



Blågröna skyfallslösningar för Håbo kommun

En litteraturstudie

Sackarias Bergenstråhle

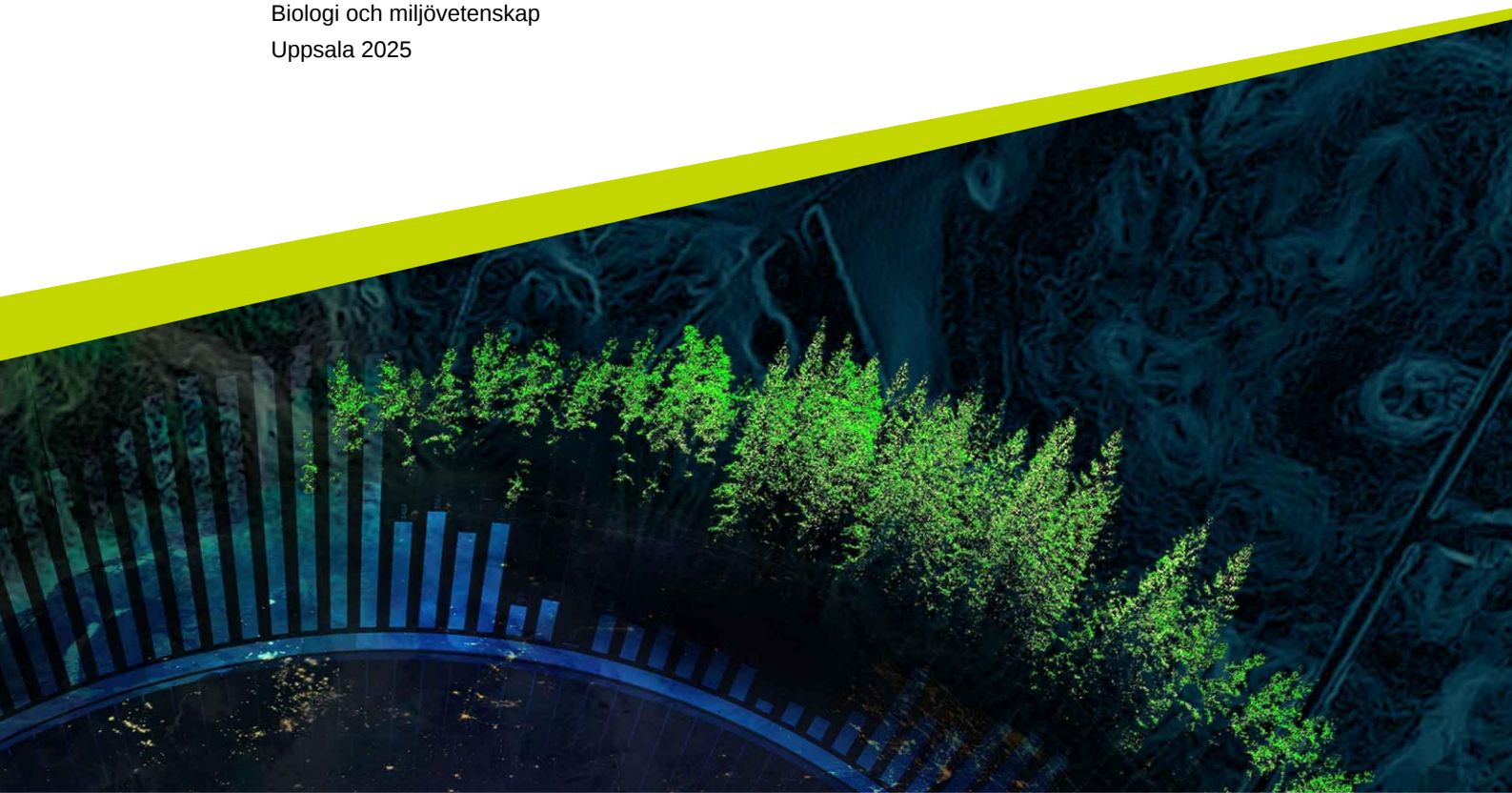
Examensarbete • 15 hp

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Institutionen för vatten och miljö

Biologi och miljövetenskap

Uppsala 2025



Blågröna skyfallslösningar för Håbo kommun. En litteraturstudie

Sackarias Bergenstråhle

Handledare: Martyn Futter, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö
Bitr. handledare: Clara Rosander Sjöberg, Håbo kommun
Examinator: Emma Elmi Lannergård, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för vatten och miljö

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i Miljövetenskap
Kurskod: EX0896
Program/utbildning: Biologi och miljövetenskapsprogrammet
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2025
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: Blågröna skyfallslösningar, klimatanpassning, Håbo kommun, skyfallskartering

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för vatten och miljö

Sammanfattning

De klimatförändringar som sker idag kommer att påverka världen på många olika sätt i framtiden. Ett varmare klimat kommer att leda till ökade extremväder i form av exempelvis torka men också översvämningar från skyfall, så kallade pluviala översvämningar. De skyfall som vanligtvis kommer inom 100 respektive 500 år, så kallade 100- samt 500-årsregn kommer att ske oftare. Alla kommuner, länsstyrelser och tätorter måste klimatanpassa sina miljöer samt skydda sina invånare mot denna typ av naturkatastrof. Denna rapport går igenom samt utvärderar litteraturen kring olika så kallade gröna och blågröna lösningar för att minimera de skadeeffekterna av dessa 100 och 500-årsregn som Sweco har tagit fram åt Håbo kommun. Blågröna lösningar är lösningar som använder sig av växters förmåga att ta upp och binda vatten, i en kombination med olika magasin som fångar upp överskott av regnvatten. Rapporten fokuserar på blågröna tak, där man installerar växtbäddar med magasin under för att både fånga upp samt begränsa att nederbörd når marknivån och trädslags vattenupptagningsförmåga. Rapporten tar inte upp ekonomi eller hur lång tid det skulle ta att implementera lösningarna. Frågeställningen lyder ”Vilka blågröna skyfallslösningar är lämpliga att införa i centrala Bålsta och var ska lösningarna implementeras för att öka centrala Bålstas motståndskraft mot skyfall?”.

Rapporten tar upp vilka områden i tätorten Bålsta som kommer att drabbas hårdast av dessa skyfall samt var man kan installera de presenterade lösningarna i tätorten. Rapporten är en litteraturstudie och även platsbesök i Bålsta genomfördes för att få en bild av hur tätorten ser ut idag. Den undersöker tidigare studiers resultat på hur bra olika trädarter fångar upp regnvatten genom interception, hur effektivt vissa träd tar upp vatten genom rotsystem, vilka trädarter som är vanliga i stadsmiljöer, vilka trädarter som tål både torka men även kan stå i vattenmassor för att kunna göra en bedömning av vilka träd som är effektivast att använda sig av i stadsmiljöer som ett skydd mot pluviala översvämningar. För att undersöka vilka blågröna lösningar som bör implementeras som blågröna tak granskades studier för olika former av blågröna tak men även gröna tak för att kunna göra en bedömning om vilken typ av lösning man ska använda sig av. Olika växter som kan växa på dessa tak togs fram och en bedömning av vilka av dessa som effektivast tar upp vatten samt kan klara av torrperioder på somrarna undersöktes. Även olika typer av substrat som bör användas på växtbäddarna gick igenom och hur väl dessa binder vatten samt hur mycket växttillgängligt vatten de har.

Resultatet blev att blågröna tak bör användas eftersom de har magasinande förmågor, vissa har även fördröjande förmågor och bevattningsmekanismer. Det finns för och nackdelar med olika trädslag samt olika typer av tak. Det gäller att inte implementera växter som klassas som invasiva särskilt gällande plantering av träd. Slutsatsen blev att man bör använda sig av en blågrön taklösning som har en växtbädd med ett fack med backsystem som kompletteras med ett tråg som ligger under, för att öka magasineringseffekten. På denna växtbädd bör det odlas inhemska ängsväxter och substratet bör vara organiskt material blandat med sand och pimpsten. De träd som bör planteras i tätorten Bålsta bör planteras nedanför Bålstas rullstensås samt vid Gröna dalen, längs med Dalvägen och även Kärlekens väg. De träd som ansågs lämpligast att plantera nedanför rullstensåsen var jättetuja, douglasgran och svarttall. De som bör planteras längs med vägar, särskilt längs med Dalvägen och Kärlekens väg i Bålsta bör vara skogslind, ginkgo och katalpa.

Abstract

Climate change effect the world in many different ways. A warmer climate will lead to more extreme weather such as drought and heavy downpours. As a result, the downpours that occurs in 100- and 500-years intervals, called 100 and 500 downpours, will happen more often. All the municipalities and county administrative boards in Sweden needs to adapt to these climate changes and protect its citizens from it. This report will go through different green and blue-green solutions to minimize the negative effects these downpours that Sweco has investigated for Håbo municipality. Blue-green solutions is solutions that use plants to bind water in a combination with different magazines that will catch up the rainwater. This report will focus on blue-green roofs, which is when you install plant beds with magazines to catch up some excess water, and also focus on the trees different water-uptake ability. This report will not talk about the economics for these solutions nor how long time it will take to install these solutions. The question of this report is “Which blue-green downpours solutions is most efficient to install in the center of Bålsta and where will the solutions be installed to increase Bålsta’s resistens against downpour?”.

The report notes which areas in the urban area of Bålsta in Håbo municipality that will have most negative effects of future downpours. Furthermore, this is a literature study and for this report a field study in Bålsta has also been conducted by the student. It breaks down similar studies to get an understanding of different tree species abilities to catch downpour through interception and through the root system, as well as which species that is common in urban areas and are also drought- and water-tolerant, this to get a picture of which tree species that will work well as protection against heavy downpour. Different green and blue-green roofs were studied to understand which to use. There can grow different species of plants on these roofs and an evaluation on which species can take up most water and survive drought periods was made. Different substrate for the plant beds were studied.

The result showed that it was most efficient to use blue-green roofs because of their storage capacity, and that some of them also has delaying and irrigation mechanisms. It exists both advantages and disadvantages with different tree species and blue-green roof solutions. It is also important to not plant invasive trees or other invasive plants. In conclusion, Bålsta should implement a blue-green roof solution with a compartment with a back system that is supplemented by a tray located underneath, to maximize the storage effect. On the plant bed in this solution, native meadow plants should be planted, and the bed’s substrate should be organic material with sand and pumice stone. The trees should be planted below the esker in Bålsta, at Gröna dalen, Dalvägen and Kärlekens väg. The trees that are most effective to plant below the esker is Giant thuja, Douglas fir and Black pine. At the roads in Bålsta, especially along Dalvägen and Kärlekens väg, Small-leaved linden, Ginkgo and *Catalpa bignonioides* should be planted.

Keywords: Bluegreen Infrastructure, Climate adaptation, Håbo municipality, downpour mapping

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning	7
Begreppslista	8
Förkortningar	10
1. Inledning	11
1.1 Syfte	15
1.2 Frågeställning	16
2. Metod	17
2.1 Databaser	17
2.2 Sökord	18
3. Litteraturstudie	19
3.1 Skyfall och översvämningar	19
3.2 Håbo kommun	20
3.3 Olika skyfallslösningar	21
3.4 Gröna tak	21
3.5 Sedum- och sedumörttak	22
3.6 Ängstak	23
3.7 Biotoptak	23
3.8 Gröna taks uppbyggnad	24
3.9 Blågröna tak	25
3.10 Avvattningssystem hos blågröna tak	25
3.11 Fördröjning och magasinering hos blågröna tak	26
3.12 Växtbäddars utformning	28
3.13 Träd	33
3.14 Risken för växters invasivitet	36
4. Resultat	37
4.1 Resultat växtbäddar	37
4.2 Resultat träd	41
5. Diskussion	43
5.1 Vidare forskning	49
6. Slutsats	51
7. Referenser	53
Tack	57

Tabellförteckning

Tabell 1. Växtbäddars vikt (Pettersson Skog et al. 2021)	24
Tabell 2. Växttillgängligt vatten hos substrat (enhet mm)	28
Tabell 3. Växtbäddar med lager av fukt- och vattenhållande material under	29
Tabell 4. Växtbäddar med dräneringsmatta eller dräneringsplatta under	30
Tabell 5. Växtbäddar med backsystem	31
Tabell 6. Växtbäddar med kassetter	32
Tabell 7. För- och nackdelar hos växtbäddar med lager av fukt och vattenhållande material under	38
Tabell 8. För- och nackdelar hos växtbäddar med dräneringsmatta eller dräneringsplatta under	38
Tabell 9. För- och nackdelar hos växtbäddar med backsystem	39
Tabell 10. För- och nackdelar hos växtbäddar med kassetter	40
Tabell 11. För- och nackdelar med olika växter som gröna tak	41
Tabell 12. För- och nackdelar för olika träarter	42

Figurförteckning

Figur 1. Skyfallskartering av 100-årsregn i tätorten Bålsta i Håbo kommun (Groth et al. 2024).....	12
Figur 2. Skyfallskartering av 500-årsregn i tätorten Bålsta i Håbo kommun (Groth et al. 2024).....	12
Figur 3. Bild över delar av tätorten Bålsta där den mörkgröna pricken visar Gröna dalen och den röda pricken visar Dalvägen 1 (Lantmäteriet u.å).....	13
Figur 4. Figur 4. Bild över delar av tätorten Bålsta där den röda pricken visar adressen Kärlekens väg 1 (Lantmäteriet u.å).....	14
Figur 5. Förstorad bild över Prästängen där Kärlekens väg ligger, Kärlekens väg 1 är utmarkerad som en röd punkt (Lantmäteriet u.å)	14

