www.gnesta.se/download/18.6a2a1ec91660af3da2a190d9/1537955378408/V%C3%A4rt%20att%20veta%20om%20vatten.pdf> [hämtad 2025-01-28]
- Svenskt vatten (2023) *Investeringsbehov och framtida kostnader för kommunalt vatten och avlopp – en analys av investeringsbehov 2022–2040*. Svenskt Vatten Rapport R2023-02. Tillgänglig på: https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/wp-content/uploads/2023/05/SvensktVatten_Investeringsrapport_2023.pdf [hämtad 2025-02-22]
- Sweco (2020) *Torka och vattenbrist - Identifiering och prioritering av förebyggande åtgärder för att hantera torka och vattenbrist*. Tillgänglig på: https://www.sweco.se/wp-content/uploads/sites/3/2021/08/Erfarenheter-av-vattenbrist_200611.pdf [hämtad 2025-03-10]

- Sydvatten (2019) *Klimatsäkert vatten – hur räcker vattnet till allas behov och vem ska se till att det räcker?* Tillgänglig på:
<https://sydvatten.se/app/uploads/2019/06/Klimatsakert-vatten-rapport-20190625.pdf> [hämtad 2025-01-22]
- Takman, M. (2019) *Opportunities for Wastewater Reuse in Sweden*. VATTEN – Journal of Water Management and Research (75: 4).
- Terrigio (u.å) *Savaqteknologin*. Tillgänglig på:
<https://terrigio.se/bevattning/savaqteknologin/> [hämtad 2025-03-16]
- Thoni, T (red) 2017. *Ekosystembaserad klimatanpassning: En kunskapsöversyn*. CEC Rapport Nr 4.
- Tilly, L. & Gustafsson, L-G. (2006) *Vattenplanering i praktiken*. VA-Forsk rapport nr 2006–28
- Trafikverket (2024) *Vägsalt – bara där det behövs*. Tillgänglig på
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/> [hämtad 2025-03-10]
- Werecki, E. & Knutsson, J. (2024) *Återvinning av gråvatten i flerbostadshus*. SBUF projektnr 14262
- Rest till bäst (2023) *Test av regnbäddars initiala rening och läckage på Byggmästaregatan i Lund*. Rest till Bäst steg 3 aktivitet 4d. Tillgänglig på:
<https://biokol.org/rapporter/pdf/test-av-regnbaeddars-initiala-rening-och-laeckage-pa-byggmaestaregatan-i> [hämtad 2025-03-20]
- Rewaise (2023) *Inspirationsguide för användning av regn- och dagvatten i fastigheter*. Tillgänglig på: https://www.vasyd.se/-/media/Dokument_ny_webb/Broschyer-foldrar/Inspirationsguide-regnvatten-230703.pdf [hämtad 2025-01-27]
- Ridley, D. (2012) *The literature Review – A Step By Step Guide for Students*. 2: a upplagan. SAGE.
- Vasakronan (2020) *Environmental Policy*. Tillgänglig på:
https://www.vasakronan.se/cdn.triggerfish.cloud/uploads/2021/01/environmental_policy_eng_2020-04-23.pdf [hämtad 2025-03-06]
- Vasakronan (2025) *Projekt – Sergelhusen*. Tillgänglig på:
<https://vasakronan.se/projekt/sergelhusen/> [hämtad 2025-02-12]
- Water Environment Federation (u.å) *The Water Reuse Roadmap – Primer*. Tillgänglig på:
https://www.resourcerecoverydata.org/WEFfactsheets/wef_water_reuse_roadmap_primer.pdf [hämtad 2025-02-15]
- WSP (2018) *Dagvattenutredning Bjurbäcken*. Beställare: Lindbäcks bygg, Stockholmshem och Keywe.
- WSP (2016) *Kvarteret Persikan Dagvattenutredning*. Beställare: Stockholm Vatten AB.

Figurer och tabeller

Figur 1–7. Skapad av författaren.

Figur 8. Fridell (2023) *Levande stadsrum*. Återgiven med tillåtelse. Modifierad av författaren.

Figur 9–12. Skapad av författaren.

Figur 13. Edge (2025) Återgiven med tillåtelse. Modifierad av författaren.

Figur 14. Terrigio (2025). Återgiven med tillåtelse.

Figur 15. Ferm, J. (2025). Återgiven med tillåtelse.

Figur 16. Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad (2025) *Rågsved*. Tillgänglig på URL <https://kartor.eniro.se/?c=59.255483,18.022723&z=17&l=aerial&q=%22r%C3%A5gsved%22;geo> (hämtad: 2025-05-09). Modifierad av författaren.

Figur 17. Edge (2025). Återgiven med tillåtelse. Modifierad av författaren.

Figur 18. Fridell, K. (2023) *Levande stadsrum*. Återgiven med tillåtelse.

Figur 19. Edge (2025). Återgiven med tillåtelse. Modifierad av författaren.

Figur 20–21. Skapad av författaren.