Begreppslista

Abaxiala ytan	Undersidan av bladet på en växt som oftast är vänd bort från solljuset och är vanligtvis mindre grön än den adaxiala ytan
Adaxiala ytan	Övre ytan på bladet vilket oftast är vänd mot solljuset och vanligtvis är grönare än abaxiala ytan
Backsystem	System som leder uppsamlat regnvatten i ett blågrönt tak tillbaka till växtbäddarna
Biotop	En typ av område där vissa djur eller växter trivs, där organismerna som lever här kan vara specialiserade på just en typ av biotop, exempel på två biotoper är lövskogar eller ängar
Evaporation	Processen som ändrar vattnets form från flytande till gasform
Fluvial översvämning	Översvämning vid sjöar och vattendrag
Geoceller	Ett system byggt av plast som används för att stabilisera mark
Hydrofob	Ett ämne är hydrofobt när det stöter bort eller inte löser sig i vatten, såsom vax och matolja
Inspektionskammare	Utrymme som är till för att inspektera byggnader så att exempelvis skador och läckage kan upptäckas
Interception	Det regnvatten som fångas upp av växternas bladverk och även andra delar av växten som hindrar vattnet från att nå marken
Interceptionsförlustpotential	Avser en maximal mängd vatten som kan fångas upp av växtlighet och sedan avdunsta utan att nå markytan
Inverterade tak	En sorts takkonstruktion där man har isoleringen ovanpå ett vattentätt membran
Kapillär kontakt	Förmåga för vatten att röra sig i trånga utrymmen på med hjälp av kapillärkrafter
Kapillärkrafter	En kraft på vätskor som gör så att de antingen stiger eller sjunker i exempelvis ett

Kapillär stigning	smalt rör eller porösa material, som sker på grund av ytspänning och adhesionskrafter
Konkava grönområden	När vatten stiger upp genom en växt med hjälp av kapillärkrafter
Krontak	Områden av mark som är format som en skål såsom dalgångar och sänkor
Krontaksdensitet	Den del av lövverket på ett träd som täcker himlen för en person som står under trädet och tittar uppåt
Küstöversvämningar	Densiteten på ett träds krontak
Lövarea	Översvämningar som orsakas av hög havsnivå
Lövareaindex	Totala arean på ett löv
Meanderfunktioner	Storleken av den totala bladarean i förhållande till markytan
Mikrorelief	Ekologiska och hydrologiska funktioner ett svängande vattendrag har i sitt vattendragssystem
Morfologi	Små höjdvariationer på en yta
Pluvial översvämning	Utseendet hos en art
Stamflöde	Översvämning av mark som är oavsiktlig där översvämningen beror på kraftigt regn som orsakar skador
Städesgröna växter	Det regnvatten som rinner ner längs med trädens grenar och stam istället för att droppa ner från bladverket
Transpiration	Växter som inte tappar sitt bladverk under hösten och vinter, oftast träd såsom gran och tall som behåller sina barr under vinterhalvåret
Trädgrop	Det vatten som avdunstar från träden, framförallt från bladen
Vedartade perenner	En grop som är till för att plantera ett träd i
	Fleråriga växter som bildar lignin i stammar eller stjälkar, vilket gör de hårdare

Förkortningar

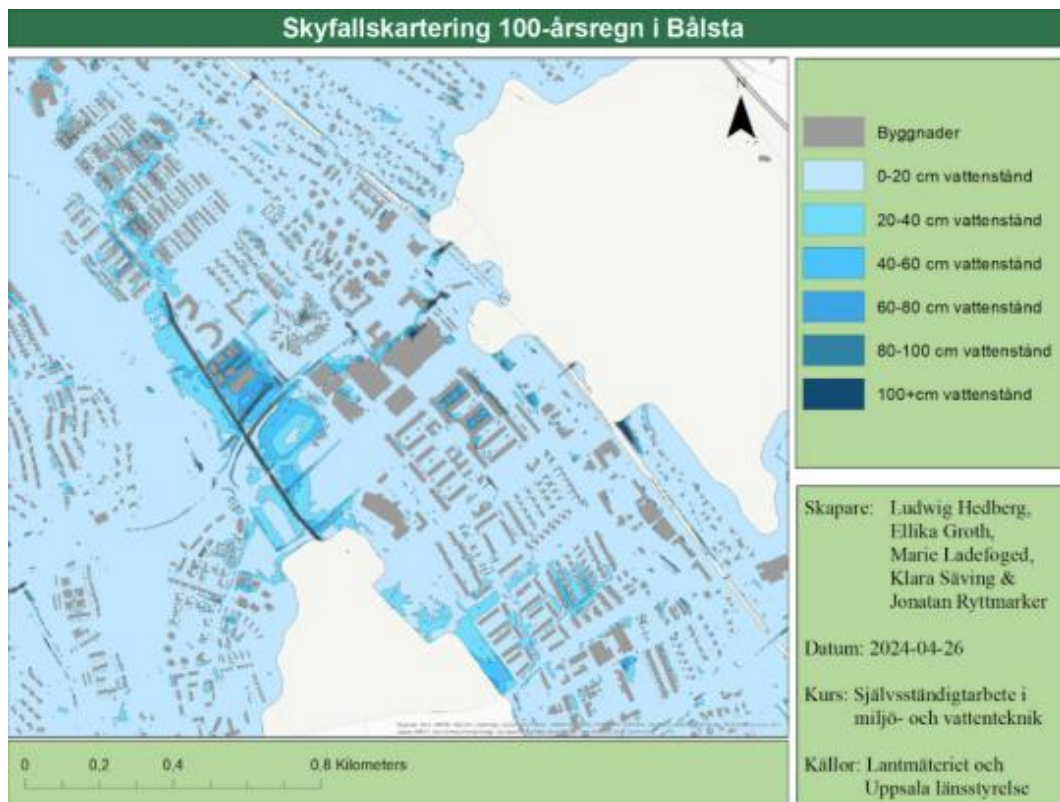
IPCC	The intergovernmental Panel on Climate Change
LAI	Lövarea index
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
SCB	Statistiska centralbyrån
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
SMHI	Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut

1. Inledning

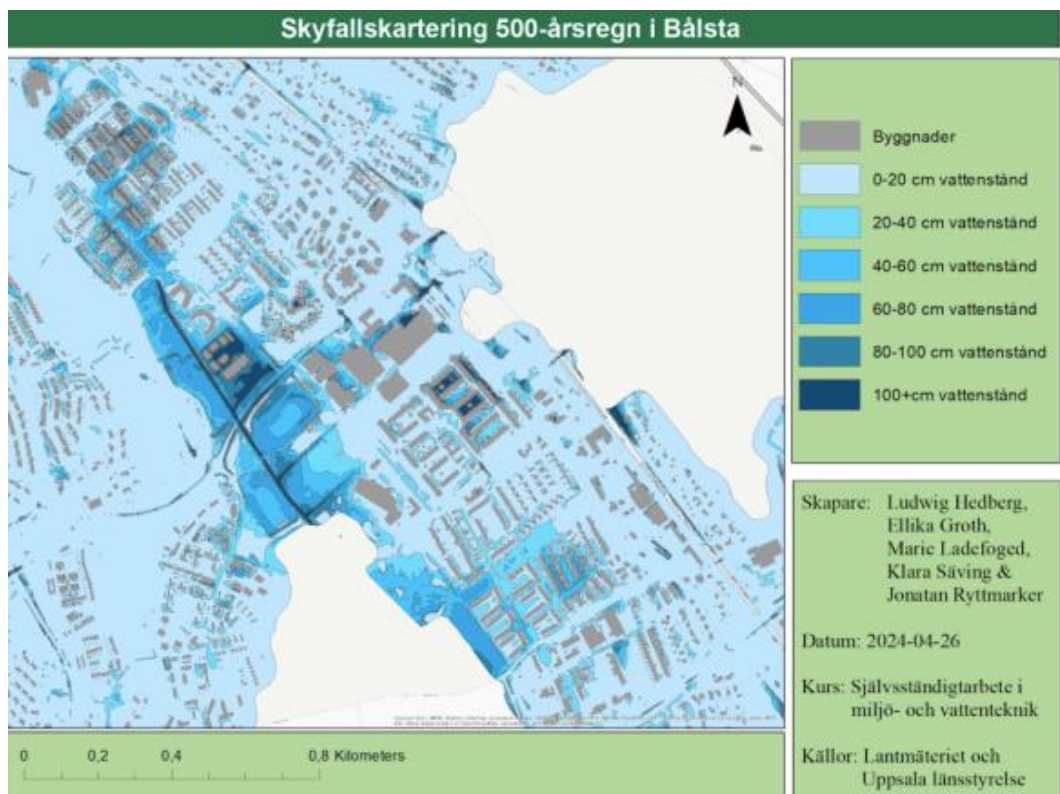
Vår planet Jorden står inför klimatförändringar på grund av människans utsläpp av växthusgaser, främst koldioxid. Klimatförändringarna kommer att leda till en rad olika väderrelaterade effekter, såsom ökad medeltemperatur på Jorden, högre havsnivåer och mer extremväder (IPCC, 2021). Även minskad biologisk mångfald är ett stort problem (Bergström et al. 2020). Här behöver samhället reagera med smarta och hållbara lösningar för att försöka lösa eller minimera skadorna av de olika problemen.

SMHI (u.å) skriver på sin hemsida i Skyfall och hagel att ett av de problem som samhället står inför är en ökad frekvens av så kallade skyfall som är en konsekvens av den pågående globala uppvärmningen. Det krävs åtgärder för att hantera denna enorma mängd regn som kommer under en kort och intensiv period. Håbo kommun, som ligger i Uppsala län, är en av de kommuner som kommer att ha problematik när så kallade 100 och 500-årsregn drabbar kommunen. 100- och 500-årsregn är när nederbördsmängd har en återkomsttid på 100 år, respektive 500 år för en viss varaktighet samt plats (SMHI, 2021). Enligt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2017), förkortat MSB, avger ett 100-årsregn under den mest intensiva halvtimmen 44 mm nederbörd under 30 minuter.

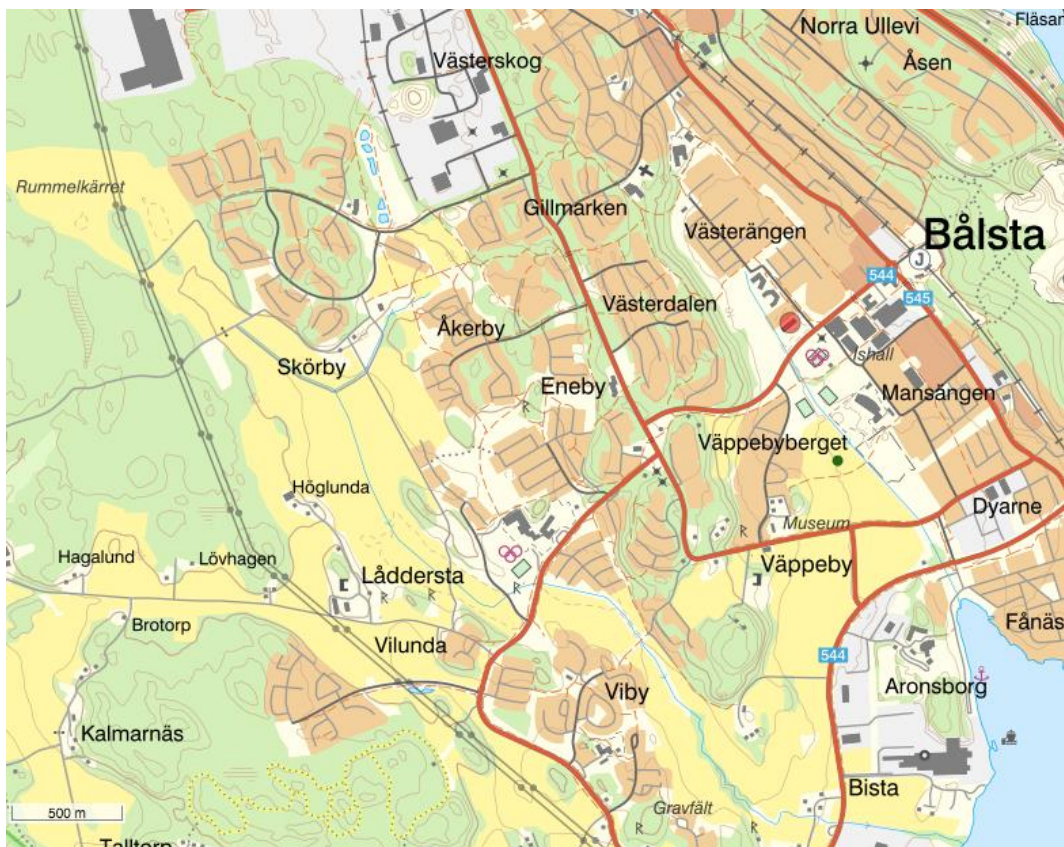
Den största problematiken i Håbo kommun när kommunen drabbas av 100- och 500-årsregn kommer att finnas hos tätorten Bålsta där stora delar av tätorten kommer att bli översvämmad. I Bålsta finns det ett område som kallas för Gröna dalen och enligt de skyfallskarteringar som Sweco, som är ett arkitektur- och teknikkonsults företag, tagit fram på uppdrag av länsstyrelsen i Uppsala län kommer denna del av tätorten vara en av de största delarna av tätorten som översvämmas (se figur 1-3). Den del av tätorten som kommer att drabbas absolut hårdast av skyfallen enligt skyfallskarteringen är Dalvägen och Kärlekens väg med omkringliggande vägar (se figur 1-2 och figur 4-5). När det faller 100- och 500-årsregn kommer det stående vattnet som skapar översvämningen bli som djupast vid kvarteren runt Kärlekens väg. Kärlekens väg i Bålsta ligger sydväst om Bålsta centralstation (se figur 4 och 5, där den röda pricken i figurerna visar adressen Kärlekens väg 1).



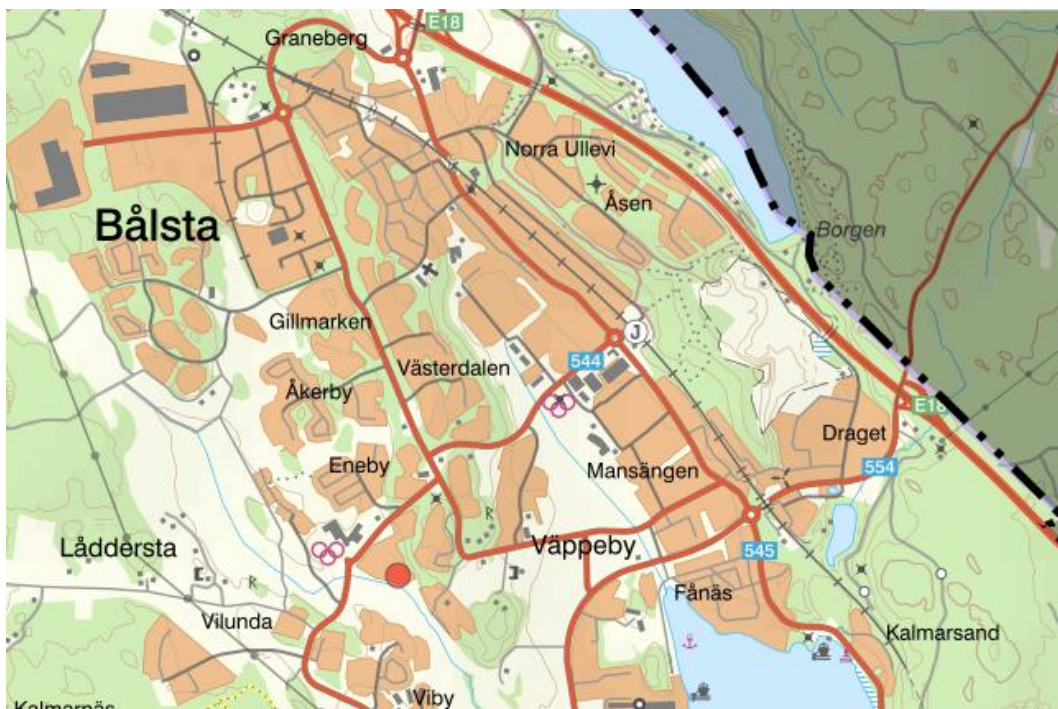
Figur 1. Skyfallskartering av 100-årsregn i tätorten Bålsta i Håbo kommun (Groth et al. 2024)



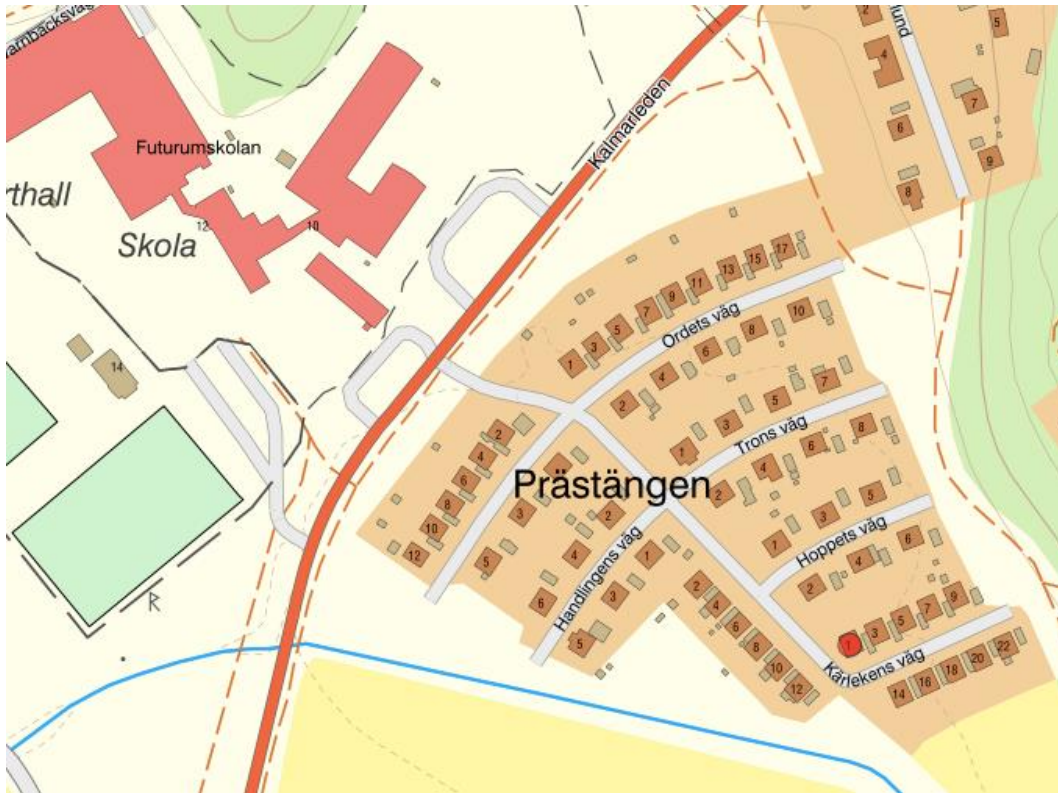
Figur 2. Skyfallskartering av 500-årsregn i tätorten Bålsta i Håbo kommun (Groth et al. 2024)



Figur 3. Bild över delar av tätorten Bålsta där den mörkgröna pricken visar Gröna dalen och den röda pricken visar Dalvägen 1 (Lantmäteriet u.å)



Figur 4. Figur 4. Bild över delar av tätorten Bålsta där den röda pricken visar adressen Kärlekens väg 1 (Lantmäteriet u.å)



Figur 5. Förstorad bild över Prästängan där Kärlekens väg ligger, Kärlekens väg 1 är utmarkerad som en röd punkt (Lantmäteriet u.å)

Sörensen (2019) skriver i sin vetenskapliga artikel att gröna ytor är ytor där det finns växtlighet, exempelvis träd eller gröna tak. Gröna ytor kan även vara ängsytor och brukgräsmattor (Tierps Energi & Miljö AB 2024). Det som menas med blåa ytor är ytor eller anläggningar som är kopplade till dagvattenhantering, med fokus på hydrologins egenskaper, där vikten inte är lika stor på växternas dagvattenhantering. Två exempel på blå ytor är dammar och diken (Södra Munksjön utvecklings AB 2021).

Gröna skyfallslösningar är sådana där man utnyttjar växtligheters vattenupptagningsförmåga för att underlätta dagvattenhanteringen. Gröna skyfallslösningar kan även bidra med friskare luft och mer estetik i stadsdelar.

Det finns olika sorters gröna skyfallslösningar att använda sig av. Det finns gröna tak som består av växtbäddar som implementeras på taken i tätorter för att fånga upp dagvatten, dessa består av olika sorters växter beroende på växtbäddarnas djup eftersom djupet avgör vilka sorters växter som trivs att växa på växtbäddarna. Det finns även blågröna tak som är en typ av blågrön lösning där man inte bara använder sig av växter utan även av en form av magasinering (se 3.3).

Ännu en grön lösning för skyfall är att plantera träd i stadsdelar, eventuellt där infiltrationen är som sämst eller där vatten har en tendens att ansamlas. Träd är bättre på att binda vatten än mindre växter på grund av sin volym, lövarea, krontak med mera (se 3.12).

Begreppet blågröna skyfallslösningar beskrivs som anläggningar som är konstruerade för att efterlikna naturen samt underlätta trycket på ledningsnätet. Det som blågröna lösningar bidrar med är en ökad avdunstning, infiltration, transpiration, magasinering och även ett långsammare vattenflöde, vilket är det som just bidrar med en avlastning på de befintliga ledningarna (Bengtsson et al. 2022).

Denna rapport kommer att fokusera på gröna och blågröna lösningar för pluviala översvämningar, där fokus kommer ligga på hur Håbo kommun kan implementera olika blågröna lösningar i tätorten Bålsta, främst i centrala Bålsta.

1.1 Syfte

Syftet med denna rapport är att undersöka hur tätorten Bålsta i Håbo kommun kan hantera olika sorters skyfall i form av 100 och 500-års regn. Rapporten kommer att utreda olika så kallade blågröna skyfallslösningar för just Håbo kommun, där rapporten kommer att fokusera på stadsdelen Bålsta som ligger i Håbo kommun. Rapporten kommer genom en litteraturstudie undersöka olika typer av skyfallslösningar, men där alla skyfallslösningar som undersöks involverar växtlighet på olika sätt. Därefter kommer rapporten genomföra en efterföljande analys som kommer att undersöka, med hjälp av den genomförda litteraturstudien, vilken eller vilka av dessa lösningar som är bäst för Bålsta. Fokus kommer att ligga på hur mycket vatten de olika undersökta lösningarna kan binda eller fördröja för att minimera skadorna på samhället som dessa skyfall kan åstadkomma. Rapporten kommer därmed inte att ta upp våtmarker, konstgjorda dammar eller andra liknande vattendrag. Detta på grund av att de inte kategoriseras in i rapportens avgränsningsområde, som är just blågröna lösningar, där fokus ligger på växters förmåga att binda och/eller fördröja vatten.

Rapporten kommer att diskutera var de olika lösningarna kan implementeras, för att göra störst nytta, för hela tätorten men med fokus på extremområdena vid Gröna dalen och för bostäderna vid samt runt om Kärlekens väg men även Dalvägen, så att inte dessa blir helt stående under vatten. Med andra ord kommer målet vara att fördröja regnvatten och förhindra eller i alla fall minimera översvämningssrisken vid ett 100- och 500-årsregn.

1.2 Frågeställning

Vilka blågröna skyfallslösningar är lämpliga att införa i centrala Bålsta och var ska lösningarna implementeras för att öka centrala Bålstas motståndskraft mot skyfall?

2. Metod

Denna rapport grundar sig i en litteraturstudie och ett studiebesök i Bålsta, Håbo kommun. Det innebär att material från olika texter (exempelvis rapporter och andras självständiga arbeten), intervjuer, hemsidor och platsbesök har gjorts för att dels kartlägga Håbo kommuns skyfallsproblematik, dels för att hitta information om hur man på bästa sätt skulle kunna implementera olika gröna samt blågröna skyfallslösningar i centrala Bålsta för att kunna hantera en del av Håbos kommuns skyfallsproblematik. För att hitta relevant information behövdes relevanta sökord (se 2.2) användas i olika databaser (se 2.1). Med hjälp av dessa sökord hittades det information om olika skyfallslösningar, relevanta siffror gällande vattenupptagningsförmåga hos olika växter och även information om hur man skulle kunna implementera vissa av dessa växter på plats, exempelvis på tak i centrala Bålsta eller vid vägkanter, längs rullstensåsen Bålstaåsen som går strax nordöst om Bålsta eller precis öster om Våppebyberget, innan Gröna dalen.

Det behövdes även hämtas information om huruvida växter (främst träd) som tagits upp i rapporten klassas som invasiva eller inte. Enligt Rosander Sjöberg (2024) planterar inte Håbo kommun några invasiva arter och Håbo kommun arbetar också aktivt för att bekämpa invasiva arter (Rosander Sjöberg 2024).

Platsbesöket i Håbo kommun bestod av information om kommunen som gavs från Clara Rosander Sjöberg som var hållbarhetsstrateg i kommunen under år 2024. Efter informationen som tilldelades i kommunhuset som ligger beläget i tätorten Bålsta gavs det ut på en rundvandring runt i Bålstas tätort. Där visades olika delar av tätorten, rullstensåsen som är belägen nordöst om Bålsta visades upp, området Gröna dalen besöktes där den problematik som området står inför när det kommer till skyfall presenterades och fotografier av tätorten togs för att göra bedömning av området.

2.1 Databaser

De databaser som användes för att hitta information var Google, Google Scholar och Web of Science.

2.2 Sökord

De sökord som användes i databaserna som presenterades i 3.1 för att hitta information var "Gröna skyfallslösningar", "gröna lösningar", "ginkgo biloba vattenupptagningsförmåga", "ginkgo biloba", "Catalpa bignonioides 'Nana'", "grass best water uptake", "best water uptake trees", "träd som är bäst för skyfall", "tree Species Suitability to Bioswales and Impact on the Urban Water Budget", "downpour solutions", "green downpour solutions", "ginkgo and water holding", "träds vattenhållande kapacitet", "ginkgo biloba AND water capacity NOT leaves NOT hot NOT extracting NOT metal", "skyfall", "Ginkgo biloba and downpour", "klimatanpassning med biofilter", "skyfall Håbo", "Håbo skyfallskartering", "interception växt", "blåytor", "vad är blåytor", "gröna ytor", "Håbo kommun", "länsstyrelse uppdrag skyfallskartering", "Bålsta rullstensås", "Håbo kommun skyfallskartering", "Bålsta skyfallskartering", "minskad biologisk mångfald klimatförändringar", "klimatförändringar och biologisk mångfald", "last ipcc report", "skyfall på grund av uppvärmning", "ökad frekvens skyfall varmare klimat" och "downpours warmer climate".