Figur 22. Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad (2025) Södermalm. Tillgänglig på URL <https://kartor.eniro.se/?c=59.312356,18.098812&z=17&l=aerial&q=%22s%C3%B6dermalm%22;geo> (hämtad: 2025-05-09). Modifierad av författaren.

Figur 23. Illustrationsplan skapad av författaren. Baserad på ritningar från ÅWL landskap och Stockholmskem (2025). Användning med tillåtelse.

Figur 24. Illustrationsplan med takvattenflöden skapad av författaren. Baserad på ritningar från ÅWL Landskap och Stockholmskem (2025). Användning med tillåtelse.

Figur 25. Edge (2025). Återgiven med tillåtelse. Modifierad av författaren.

Figur 26–27. Skapad av författaren.

Figur 28. Eniro, Lantmäteriet/Stockholms stad (2025) *Sergels torg*. Tillgänglig på URL <https://kartor.eniro.se/?c=59.333540,18.065134&z=17&l=aerial> (hämtad: 2025-05-09). Modifierad av författaren.

Figur 29. Ferm, J. (2025). Återgiven med tillåtelse.

Figur 30. Ferm, J. (2025). Återgiven med tillåtelse.

Figur 31–32. Skapad av författaren.

Figur 33. Ferm, J. (2025). Återgiven med tillåtelse.

Tabell 1. Baserad på information tillhandahållen av Fridell, K (2025). Återgivet med tillåtelse.

Personlig kommunikation

Fridell, Kent (2025). Intervju/samtal gällande dagvattenhantering hos Bjurbäcken och Persikan [Microsoft Teams]. (Personlig kommunikation 19 mars 2025)

Ferm, Johan (2025). Intervju/samtal gällande insamling och återvinning av regnvatten hos Sergelhusen [Microsoft Teams] (Personlig kommunikation 9 april 2025)

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, Maria Border 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.

Bilaga 1

Sammanställning av utförd analys av dokumentstudien där miljöcertifieringssystemen BREEAM-SE, LEED och WELL undersöks med avseende på hur de kan stödja återanvändning och återvinning av grå- drän- och dagvatten. Kriterier och kategorier redovisas med indikator, eventuell åtgärd och poäng.

Tabell 1. Sammanställning av kriterier och indikatorer och poäng i BREEAM-SE kring identifierade åtgärder för återanvändning av vatten.

Kriterie	Indikator	Poäng
WAT 01	Gråvatten- eller regnvattensystem ska användas för att täcka 25% av det dricksvatten som används för spolning.	1
WAT 01	Gråvatten- eller regnvattensystem ska användas för att täcka 50% av det dricksvatten som används för spolning.	2
WAT 04	Identifiera vattenbehov för annan användning av vatten, vidta åtgärder för att minska vattenbehov för annan användning än hushållsbruk.	1
LE04	Förbättra tomtens ekologiska värde genom hållbara dräneringssystem	2
POL03	Avrinningen från tomten får inte öka jämfört med innan exploatering.	1
POL03	Allt vatten vid regnmängder upp till 5mm får inte släppas ut från tomten	1
ENE08	Uppvisa betydande minskning av byggnadens totala verksamhetsenergianvändning genom ex. att använda gråvatten för en del av tvättprocessen.	2

Tabell 2. Sammanställning av kriterier och indikatorer och poäng i LEED kring identifierade åtgärder för återanvändning av vatten.

Kategori	Indikator	Poäng
Reducering av vattenanvändande utomhus	Bevattningsfria vegetationsytor eller reduktion av bevattning genom bevattningseffektivitet och användning av alternativa vattenkällor	2
Reducering av vattenanvändande inomhus	Identifierade möjliga vattenanvändningsområden som inte kräver dricksvattenkvalitet ersätts med alternativa vattenkällor	6
Integrerad process	Synergieffekter ska utforskas för att minska behovet av dricksvatten genom framtagning av vattenbudget och utredning och identifiering av vattenanvändning som inte kräver dricksvattenkvalitet samt för alternativa vattenkällor	1
Platsanalys	Tomtens förutsättningar utreds innan hållbara designval utförs, bl.a genomutredning av regnvatteninsamling- och återanvändningsmöjligheter	1
Regnvattenhantering	Hantering av dagvatten lokalt	3
Kyltorns vattenanvändning	Minst 20% återvunnet vatten för användning i kyltorn	1

Tabell 3. Sammanställning av kriterier och indikatorer och poäng i WELL kring identifierade åtgärder för återanvändning av vatten.

Kriterie	Indikator	Åtgärd	Poäng
W09	Återanvändning av vatten som inte kräver dricksvattenkvalitet	Plan upprättas för att återanvändningen ska ske på säkert och användarvänligt vis	2
T09	Termisk komfort utomhus, skugga	Procentandelar skugga för vistelseytor eller temperaturmodellering med hjälp av mikroklimat	3
N12	Matproduktion	Förse brukare med möjligheter för matproduktion i form av odling	2