3. Litteraturstudie

3.1 Skyfall och översvämningar

SMHI:s definition av vad som räknas som ett skyfall är när det minst kommer 50 mm nederbörd på en timme eller minst 1 mm nederbörd under en minut (SMHI 2011). Vid ett kraftigt skyfall kan det komma 1 mm/min upp till 5 mm/min nederbörd. Skyfall är också vanligast under sommaren (Pettersson Skog et al. 2021). Det finns olika sorters översvämningar vilka är fluviala översvämningar, pluviala översvämningar och kustöversvämningar (SMHI 2021). Denna rapport kommer dock att fokusera på det som kallas för pluviala översvämningar skapade av skyfall.

Kraftigt regn under kort tid kan orsaka översvämningar, oftast i tätorter eftersom där finns det stora hårdgjorda ytor som hindrar vattnet från att infiltrera ner i marken (SMHI 2021). Att vattnet inte kan infiltrera ner i marken kan leda till vattensamlingar, dagvattenledningar som blir överfyllda, små vattendrag som översvämmas och även översvämning av källare samt vägar. Två exempel på när stora regnmassor har orsakat skador i Sverige är det regnoväder som drabbade Malmö under augusti 2014 och det som drabbade Gävle också under augusti månad men år 2021. I framtiden väntas dessa typer av översvämningar och skyfall blir vanligare vilket gör att tätorter behöver anpassa sig till dessa förändringar av vårt klimat (SMHI 2021).

Ytavrinning är den hydrologiska process som är styrande vid översvämningar. Markens mättnad vid nederbörd under lång tid påverkar översvämningsgraden. Om marken redan är mättad, på grund av att det fallit nederbörd under längre tid, och om det efter denna nederbörd (som pågått länge), faller ytterligare kraftig nederbörd så kommer översvämningsgraden bli större, detta eftersom marken redan kan vara mättad på grund av den längre nederbördsperioden. Infiltrationshastigheten genom olika sorters ytor i tätorter förändras också med tiden (Sörensen 2019). Redfern et al. (2016) skriver i sin rapport att infiltrationshastigheten förändras på vintern då marken fryser vilket utvidgar porerna i marken vilket gör att infiltrationshastigheten ökar och på sådana sätt förändras infiltrationshastigheten med tiden.

Det finns olika faktorer som påverkar utfallet av pluviala översvämningar vilket exempelvis kan vara samhällets sårbarhet. Ökad förekomst av hårdgjorda ytor

påverkar även den pluviala översvämningen genom en förstärkande effekt. Pluviala översvämningar sker på grund av ett regn som är högintensivt där varaktigheten vanligtvis är relativt kort. Samhället har redan olika sätt att ta hand om dagvatten på ett hållbart sätt. Ett exempel på detta är LOD, vilket står för lokalt omhändertagande av dagvatten (Sörensen 2019). Detta är något som redan finns implementerat i Bålsta enligt en intervju som gjordes med Clara Rosander Sjöberg (2024) som under 2024 arbetade som hållbarhetsstrateg åt Håbo kommun. Enligt den skyfallskartering som Håbo kommun har fått är dock dessa befintliga lösningar som LOD inte tillräckligt effektiva för att ta hand om 100- och 500-årsregn (se 1. Inledning).

3.2 Håbo kommun

Håbo kommun är en kommun som ligger i Uppsala län. Håbos tätort Bålsta har ett avstånd från Stockholm, Västerås och Uppsala på cirka 5 mil men ligger bara cirka 3 mil ifrån Arlanda och Enköping. Detta gör att Bålsta ligger ganska centralt nära till flera olika större städer (Håbo kommun 2019). 31 december 2023 hade Håbo kommun en befolkningsmängd på 22973 stycken personer, vilket var en ökning med 209 personer jämfört med 31 december 2022 (SCB 2024). Bålsta är Håbo kommuns centralort där majoriteten av befolkningen i Håbo kommun bor. Kommunen har en landareal på 143,5 kvadratkilometer (Håbo kommun 2019).

Länsstyrelsen i Uppsala län har en uppgift att samordna länets arbete med klimatanpassning. De tar fram underlag och analyserar hur Uppsala län påverkas av framtida klimatförändringar. De stöttar även kommunerna, regionala aktörer och även näringslivet när det kommer till klimatanpassning och arbetet kring det. I denna klimatanpassning ingår det även skyfallskarteringar över hur 51 orter i Uppsala län kan påverkas av ett skyfall som motsvarar ett 100- och 500-årsregn (Hedenqvist u.å.).

En länstäckande skyfallskartering som beskriver hur Uppsala län skulle påverkas av ett 100- och 500-års regn har tagits fram av Sweco på uppdrag av Länsstyrelsen (Rosander Sjöberg 2024). I denna visas det på stor problematik för Håbo kommun, inte minst vid centrala Bålsta om dessa regnoväder skulle drabba stadsdelen. Skyfallskarteringen visar hur områden vid namn Gröna dalen, Dalvägen och Kärlekens väg i Bålsta skulle bli helt översvämmat (se figur 1-3). Under ett besök som gjordes i stadsdelen Bålsta (se 2.1) så observerades det att stadsdelen har många hårda ytor i form av parkeringar, trottoarer, asfalterade vägar och dylikt. Det fanns även en konstgräsplan som var belägen i Gröna dalen samt en mindre del av en trottoarkant hade en konstgräsmatta på sig samtidigt som det hade ett träd planterat på sig. Enligt Johansson (2019) finns det forskare som ser att konstgräsmattor och andra ytor med konstgräs på sig släpper ut olika kemikalier, mikroplaster och även mer koldioxid än i jämförelsevis vanligt gräs. Konstgräs sakna även helt biologiska värden och saknar även ekosystemtjänster (Johansson 2019).

Sörensen (2019) lyfter vikten av genomsläpplig beläggning hos exempelvis trottoarer men även parkeringar eftersom detta ger en ökad infiltration genom jorden.

3.3 Olika skyfallslösningar

Gröna ytor minskar andelen av hårdgjorda ytor, möjliggör infiltration, lagrar regnvatten och fördröjer avrinningen. Enligt Sörensen (2019) leder en fördröjd avrinning till en ökad evapotranspiration från ytorna. Den vetenskapliga artikeln handlar om en studie och i artikeln nämns trädens positiva funktioner som dagvattenhanterare och att trädkronan minskar mängden regn som når marken samtidigt som trädgroparna ökar infiltrationen. Sörensen (2019) tar upp att elementen i en blågrön infrastruktur är en naturbaserad lösning och att denna efterliknar den naturliga process som hanterar vattenmassor. Vidare poängteras att en blågrön infrastruktur också är fördelaktig rent ekonomiskt när olika ekosystemtjänster inkluderas, exempelvis översvämningsskydd och klimatreglering. Det presenteras också en annan studie i den vetenskapliga artikeln som visar att det inte heller alltid behöver anläggas nya grönområden för att implementera denna blågröna infrastruktur i bebyggelse. Dock kom Sörensen (2019) fram till att en storskalig implementering av blågrön infrastruktur är i allmänhet lättast och billigast om den sker utanför stadskärnan. Sörensen (2019) använder sig av begreppet blågrön infrastruktur och inte enbart grön infrastruktur på grund av att blågrön infrastruktur lägger mer vikt inom både hydrologin och vegetationen, samt samspelen mellan dessa.

Man kan också kombinera gröna lösningar med så kallade blå lösningar (se 3.8). Om man förnyar ens dagvattensystem med en blågrön infrastruktur så kan man minska risken för översvämningar så länge det nya systemet gör så att man kan få en kontrollerad översvämning. Exempel på sådana system är fördröjningsdammar och konkava grönområden (Sörensen 2019). Fler exempel på blågröna lösningar är också gröna väggar och upphöjda regnbäddar (Malm och Hasselmark Mason 2023).

3.4 Gröna tak

Begreppet gröna tak i denna rapport kommer att användas på samma sätt som Pettersson Skog et al. (2021) använder sig av i deras handbok för gröna tak. Där skriver de att gröna tak är en överbyggnad som är till för vegetation på bjälklagen. Överbyggnaden i sin tur är alla lager och installationer ovanpå tätskiktet.

Gröna tak påverkar inte enbart dagvattenhanteringen utan bidrar med flera andra ekosystemtjänster såsom att förbättra städers luftkvalité, minska buller, öka biologisk mångfald, motverka förhöjda temperaturer i städer, öka närhet till grönytor och bidra med estetik. Ju djupare en växtbädd är för de gröna taken desto

högre potential blir det för fördröjning och rening av dagvatten (Farquharson och Pettersson Skog 2021).

Pettersson Skog et al. (2021) skriver att det finns olika sorters gröna tak som städer kan använda sig av. Det finns sedumtak, sedum-örttak, ängstak och biotoptak. Det som skiljer dessa från varandra är vilka växter som kan växa på dessa olika tak där de olika växtbäddens djup är olika stora eftersom de är anpassade efter de specifika växterna. De olika växterna har olika funktionalitet där vissa tål torka bättre än andra och vissa andra är bättre på att fånga upp vatten (Pettersson Skog et al. 2021).

Den större del av vattnet som vegetationen på gröna tak konsumerar går åt till växternas transpiration. En del av detta vatten avdunstar direkt från bladen men även från markytan och enbart en mindre del av vattnet går åt till fotosyntesen hos växterna. Dessa vattentransporter har ett gemensamt begrepp vilket är evapotranspiration. Denna styrs av luftfuktigheten som beror på temperaturen, vindförhållanden och nederbörden. Det största vattenbehovet finner vi hos gräsmattor. Gräs brukar i genomsnitt förbruka ungefär 3 mm vatten per dag under deras vegetationssäsong. Träd och buskar däremot är mer torktåliga, de klarar sig med 20-30% mindre vatten. Dock så kan träd förbruka mellan 10 och 1000 liter vatten per dag. Vattenbehovet hos växterna är kopplat till deras tillväxt men också utseende (Pettersson Skog et al. 2021).

3.5 Sedum- och sedumörttak

Sedumtak är anpassade för att torktåliga växter ska kunna växa såsom torktåliga mossor och suckulenter. De släkterna som dominerar dessa typer av tak är *Phedimus* (fetbladssläktet) och *Sedum* (fetknoppssläktet). Substratet på dessa växtbäddar för denna typ av tak är av tjocklekarna 30-80 mm vilket gör så att vegetationen för denna typ av tak blir lågväxande. Substratet får dock inte vara tunnare än 30 mm eftersom då överlever inte ens sedumsläktet på växtbäddarna. När växtbäddarna är 30 mm tjocka och när det går en längre period kommer dock olika mosstyper att vara en betydande del av växterna som växer på växtbädden, eftersom blomningen av kärlväxterna kommer vara begränsad under torrare perioder. Mossorna kommer även att dominera dessa växtbäddar om växtbäddarna är utlakade på näringsämnen och finpartiklar, detta på eftersom mossor fixerar kväve från luften vilket gör att de kan överleva i väldigt näringsfattiga miljöer. Det positiva med mossor är att de är lätta till vikten, vintergröna och extremt torktåliga. De bidrar även till vattenupptagning. Dock måste man ha i beaktning att om mossan dominerar hela taket kan det vara något fel på uppbyggnaden, eller så behövs ytterligare skötsel för att få in kärlväxterna i växtbädden (Pettersson Skog et al. 2021).

Det som skiljer sedumtak från sedum-örttak är att på sedum-örttak är växtbäddarna bättre anpassade efter en vegetation för suckulenter, lökväxter och några torktåliga örter. Dessa växtbäddar har ett substratdjup på minst 80 mm. Blomningssäsongen kan vara längre på dessa typer av tak och vegetationen blir

mer frodig. Örterna kan dock få ett litet övertag om det är god vattentillgång eller om det är mycket skugga över växtbäddarna. Sedumarterna får dock ett övertag på de torra delarna av växtbäddarna. Vissa grässorter kan dock också växa på dessa tak, främst genom spontan etablering (Pettersson Skog et al. 2021).

3.6 Ängstak

Vid ängstaken så är substratdjupet på växtbäddarna 100 mm djupa. Vilka växter som trivs på dessa växtbäddar beror på vilket substratdjup som finns och hur god den vattenhållande kapaciteten för växtbäddarna är. Dessa typer av tak är till för att gynna ängs- eller stäppartad karaktär med sådana ängs- eller stäppväxter som är relativt torktåliga, så kallade torrängsväxter. Ibland täcks inte bäddarna helt med ängsvegetation men då kan man komplettera detta med olika marktäckare som tål torka bättre än ängs- och stäpparterna såsom olika typer av sedumväxter. Även olika gräsarter och vissa vedartade perenner kan växa på dessa växtbäddar. Vill man ha arter med djupa rötter och som gör ytorna mer robusta behövs ett substratdjup på minst 150 mm för att främja dessa arter. Även motståndskraften mot torka hos växterna ökar med detta substratdjup. Gräs kräver också ett djupare substratlager och god vattenhållande förmåga. Risken är dock att gräsarter kan tränga bort örterna vid mer gynnsamma förhållanden, dock är tuvbildande gräs mer lämplig än mattbildande gräs om man vill undvika denna problematik. Om man är ute efter en mer estetisk karaktär på taken kan man kombinera torrängsblommor med örtartade perenner där de kan bidra med lång blomning samt trivs i torrare miljöer. Dock måste man vara beredd på att perenna arter först behöver ett bra rotsystem innan de börjar blomma vilket gör att en blomning under första året uteblir (Pettersson Skog et al. 2021). Gällande växter så presenterar Collet, Frochot och Guehl (1996) i sin vetenskapliga artikel att *Deschampsia* (tåtelsläktet) utvecklar djupare rötter än *Agrostis* (vensläktet). *Deschampsia* hade en högre rotförlängningshastighet än *Agrostis* men det var bara fram till början av april för efter april blev hastigheten långsammare hos *Deschampsia* medan hastigheten fortsatte att öka hos *Agrostis*. *Agrostis* hade också fler utskott och blad jämfört med *Deschampsia* under sommaren. När man vattnade de olika växterna så återhämtade sig *Agrostis* bättre än *Deschampsia* (Collet, Frochot och Guehl 1996).

3.7 Biotoptak

Sista typen av gröna tak är så kallade biotoptak. Här eftersträvas det att takens växtlighet ska efterlikna en specifik biotop. Stor biologisk mångfald för flora och fauna är något dessa tak är tänkt att ha. Biotopen som man försöker efterlikna på dessa tak är oftast en biotop som redan finns i närområdet eller i den naturgeografiska regionen. Substratdjupet blir olika beroende på vilket vegetationsval som väljs. Om man har ett substratdjup på 100-200 mm på dessa tak krävs det en extensiv skötselnivå. Om man vill ha vedartade perenner eller

buskvegetation kan man alltid göra substratdjupet djupare. Om substratdjupet är 100 mm eller mindre så visar erfarenheter från Malmö att det är svårt att få ängskaraktär på taken. För att få ett bra biotoptak med stor variation av växter är det bra att ha olika djup på olika ställen på taken, om man vill ha en specifik design av taken krävs det dock mycket skötsel för att upprätthålla designen (Pettersson Skog et al. 2021).

3.8 Gröna taks uppbyggnad

Dessa gröna tak som tagits upp, förutom sedummattor, kan även minska behovet av luftkonditionering i varma klimat (Farquharson och Pettersson Skog 2021). Det är också viktigt att de gröna taken inte läcker vatten under den tid som anläggningen är i gång eftersom läckage kan bli dyrt att reparera. De olika växtbäddarna man kan använda sig av är anpassade efter vilken typ av vegetation som ska trivas där med olika substratdjup (se tabell 1) (Pettersson Skog et al. 2021).

Tabell 1. Växtbäddars vikt (Pettersson Skog et al. 2021)

Vegetation	Substratdjup (mm)	Substratvikt (kg/m ²)	Vegetationsvikt (kg/m ²)	Total last (kN/m ²)
Sedum/mossa	30-80	40-160	10	0,5-1,7
Sedum/ört	80-120	80-240	10	0,9-2,5
Ängsväxter, perenner	120-350	120-700	5-15	1,3-7,3
Mindre buskar och perenner	300-600	300-1200	20-30	3,2-12,3
Stora buskar och mindre träd	600-1500	600-3000	40-60	6,4-30,6
Större träd	1000-2000	1000-4000	150	10,2-40,2

Avrinningshastigheten, dräneringshastigheten och avvattningslösningarna som finns på anläggningen påverkar vilken mängd vatten som kan magasineras både i substraten men också på växtytorna. Skyfall kan göra så att det blir vattenmängder som substraten inte helt kan hantera och det kan i sin tur påverka en kort lastökning på taken som inte hänsynstas i Tabell 1. Fler faktorer som påverkar intensiteten på lasten är substratets fördröjningsförmåga (vid dränering) men även nederbördens varaktighet. Lastens storlek behöver bedömas utifrån mm regn/tidsenhet men också efter dräneringskapaciteten. Skyfall kommer oftast under sommaren (se 3.1) vilket gör att det däremot inte behöver ta hänsyn till maximal snölast på vinterhalvåret (Pettersson Skog et al. 2021). Enligt Pettersson Skog et al. (2021) är ett lämpligt utgångsvärde, för en lastnivå som är karaktäristisk, ett 50-årsvärde.

3.9 Blågröna tak

Problematiken med vanliga gröna tak är att de är begränsade gällande att minska avrinningen av dagvatten efter större regnmassor. Detta beror på att helt gröna tak är beroende av växters evaporation för att hantera vattnet, med andra ord beroende av växters tillväxt för att kunna hantera större regnmassor eftersom tillväxten är långsam tar det längre tid för jorden att torka upp och kunna ta emot nya regnskurar. Helt gröna tak är också väldigt beroende av vädret för att kunna hantera regnmassor, där temperatur, luftfuktighet och vind spelar stor roll för hur mycket regnmassor som taken kan ta hand om. Ytterligare ett problem med gröna tak är att växtbäddarna kan torka ut om det är varmt under längre perioder och även stora glaspartier kan öka uttorkningen genom reflex av solljuset. Detta kan även påverka sedum-taken negativt trots att denna typ av vegetation är torktåligt (Pettersson Skog et al. 2021). Enligt Pettersson Skog et al (2021) så visade Zölch et al. (2017) att avrinningen av den totala nederbörden för händelser med 2 men även 5-års återkomsttid bara minskade med cirka 20% i ett område där alla tak var gröna. En lösning på att gröna tak i sig själva inte är särskilt effektiva är att blanda in en så kallad blå lösning i dessa, vilket innebär att man får en blågrön lösning på skyfallsproblematiken. Det som Pettersson Skog et al. (2021) föreslår är att installera någon typ av vattenmagasin under växtbäddarna på taken. Dessa vattenmagasin hjälper till att fördröja dagvattnets väg till marken och vissa av de kombinerar både fördröjning och även bevattning av växterna på växtbäddarna. Magasinen består av plastkassetter med en dräneringsmatta eller platta som är själva magasinet mellan växtbädden och tätskiktet. Magasinen har som uppgift att fånga upp vattenmassor som passerat växtbäddarna (genom dränering) och leda iväg vattnet. Det görs genom att de töms passivt eller aktivt eller transportera upp en del av vattnet tillbaka till växtbäddarna igen för bevattningsändamål. Denna typ av blågrön lösning möjliggör tömning hos de olika magasinen vilket gör de blågröna taken redo för nya regnoväder igen. Genom att implementera en blågrön lösning med magasin som kan transportera vatten upp till växtbäddarna igen minskar denna uttorkningsrisk (Pettersson Skog et al. 2021).

Pettersson Skog et al. (2021) lyfter att erfarenheter från gamla projekt om gröna tak visar att man inte kan förlita sig på att betongbjälklaget är vattentätt. Man ska inte betrakta betongen som vattentät och man ska inte heller förvänta sig att betongen kommer att fungera som ett rotskydd. Man kan ha skyddsbetong vilket ger skydd mot nötning av rötter men det hindrar dock inte rötter att på sikt tränga igenom och eventuellt skada tätskiktet som ligger under betongen (Pettersson Skog et al. 2021).

3.10 Avvattningssystem hos blågröna tak

Ännu en viktig aspekt avseende blågröna tak är möjligheten till avvattningssystem i dessa anläggningar. Det är viktigt med dessa system eftersom stående vatten påverkar vegetationen negativt, väger mycket, ökar risken för erosion och kan bidra med läckage från växtbäddarna. För att få en god avvattning är det viktigt

med planerade avvattningsvägar och lågpunkter. Dessa ska också vara dimensionerade på rätt sätt. Om taken är veckade ska avvattningsbrunnar installeras i lågpunkterna och kopplas till husets VA-system. Även takbrunnarna måste skyddas från igenväxning genom att exempelvis ha en vegetationsfri zon mellan växtbäddarna och takbrunnarna. Takbrunnar som har en inspektionskammare och hängerännor ska också kontrolleras samt vara fria från vegetation och växtdelar. De ska hållas rena och rensade. Om det uppstår stopp i en brunn så ska vattnet kunna rinna till en annan brunn så att inte stora vattensamlingar skapas på bjälklaget, det ska utformas rännदार som hindrar stora vattensamlingar att bildas. Gällande vattenavrinning så ska bjälklagen ha en tillräcklig lutning. Man kan fixa detta genom att ha en platsgjutning eller att man monterar betongelement med lutning. Ett alternativ skulle kunna vara att med hjälp av isolering eller justering med betong eller gjutasfalt skapa ett fall. Ett fall på minst 2% (1:60) gör så man säkrast uppnår en god vattenavrinning (Pettersson Skog et al. 2021).

För att öka den vattenhållande förmågan hos växtbäddarna, som saknar en kapillär kontakt med grundvattnet, behöver man tillsatsmaterial med interna porer, vilket innebär material med hålrum i sig självt där vattenmolekyler kan samlas och på sådant vis bidra med kapillär stigning. Hur mycket vatten som kan hållas kvar i substratet och växtytorna beror på dräneringshastigheten och avrinningshastigheten i växtbäddarna. Det bör alltid finnas två avvattningsanordningar på varje yta (Pettersson Skog et al. 2021).

3.11 Fördröjning och magasinering hos blågröna tak

Det som menas med fördröjande kapacitet är att regnfallen fördröjs under en viss tidsintervall. Tiden för att tömma ett fördröjningsmagasin bör vara mellan två till tolv timmar där magasinet oftast töms genom ett strypt utflöde vilket tömmer det långsamt. Vattnet kan exempelvis tömmas genom brunnar som är till för takavvattning eller andra takavvattningskonstruktioner som leder vattnet vidare till exempelvis ett dagvattensystem (Pettersson Skog et al. 2021).

Det finns även ett magasin som kallas för bevattningsmagasin vilket håller kvar vatten i ett hålrum eller så hålls vattnet kvar kapillärt, där är tömningsmekanismen evapotranspiration. För att komplettera växtbäddens vattenmagasin kan man använda sig av ett fukthållande lager. Deras syfte är för det mesta att bidra till ett bevattningsmagasin som är till för vegetationen. Det finns exempel på material som kan användas som fukthållande lager och några sådana material är fukthållande filt av en syntetiskt textil, biokol, stenull eller ett lager extra av substratet man använder sig av. Det finns dock viss begränsning hur tjockt ett fukthållande lager kan vara för att tillgodose avvattningen under skyfall. Man kan kombinera ett fördröjande magasin med ett magasin som exempelvis ett bevattningsmagasin där det vanligaste är att magasinet bara uppfyller ett av de olika behoven, alltså antingen är ett fördröjningsmagasin eller är ett bevattningsmagasin (Pettersson Skog et al. 2021).

Vidare skriver Pettersson Skog et al. (2021) att dräneringsmattor också kan installeras vilka uppfyller en magasinering och temporär dagvattenfördröjning. Dessa dräneringsmattor har olika utseende. Dräneringsmattor på omkring 20 mm har vanligtvis en äggkoppsliknande utformning där vattnet samlas upp i mattans koppar. Har mattorna större bygghöjd än 30 mm kan de utformas med flera funktioner. Vissa har funktionen att först fyllas upp för att sedan släppa ut en del av vattnet genom strypta utflöden vilket sker långsamt. Det finns även meanderfunktioner där vatten vandrar över mattan med långsam hastighet. Dräneringsmattor som ska bidra med ett vattenmagasin bör utformas så att de fördelar regnvattnet jämnt över mattan. Dräneringsmattor/plattor kan kombineras med en avvattningsbrunn som har ett utflöde som är strypt, om de är omkring 60 mm höga. Man kan också anlägga blågröna tak med ett lager av material som är poröst såsom tegelkross eller pimpsten om det är grov fraktion av pimpsten där dessa material monteras ner under växtbädden istället för att ha plastkassetter eller dräneringsplattor. För att förhindra transport av material från växtbädden till det porösa lagret använder man sig av ett materialseparerande lager. Om man kan skapa en kapillär kontakt mellan underliggande porösa lagret och växtbädden genom material som har interna porer som just pimpsten eller tegelkross så vore detta att föredra. Om det inte är möjligt skulle man kunna skapa kapillära kontakter åt sidan istället, som ligger mot hela växtbäddsmaterialet i hela höjden av växtbädden, för att på sådant sätt kunna valla in i vattenmagasinet. Även en del av det invallade vattnet kan blottas vilket skapar öppna vattenytor. Dock ska det tilläggas att om man har med porösa material i blågröna tak så kommer magasinvolymen per mm takhöjd att minska, än om man skulle använda sig av ett blågrönt tak med plastkassetter, vill man kompensera för detta kan man öka bygghöjden. Om man ska valla in ett område bör man också göra så det blir möjligt att tömma det, särskilt på hösten och vintern, annars finns det en risk för frostsprängning. Frostsprängning är också något som alla blågröna tak bör vara rustade för, genom att exempelvis tömma ut vattnet ur magasinen (Pettersson Skog et al. 2021).

Magasinen kan också ha en hel eller delvis tömning genom ett strypt utlopp. Vissa system har fjärrstyrd tömning som också kan fungera som underbevattning, främst under en torrperiod, där det sker i kombination med en vattenpost. Vid fjärrstyrd tömning anpassas tömningstiden och omfattningen efter vilken nederbördsprognos som finns. Vill man öka magasinvolymen kan man placera de under hårdgjorda ytor (Pettersson Skog et al. 2021).

Blågröna tak förutsätter dock att taket de implementeras på har en låg lutning samt en viss invallning som fungerar som tätskikt runt den yta som är avsedd för magasinering. Att valla in en del av takytan genom att sätta dit ett tätskikt är också en möjlighet. Tätskiktet ska sättas så att magasinet avgränsas. Man bör också i sådana fall installera ett dränerande lager mellan de dubbla tätskikten, eftersom det skulle säkerställa bjälklagets avvattning. Detta gör, tack vare att vattenmagasinet blir separerat, att man kan installera blågröna tak på inverterade tak. Dock får inte de separat invallade områdena täcka över de brunnar som är till

för takavvattning. Dessa blågröna tak bör även ha kapillär stigning från magasinen till växtbäddarna (Pettersson Skog et al. 2021).

Balansen mellan den vattenhållande förmågan och dräneringen är lättast att uppnå på platta tak, om substratets tjocklek är rätt anpassat till den önskade vegetationen och lokalklimatet (Pettersson Skog et al. 2021).

Olika typer av substrat magasinerar vatten olika bra (Pettersson Skog et al. 2021). Däremot är allt vatten som finns i växtbäddarna inte växttillgängligt eftersom en del av vattnet är bundet till substratpartiklarna på olika sätt (Simonsson 2023). Därför är det också relevant att titta på det växttillgängliga vattnet som finns i marken. Tabell 2 visar värden från Pettersson Skog et al. (2021) där de beräknade vattenmagasin i växtbäddar när det rådde dräneringsjämvikt, med både olika substrat men även olika avstånd till dräneringen vilket är det som är substratdjupet i detta fall (Pettersson Skog et al. 2021).

Tabell 2. Växttillgängligt vatten hos substrat (enhet mm)

Substrattyp	Växttillgängligt vatten vid Substratdjup 100 mm	Växttillgängligt vatten vid Substratdjup 500 mm
Lerig sand	40	170
Siltig sand-Sand	30	120
Mellanlera	30	110
Jord av ren pimpsten	40	190
Sandblandad pimpsten	40	170
Organiskt material blandat med sand och pimpsten	60	250

3.12 Växtbäddars utformning

Pettersson Skog et al. (2021) presenterar olika förslag på hur växtbäddarna ska utformas. De presenterar 12 olika sorters växtbäddar som kan användas när man installerar blågröna tak på byggnader. De presenterar olika växtbäddar med fukt- och vattenhållande lager, växtbäddar med dräneringsmattor, växtbäddar med kassetter och växtbäddar med backsystem. Tabellerna 3-6 kommer att presentera de olika sätten som Pettersson Skog et al. (2021) presenterar i sin handbok för gröna tak. Symbolerna X i tabellerna 3-6 innebär att data saknas. Bilder på de olika lösningarna som presenteras i tabell 3-6 finns i Pettersson Skog et al. (2021) handbok vid deras tabeller 12-15.

Tabell 3. Växtbäddar med lager av fukt- och vattenhållande material under

Beskrivning	Växtbädd med fukthållande material i botten, exempelvis biokol och pimpsten, som skapar ett tunt fukthållande lager	Växtbädd med mineralull i botten som skapar ett fukt- och vattenhållande lager	Växtbädd med ett lager av geoceller som är fyllda med substrat i botten vilket skapar ett fukt- och vattenhållande lager.
Montering	Monteras på dräneringslagret, direkt på tätskiktet eller på en eventuell rotspärr	Monteras på dräneringslagret, direkt på tätskiktet eller på en eventuell rotspärr	Monteras på ett fukthållande lager, kan även monteras på ett skyddande lager (eller en kombination av båda)
Bygghöjd exklusive växtbädd (mm)	10-20	40	50
Funktion	Bevattning	Bevattning	Bevattning samt fördröjning
Fördröjande kapacitet (l/m²)	0	0	10-15
Vattenhållande kapacitet (l/m²)	10 (+-5)	25 (+- 10)	10 (+-5)
Tömningsmekanism	Evapotranspiration	Evapotranspiration	Dränering och evapotranspiration
Tömningstid (timmar)	X	X	X

Tabell 4. Växtbäddar med dräneringsmatta eller dräneringsplatta under

Beskrivning	Växtbädd med dräneringsmatta i botten som håller kvar vattnet och fördelar det över hela mattan	Växtbädd med en dräneringsmatta eller dräneringsplatta i botten som är vattenhållande och som har en extra magasinerad vattenvolym	Växtbädd med en vattenhållande och fördröjande matta eller platta i botten som har två magasin, ett för bevattning och ett för fördröjning, där vattnet hamnar först i ena magasinet för att sedan vandra till det andra som är under det första.
Montering	Monteras på ett skyddande lager, direkt på ett tätskikt eller på en eventuell rotspärr	Monteras på ett skyddande lager, direkt på tätskiktet eller en eventuell rotspärr.	Monteras på skyddande lager, direkt på tätskikt eller på en eventuell rotspärr och används framförallt på låglutande tak.
Bygghöjd exklusive växtbädd (mm)	20-30	30-60	30-80
Funktion	Bevattning	Bevattning och eventuell fördröjning (om det kombineras med strypt utflöde)	Bevattning samt fördröjning
Fördröjande kapacitet (l/m ²)	0	0-10	20 (+-10)
Vattenhållande kapacitet (l/m ²)	10 (+-5)	30 (+- 10)	20 (+-10)
Tömningsmekanism	Evapotranspiration	Evapotranspiration och eventuellt ett utflöde som är strypt	Evapotranspiration och ett strypt
Tömningstid (timmar)	X	X	X

Tabell 5. Växtbäddar med backsystem

Beskrivning	I botten av växtbädden installeras behållare och i dess botten finns det backsystem med dränering.	Under växtbädden placeras ett fack för vattenmagasinerings vilket kombineras med backsystem.	Under växtbädden installeras ett fack med backsystem som kompletteras med ett tråg som ligger under, för att öka magasineringseffekten.
Montering	Monteras på tätskiktet eller en eventuell rotspärre 50	Monteras på tätskiktet eller en eventuell rotspärre 60-120	Monteras på tätskiktet eller en eventuell rotspärre 160 (kombinerat back ovanpå och magasin under)
Bygghöjd inklusive växtbädd och kant (mm)			
Funktion	Bevattning	Bevattning	Bevattning samt fördröjning
Fördröjande kapacitet (l/m²)	0	0-10	10-50
Vattenhållande kapacitet (l/m²)	X (i växtbäddens kapillära porer)	10	10-50
Tömningsmekanism	Evapotranspiration	Evapotranspiration och dränering	Evapotranspiration och dränering
Tömningstid (timmar)	X	X	X

Tabell 6. Växtbäddar med kassetter

Beskrivning	Mellan växtbädd och bjälklagets tätskikt sätts kassettermed en strypt avvattning, samt kan bräddas	Mellan växtbädd och ett extra tätskikt på en avgränsad del av taket som även är invallad sätts kassetter. Strypt utflöde från utan och utflödet rinner ut till övrig dränering eller takavvattning	Mellan växtbädden och bjälklagets tätskikt sätts en dräneringsmatta eller dräneringsplatta i kombination med en takavvattning som är strypt som även har en kapacitet till att bräddas. I koppar placeras ett magasin som är till för bevattning
Montering	Monteras direkt på tätskiktet eller ett eventuellt skyddande lager. Det magasinerade vattnet som ska användas för bevattning samt har fördröjningskapacitet vilar på bjälklagets tätskikt	Monteras ovanpå ett extra tätskikt som i sin tur är monterad på ett dräneringslager. Dräneringslagret vilar på bjälklagets tätskikt	Monteras på ett tätskikt eller ett eventuellt skyddande lager. Det magasinerade vattnet som har en fördröjningskapacitet vilar på bjälklagets tätskikt
Bygghöjd (mm)	60-100	70-120	60-80
Funktion	Bevattning och fördröjning	Bevattning och fördröjning	Bevattning och fördröjning
Fördröjande kapacitet (l/m²)	50-90	50-90	25-40
Vattenhållande kapacitet (l/m²)	50-90	50-90	30-40
Tömningsmekanism	Evapotranspiration och dränering eller takavvattning	Evapotranspiration och dränering	Evapotranspiration och dränering eller tömning via takavvattningen
Tömningstid (timmar)	X	X	X

Substrattypen spelar även roll för den vattenhållande förmågan samt för hur lättillgängligt vatten blir till växterna om man har djupa växtbäddar med substrat. I tabell 2 redovisades det växttillgängliga vattnet vid olika substratdjup (100 samt 500 mm).

3.13 Träd

Att plantera träd är också ett sätt för att hantera skyfallsfrågan. På grund av sin massa är träd mest effektivt på att både ta upp vatten och binda vatten på andra sätt, jämfört med andra växter. De tar upp mer vatten och ämnen via deras rötter men deras trädkronor har också en större lagringskapacitet än andra växter vilket gör att kronorna fungerar som ett dagvattenmagasin. Karlström (2019) skriver om en studie som utredde vilka faktorer som påverkar ett träds förmåga att ta upp dagvatten samt vilka arter som skulle vara mest lämpade för att ta upp dagvatten. Den studien beskrev tre faktorer som mest verkar påverka trädens förmåga att hantera dagvatten. De tre faktorerna var vilken hastighet träden tar upp koldioxid, trädens totala bladarea och storleken hos det fullvuxna trädet (Karlström 2019). Några fler aspekter som träd har men som i detta fall påverkar hur mycket vatten från regn som hamnar på marken, är trädens genomsläpplighet av vatten, stamflödet hos träden och trädens interception (Dowtin et al. 2023). Dowtin et al. (2023) fokuserade på fysiska aspekter på träd som påverkar dessa tre faktorer, exempelvis bladens utseende. De processer som är viktigast för att reducera dagvatten är enligt Dowtin et al. (2023) trädkronornas interception, infiltrationen och transpirationen hos stadsträden.

Trädens krontak är en av de faktorer som har betydelse för hur bra träd kan binda vatten genom interception. De egenskaper som bestämmer barkens morfologi kommer tillsammans att avgöra hur mycket vatten som kommer att hållas kvar i krontaken och hur mycket som kommer att rinna av. Exempelvis så är slät bark och även bark som har linjära grunda fåror dålig på att hålla kvar vatten i krontaken eftersom barkens fåror kommer att fungera som en ledare för vattnet som leder ner det mot marken längs med trädet. Däremot så är bark med egenskaper som hög mikrorelief, djupa fåror med mönster som är invecklande eller fåror som överlappar varandra, oftast bättre på att samla upp nederbörd. Detta visade sig i en studie gjord av Dowtin et al. (2023) där man undersökte *Quercus rubra* (rödek) vattenhållningskapacitet och *Betula lentas* (körsbärsbjörk) vattenhållningskapacitet, där *Q. rubra* har mer komplex barkmorfologi jämfört med *B. lenta*. Det visade sig att *Q. rubra* hade en tre gånger högre vattenhållningskapacitet jämfört med *B. lenta*. Det fanns även en studie som visade på att sambanden mellan vattenhållningskapaciteten och en sprucken bark stämde, där *Eucalyptus nicholli* jämfördes med *Eucalyptus saligna*. *E. nicholli* hade en djup sprucken bark och *E. saligna* hade en mer slätare bark, resultatet blev att *E. nicholli* kunde hålla kvar mer vatten än *E. saligna*. Infiltrationen ner mot barkens stam främjas med hjälp av stamflödet genom kronan, denna process underlättas när trädens grenar växer upprätt och håller sig nära huvudstammen. Det skapar en kanal från krontaken ner till marken mot stammen. Detta är dock bara användbart när markens karaktär är väl anpassad för dränering och inte om det är en mark som har dålig dräneringsbenägenhet. Denna typ av struktur på grenarna är bättre på att leda bort vatten än på att hålla kvar regnvatten ovanför marken. Dock så finns det vissa träd med sådana grenar som dock har ett relativt högt LAI-värde (lövareaindex), som är särskilt högt i själva trädkronan vilket faktiskt skulle öka interceptionskapaciteten samtidigt som det vattnet som rinner ner leds ner mot trädens stam. Bäst effekt kan man uppnå genom att plantera träd

tätare mot varandra i städer, men även här behöver markförhållandena vara lämpliga för en förtätning (Dowtin et al. 2023).

Dowtin et al. (2023) hävdar att det viktigaste för områden med många hårdgjorda ytor är att fokusera just på att optimera interceptionen med hjälp av olika träd.

De faktorer som trädens blad har som bidrar till att vatten hålls kvar på trädens krontak är ett högt LAI-värde, låga lutningsvinklar på bladen, låg hydrofobi och grova blad. Lövens hydrofobi är ett begrepp som används för att beskriva hur mycket vatten som sannolikt kommer att stötas bort från ett blads yta och denna hydrofobi påverkar också hur väl trädskronorna behåller vattenmassor, deras lagringskapacitet av vatten. Hög hydrofobitet hos bladytor håller inte kvar uppfångad nederbörd effektivt medan de bladytor som har låg hydrofobitet behåller bättre vatten på sina ytor. Vad som gör att ett blad blir hydrofobiskt har att göra med dess fysiska bladegenskaper både på adaxiala och axiala ytor. Några av dessa egenskaper är trikomdensiteten på bladen och vaxartade ytor som då påverkar vilken grad av hydrofobitet bladen har. Ju högre trikomdensitet ett blad har desto lägre hydrofobitet vilket ger hög interception och tvärtom gällande vaxartade blad. Ju mer vaxartade bladen är desto mer hydrofobiskt blir det (Dowtin et al. 2023).

Gällande lövareaindexet så finns det en direkt koppling mellan lövarean och interceptionen. Även ett tätare krontak på träden bidrar till att hålla kvar vatten men även en hög vattenlagringskapacitet hos barken. Hög densitet hos ett krontak har ofta en korrelation med högre vattenhållningskapacitet och högre interceptionsförlust från krontaken. Det som är betydande för krontakens förmåga att hålla kvar vatten är de delar av krontaket som består av trä. Med andra ord de kvistar, grenar och stammar som finns i krontaken. Även ytstrukturen samt, som tidigare nämnts, barken är också av betydelse för den totala vattenlagringen krontaken medför (Carlyle-Moses et al 2020). Även trädskronans utseende påverkar interceptionen. Krontakens interception har en korrelation med hur mycket som krontaken täcker marken och krontakens bredd (Dowtin et al. 2023). Parkträd och träd som planteras längs med vägar, där träden är isolerade och välmående har större chans att få stora krontak med större krontaksdensitet per projicerad yta. Detta leder till att dessa träd lagrar vatten bättre och får även större interceptionsförlustpotential (Carlyle-Moses et al 2020).

För stadesgröna träd är interceptionen högre under hela året än de arter som tappar löven under en stor del av året just på grund av att stadesgröna träd har ett högre LAI-värde (Dowtin et al. 2023). Dowtin et al. (2023) lyfter en studie som gjordes i Shanghai i Kina där man kom fram till att interceptionskapaciteten under regnoväder var ungefär två gånger större för stadesgröna barrträd. *Tilia cordata* (skogs lind) har bättre interception än *Acer platanoides* (lönne) just på grund av att *T. cordata* har ett högre LAI värde jämfört med *A. platanoides* (Dowtin et al. 2023).

Karlström (2019) kom fram till i sitt självständiga arbete att *T. cordata* var den bästa arten för att hantera dagvatten. Dock var studien även gjord för att

undersöka två olika typer av växtbäddar vilket har bidragit till resultatet som Karlström (2019) fick. Karlström (2019) presenterade teorier kring varför *T.cordata* var bäst på att hantera dagvatten som inte tog hänsyn till växtbäddarna som trädet stod på och förklaringen blev att *T.cordata* var bäst på detta på grund av att arten har en stor bladarea samt att träden när de är adulta kan bli upp till 25 meter höga, vilket påverkar dess hantering av dagvatten positivt. Näst bästa arten för hantering av dagvatten var *Acer rubrum* (rödlönn) eftersom deras bladarea blir ungefär lika stor som *T. cordata* men rödlönnar blir mindre när de blir adulta, jämfört med *T. cordata*. I Malmö undersöktes under sommaren 2006 en fullvuxen *T. cordata* vattenupptagningsförmåga via dess rötter och den undersökningen kom fram till att *T. cordata* tog upp cirka 670 liter vatten per dag under juli den sommaren (Karlström 2019). Att *T. cordata* är bra på interception är också något som Downtin et al. presenterar i sin rapport från 2023 där de berättar om en studie från Belgien där man kom fram till att *T. cordata* interceperar ungefär 38% mer regn än *A. platanooides* (lönn) när det stormar och faller 5-10 mm regn (Downtin et al. 2023).

Jacobsson och Olsson (2023) ger två förslag på träd som kan användas för dagvattenhantering och dessa två är både *Ginkgo biloba* (ginkgo) och *Catalpa bignonioides* 'Nana' (katalpa). *G. biloba* trivs i stadsmiljöer, antagligen för att den är just tålig mot torka och även fattiga jordförhållanden under längre perioder (Jacobsson och Olsson 2023). Nilsson (2014) skriver också att *G. biloba* har måttlig tolerans mot salt, den har få kända sjukdomar och har inte direkt några angripare vilket talar för att den är just ett lämpligt stadsträd. Den har även hög tolerans mot luftföroreningar (Nilsson 2014). Den har också en medium tolerans mot stående vatten samt packade jordar med låg syrehalt vilket talar för att den skulle klara av skyfall. *G. biloba* har också en medelinterception på 25,2% eller 57,9%, Downtin et al. (2023) talar om *G. bilobas* barks morfologi och nämner att variationer i morfologin påverkar vattenlagringskapaciteten hos *G. biloba*, vilket kan förklara varför det finns två olika interceptionsvärden. (Downtin et al. 2023).

Släktet till *C. bignonioides* härstammar från norra Florida samt även västerut mot Louisiana. Just *C. bignonioides* växer ursprungligen utefter nordamerikanska floder och på grund av detta står de i perioder i vatten. Därmed skulle de vara bra på att hantera översvämningar som är tillfälliga exempelvis de som blir efter intensiva skyfall. Efter en översvämning har arten en förmåga att återhämta sig snabbt, detta på grund av att de har en prioritering i rottillväxten. Denna art har även en bra anpassning mot torrperioder, vilket också är vanligt förekommande i städer. *C. bignonioides* brukar bli 5-8 meter hög med en kronbredd på 5-7 meter (Jacobsson och Olsson 2023).

De tre växter som hade störst interceptionsprocent som Downtin et al. (2023) undersökte var *Pinus nigra* Arnold (svarttall) med en interception på 46,9%, *Pseudotsuga menziesii* (douglasgran) med en interception på 64,1% och störst interceptionsprocent hade *Thuja plicata* (jättetuja) med en interception på 71,1% (Downtin et al. 2023).

3.14 Risken för växters invasivitet

En stor diversitet av olika sorters stadsträd är värdefull för biodiversiteten och för ekosystemtjänsterna i urbana miljöer. Dock bör man välja vilka stadsträd man ska implementera med försiktighet eftersom det finns risker. En av dessa risker är att träden kan ha en risk för invasivitet (Eriksson Lantz 2020). Detta är något som Håbo kommun arbetar aktivt med, som kommun planterar de inga invasiva arter och bekämpar även de invasiva arter som finns inom det kommunala markinnehavet som finns både på EU:s lista men också på Sveriges nationella lista (Rosander Sjöberg 2024).

Artdatabankens artfakta har koll på växter som påträffas i Sverige och har gjort en bedömning över växters olika risker för invasivitet. Rapporten använder sig av riskbedömningen för invasivitet som gjordes år 2020 (SLU Artdatabanken, 2024).

4. Resultat

4.1 Resultat växtbäddar

Den genomförda litteraturstudien visar att det är bättre, mindre riskfyllt och effektivare att ha blågröna tak istället för enbart gröna tak (se 3.4-3.11). Detta eftersom de kan ha en fördröjande effekt, de kan magasinera mycket vatten samt de kan bidra till bevattning för växtbäddarna vilket förhindrar att de torkar ut och att växterna dör. Det går även att installera tömningsmekanismer för de blågröna taken vilket kan vara positivt om det blir för stor tyngd för taken att hålla stora mängder vatten under en längre tid. Att ha växtbäddar stående i vatten kan också vara negativt för växtligheten på växtbäddarna eftersom växterna kan få för mycket vatten vilket gör att deras rötter kan börja ruttna. En tömningsmekanism förhindrar därmed skada på växternas rötter och växterna i sig själva. Det finns dock olika sorters blågröna tak (se tabell 3-6) vilket har olika för och nackdelar som kommer att presenteras i tabell 7-10. Även bygghöjden kommer att redovisas men i separat rad i tabellerna 7-10 eftersom en hög bygghöjd både kan vara negativ men även positiv (se 5. Diskussion). Det är de maximala värdena som presenterades i tabellerna 3-6 som kommer att presenteras som resultat för de olika blågröna taken i tabell 7-10. Det maximala värdet valdes för att kunna jämföra de olika lösningarna med varandra där det antas att alla eventuella magasin fylls upp samt att den fördröjande kapaciteten är utnyttjad till maximalt. Detta eftersom det är vid dessa värden som de blågröna taken är som mest effektiva.

Tabell 7. För- och nackdelar hos växtbäddar med lager av fukt och vattenhållande material under

Blågrön lösning	Fördelar	Nackdelar	Bygghöjd exklusive växtbädd (mm)
Växtbädd med fukthållande material i botten	Lätt att montera	Ingen fördröjande kapacitet, inget backsystem, lägst vattenhållande kapacitet och enbart evapotranspiration som tömningsmekanism	20
Växtbädd med mineralull i botten	Lätt att implementera och högre vattenhållande kapacitet än växtbädden med fukthållande material i botten	Ingen fördröjande kapacitet, inget backsystem och enbart evapotranspiration som tömningsmekanism	40
Växtbädd med ett lager av geoceller som är fyllda med substrat i botten	Har ett fukthållande lager och/eller skyddande lager, har fördröjande kapacitet och använder sig även av dränering som tömningsmekanism	Inget backsystem och har lika låg vattenhållande kapacitet som växtbädden med fukthållande material i botten	50

Tabell 8. För- och nackdelar hos växtbäddar med dräneringsmatta eller dräneringsplatta under

Blågrön lösning	Fördelar	Nackdelar	Bygghöjd exklusive växtbädd (mm)
Växtbädd med dräneringsmatta i botten	Lätt att montera	Ingen fördröjande kapacitet, inget backsystem, enbart evapotranspiration som tömningsmekanism och lika låg vattenhållande kapacitet som växtbädden med fukthållande material i botten	30
Växtbädd med antingen en dräneringsmatta eller dräneringsplatta i botten med en extra magasinerad volym	Lätt att montera, har fördröjande kapacitet, har högre vattenhållande kapacitet än växtbädden med ett lager av geoceller som är fyllda med substrat i botten och kan ha ett strykt utflöde	Inget backsystem, lägre fördröjande kapacitet än växtbädden med ett lager av geoceller som är fyllda med substrat i botten	60
Växtbädd med vattenhållande och fördröjande matta eller platta i botten med två magasin	Lätt att montera, högre fördröjande kapacitet än växtbädden med ett lager av geoceller som är fyllda med substrat i botten (, högre vattenhållande kapacitet än Växtbädd med dräneringsmatta	Används framförallt på låglutande tak, inget backsystem och lägre vattenhållande kapacitet jämfört med växtbädden med antingen en dräneringsmatta eller dräneringsplatta i botten med en extra magasinerad volym	80

i botten, tömningsmekanism är både evapotranspiration samt ett strypt utflöde och har två magasin där ett är till för bevattning och ett är till för fördröjning

Tabell 9. För- och nackdelar hos växtbäddar med backsystem

Blågrön lösning	Fördelar	Nackdelar	Bygghöjd exklusive växtbädd (mm)
Växtbädd som har en behållare som i behållarens botten installeras ett backsystem med dränering där behållaren sitter i botten av växtbädden	Har backsystem, lättare att montera än växtbädden med vattenhållande och fördröjande matta eller platta i botten med två magasin	Svårare att montera än de växtbäddarna som nämns ovan, ingen beräknad vattenhållande kapacitet och har enbart tömningsmekanism genom evapotranspiration	50
Växtbädd som under sig har ett fack för vattenmagasinerings kombinerat med ett backsystem	Har ett backsystem, använder både evapotranspiration och dränering som tömningsmekanism	Låg fördröjande kapacitet och lägst vattenhållande kapacitet	120
Växtbädd med ett fack under sig med ett backsystem som kompletteras med ett tråg som ligger under	Fördröjande kapacitet, har backsystem, har ett tråg som ligger under, högre vattenhållande kapacitet än de ovan nämnda och använder sig både av evapotranspiration och dränering som tömningsmekanism	Lägre magasinerings- och fördröjningskapacitet än växtbädden som har kassetter med strypt avvattning mellan växtbädden och bjälklagets tätskikt samt lägre av dessa kapaciteter än växtbädden som har mellan sig ett extra tätskikt på en avgränsad del av taket som även är invallad där kassetter sätts	160

Tabell 10. För- och nackdelar hos växtbäddar med kassetter

Blågrön lösning	Fördelar	Nackdelar	Bygghöjd exklusive växtbädd (mm)
Växtbädd som har kassetter med strypt avvattning mellan växtbädden och bjälklagets tätskikt	Högre fördröjande förmåga och högre vattenhållande förmåga än växtbädden med ett fack under sig med ett backsystem som kompletteras med ett tråg som ligger under, kan bräddas samt har både evapotranspiration samt dränering eller takavvattning som tömningsmekanismer	Inget backsystem, magasinande vattnet vilar direkt på bjälklagets tätskikt	100
Växtbädd som har mellan sig ett extra tätskikt på en avgränsad del av taket som även är invallad där kassetter sätts	Lika stor fördröjande och vattenhållande kapacitet som växtbädden som har kassetter med strypt avvattning mellan växtbädden och bjälklagets tätskikt samt använder sig av både evapotranspiration och dränering	Mest komplicerad att montera för kräver ett extra tätskikt och det har inte heller något backsystem	120
Växtbädd som har en dräneringsmatta mellan sig och bjälklagets tätskikt eller dräneringsplatta i kombination med takavvattning som är strypt och som har ett magasin i koppar	Tömmar med evapotranspiration och dränering eller tömning via takavvattning och har högre fördröjande kapacitet än växtbädden med vattenhållande och fördröjande matta eller platta i botten med två magasin och högre vattenhållande förmåga än växtbädden med antingen en dräneringsmatta eller dräneringsplatta i botten med en extra magasinerad volym	Näst mest komplicerad att montera för kräver ett magasin av koppar samt dräneringsmattor, inget backsystem, lägre fördröjning och kapacitet än växtbädden med ett fack under sig med ett backsystem som kompletteras med ett tråg som ligger under	80

För att få maximal effekt av växtbäddarna bör man ha så djupt substratdjup som möjligt. Vilket kommer öka vikten på taken. Tabell 11 går igenom fördelar och nackdelar med olika växter och växtbäddar. Tabellen kommer utgå från att man har installerat växtbäddar med maximalt substratdjup (se tabell 1.) och på så sätt göra jämförelserna efter de maximala värdena i tabell 1.

Tabell 11. För- och nackdelar med olika växter som gröna tak

Vegetation	Fördelar	Nackdelar
Sedum/mossa	Lägst totallast, lägst substratvikt, väldigt torktåliga	Lägst substratdjup, ytlig vattenupptagningsförmåga
Sedum/ört	Mer frodig vegetation, längre blomningssäsong, torktåliga, gynnar vissa gräsarter, lika stor vegetationsvikt som sedum/mossa	Örter kan få övertag om vattentillgången är god eller om områden är för skuggiga
Ängsväxter, perenner	Relativt torktåliga (baserat på växtbäddsdjup), lång blomningstid (estetiskt)	Väger totalt (vegetationsvikt + substratsvikt) 2,86 gånger så mycket som sedum/ört
Mindre buskar och perenner	Väger mindre än stora buskar och träd	Väger totalt (vegetationsvikt + substratsvikt) 1,72 gånger så mycket som ängsväxter och perenner
Stora buskar och mindre träd	Tar upp mer vatten än mindre buskar och perenner, effektivare på att binda vatten än mindre buskar och perenner, mindre trädens lagringskapacitet större än mossor, örter, sedumväxter, ängsväxter, mindre buskar och perenner	Väger totalt 3,66 gånger mer än mindre buskar och perenner
Större träd	Tar upp mest vatten, kan ha träd med stor interceptionsförmåga, tål torka om rätt trädtyps används	Störst last, högst substratvikt, högst vegetationsvikt, högst substratdjup, tar upp stor plats, väger totalt 1,33 gånger så mycket som stora buskar och mindre träd

Gällande substrat som man ska använda till växtbäddarna så var den substrattyp som kunde hålla mest växttillgängligt vatten substratet organiskt material blandat med sand och pimpsten. Näst bästa substrattypen var jord av ren pimpsten och tredje bäst var lerig sand samt sandblandad pimpsten (se tabell 2).

4.2 Resultat träd

De faktorer som påverkar hur bra träd hanterar skyfall och pluviala översvämningar är hur effektivt de tar upp koldioxid (hastigheten), trädens totala bladarea, storleken på det fullvuxna trädet och trädens genomsläpplighet av vatten vilket påverkas av barkens morfologi, trädens LAI-värde, vinklarna på bladen, tätheten på trädens krontak och bladens egenskaper vilka alla dessa egenskaper påverkar trädens interception.

De processer som är viktigast att titta på när det gäller att minska mängden dagvatten är just trädens interception, infiltrationen och även transpirationen hos träden. Städesgröna träd, sådana som inte tappar bladverken på vintern, har en högre interception under hela året.

Det är även viktigt att träden som implementeras i stadsdelar är relativt tåliga mot torka och även att stundvis klara av stående vatten när det sker pluviala översvämningar.

De tre träd som hade högst interception är *Pinus nigra* med en interception på 46,9%, *Pseudotsuga menziesii* med en interception på 64,1% och bäst var *Thuja plicata* (jättetuja) med en interception på 71,1%.

Tabell 12. För- och nackdelar för olika trädarter

Träd	Fördelar	Nackdelar
<i>Pinus nigra</i>	46,9% interception Tillfällig förekomst	Inte inhemsk Alternativt kvarstående
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	64,1% interception Ej reproducerande	Inte inhemsk
<i>Thuja plicata</i>	71,1% interception Ej reproducerande	Inte inhemsk
<i>Tilia cordata</i>	Stor bladarea Inhemsk Bra interception Tar upp 670 liter vatten per dag under juli år 2006	Allergen
<i>Acer rubrum</i>	Lika stor bladarea som <i>T. cordata</i>	Mindre som adulta än <i>T. cordata</i> Saknas information om på SLU Artdatabanken artfakta
<i>Acer platanoides</i>	Inhemsk	Sämre interception än <i>T. cordata</i> Lägre LAI än <i>T. cordata</i>
<i>Ginkgo biloba</i>	Max medelinterception på 57,9% Ej reproducerande Tål torka och näringsfattig jord	Inte inhemsk Kan få lägre interception beroende på barkens morfologi
<i>Catalpa bignonioides</i> ('Nana').	Tål tillfälliga översvämningar Tål torka, relativt bred krona vilket gynnar interceptionen Ej reproducerande	Inte inhemsk

Ju fler olika typer av träd som planteras desto högre biologisk mångfald får man än om det bara skulle finnas en monokultur av en sorts trädart.

5. Diskussion

Resultatet som är baserad på den genomförda litteraturstudien visar att det är effektivare och bättre med blågröna tak jämfört med gröna tak som en skyfallslösning (se 4.1). Det finns flera olika typer av växtbäddar som man skulle kunna använda sig av för att få till en bra och effektiv blågrön växtbäddslösning inom tätorten Bålsta i Håbo kommun. De olika växtbäddarna presenterade i 3.1, tabell 7-10 har olika för- och nackdelar när det kommer till funktion samt installation. Det är viktigt att växtbäddarna inte blir alltför tunga för taken på grund av rasrisk. Växterna som växer på växtbäddarna måste också överleva i Sveriges klimat. De ska klara av perioder av torka och även självfallet perioder av mycket vatten, beroende på vilken typ av blågrön lösning man använder sig av.

De torktåligaste växterna är som sagt sedumväxter, örtväxter och mossor av olika slag. Dessa behöver även minst växtbädd samt har lägst substratvikt. Problematiken är att sedumväxterna lätt kan bli övervattnade om för mycket vatten kommer i systemet samt de har inte en särskilt snabb vattenupptagande förmåga. De har dock en lång och viktig blomningstid vilket ger sociala samt estetiska värden men för att vara ett effektivt blågrönt tak bör man föredra ett blågrönt tak som har en god magasinering och fördröjande förmåga vilket man får med tjockare växtbäddar samt med växter som tar upp mer vatten. Mossor är även en sådan växt som bara tar upp vatten ytligt eftersom de saknar helt rötter. De fångar bara upp fukten från luften samt kan vara känsliga mot torka om man implementerar fel sorts mossart. Detta gör att så fort vatten trängt sig ner i jorden kan inte mossan ta upp vatten därifrån, om det inte avdunstar eller med hjälp av kapillärkrafter drar upp vattnet till mossan, men det är ingen större sugkraft jämfört med olika kärlväxter som effektivt transporterar upp vatten till sina beståndsdelar. Mossor behöver inte heller en enskild växtbädd för att kunna växa, de kan etablera sig tillsammans med andra växter vilket gör att man lätt kan kombinera olika växtbäddar med mossor om man så önskar. Detta gör, trots att sedum-moss-taken och sedum-ört-taken väger minst samt behöver minst underhåll, är de minst effektiva konstruktionerna för att kunna ta hand om skyfall.

Gällande mindre buskar och stora buskar så blir dessa större i massa jämfört med sedumväxter och örtväxter. Det gör att de binder mer vatten, får mer lövtäckande ytor vilket ger ett högre LAI-värde och har djupare rötter än de andra växterna. Buskar är även oftast perenna arter, med undantag för de som inte klarar av Sveriges klimat. Många buskar ger även bär eller frukter, om rätt art väljs, vilket gynnar både pollinerare (när det är blomningssäsong) samt fågellivet (på hösten och vintern då mat är en bristvara). Problematiken med buskar är att de har större behov av underhåll, de tar stor plats och behöver därmed större växtplats med

djupare växtbäddar vilket bidrar till en tyngre last på taken på husen där växtbäddarna ska appliceras. Detta kan göra de otympliga att ha eftersom man behöver se till så att de klarar sig, vilket kan vara svårt under torrare perioder. Om man ska använda sig av buskage som växter på gröna tak bör man använda sig av de mindre buskarna på grund av vikten som kan bli av dessa växter samt som kan bli av den jord som behövs för att de ska kunna trivas. Stora buskar däremot tar upp mer vatten än de mindre buskarna, men dessa kan bli stora och breda ut sig vilket minskar mångfalden på de gröna taken, vilket är något man helst bör sträva efter. Större buskar behöver även ibland klippas till om man vill behålla det estetiska på de, eller om de börjar skugga staden för mycket eller minimera att de tar över växtbäddarna så att chansen att få mer biodiversitet på dem ökar.

Att plantera olika träd, stora som små, på hustaken är ännu något som skulle vara komplicerat just på grund av att de kan bli stora med stora och kraftiga rötter som dels riskerar att bli för tunga för taken, inte minst om det även kommer mycket snö under vinterhalvåret som ökar lasten, samt så kan rötterna i värsta fall tränga sig ut ur växtbäddarna och riskera att växa in i sprickor i taken. Träden tar dock upp absolut mest vatten av de presenterade växterna som man kan implementera på gröna tak, samt har högst LAI-värde och helt enkelt binder vatten bäst. Men det blir problematiskt att försöka på ett tryggt samt kostnadseffektivt sätt att implementera dessa på redan befintliga byggnader. Om man vill ha träd som gröna tak bör man istället bygga nya byggnader som är anpassade efter trädens behov, växtsätt och vikt, vilket gör det dyrare för att då behövs nya hus byggas. Därför är det bäst att ha träd växande där de redan växer, vid markplan längsmed gator eller nedanför rullstensåsen, Bålstaåsen, som går längsmed Bålsta.

Gällande att använda sig av ängsväxter i form av både perenner men även ettåriga växter tar dessa upp mer vatten än sedumväxter och mossor, men mindre än träd och buskar. Däremot så väger de inte lika mycket som buskar eller träd samt är relativt torktåliga, vilket är positivt eftersom det höjer sannolikheten för att de ska klara av varma sommardagar. Om de är inhemska arter behöver de även inte särskilt mycket skötsel och lär överleva i Sveriges klimat. Ängsväxter ska inte heller ha mycket näring utan de lever oftast på näringsfattiga marker vilket gör de som bra växter för att kunna ha på växtbäddar på taken där näringsläckage kan bli ett problem särskilt efter längre tid. Om de är inhemska växter behöver man inte heller så om dessa växter varje säsong eftersom deras frön är anpassade att klara av svenska vintrar vilket gör att om man ändå inte väljer att så perenna växter så kan dessa ängsväxter komma upp igen även nästa säsong vilket minskar behovet av arbete för de gröna taken. Det substrat som ska användas till växtbäddarna är organiskt material blandat med sand och pimpsten. Detta eftersom det organiska materialet blandat med sand och pimpsten är det material som kan bära mest växttillgängligt vatten. Det som menas med det är att växterna lättast kan utnyttja lagrat vatten från denna typ av substrat jämfört med de andra substraten i tabell 2. Det i sin tur innebär att om växterna växer i det substratet är det minst risk för de att drabbas av torka eftersom mycket av vattnet i substratet kan gå till själva växterna och hålls därmed inte kvar lika starkt av partiklarna i substratet.

Blågröna tak som skyfallslösning är mer effektiva att implementera än enbart gröna tak eftersom blågröna tak även har en vattenhållande förmåga samt kan ha viss fördröjande förmåga också. De olika växtbäddarna presenterade i tabell 7-10 är lösningar som har olika styrkor och svagheter. Det viktigaste med att implementera en blågrön lösning som skyfallslösning är att se till att lösningen har en vattenhållande men även fördröjande förmåga för att så mycket som möjligt hindra skyfall att nå marknivå eftersom det skulle minska de pluviala översvämningarna i stadsdelarna. Det näst viktigaste är att de är relativt lätta att montera på taken eftersom det antagligen skulle minska kostnaden för kommunen att installera dessa på grund av att det skulle krävas mindre arbete samt mindre material för kommunen att använda sig av. Tabell 7-10 visar de för samt nackdelar som finns för de olika presenterade växtbäddarna som visas i tabellerna 3-6.

Diskussionen om vilka växtbäddar som kommer att användas kommer baseras på tabell 7-10, men där olika lösningar är på olika rader i tabellerna. Det som benämns som rad 1 i tabellerna är den rad som finns precis under tabellförklaringen och rad 2 är den under rad 1 i tabellerna. Tabellerna består vardera av totalt 4 rader, när rad 4 nämns i diskussionen är det den blågröna lösning som presenteras längst ner i den tabell som det diskuteras kring. De tre växtbäddar med magasinerande samt fördröjande förmåga som är bäst på att fördröja vattenmassor är blågröna lösningen på rad 3 och 2 i tabell 10 samt den på rad 4 i tabell 9. De på rad 3 och 2 i tabell 10 är bättre på att fördröja vatten än den på rad 4 i tabell 9 (se tabell 9 och 10). De tre växtbäddar som har bäst vattenhållande förmåga är de på rad 3 och 2 i tabell 10 samt den på rad 4 i tabell 9 där de på rad 3 samt 2 i tabell 10 har bäst vattenhållande förmåga av dessa tre. Detta innebär att det står mellan dessa tre växtbäddar som finns presenterade på rad 3 samt 2 i tabell 10 och den på rad 4 i tabell 9. Dock så vilar det magasinerade vattnet i den lösning som presenteras på rad 2 i tabell 10 på husets tätskikt vilket innebär att tätskiktet kommer att få mer vikt på sig när magasinen börjar fyllas av nederbörd.

Det blågröna taket som är presenterad på rad 3 i tabell 10 kräver ett extra tätskikt på en avgränsad del av taket som även kräver en invallning. Därefter installeras det kassetter och denna lösning har också ett strypt utflöde som rinner ner till övrig dränering eller takavvattning (se tabell 6.). Det blågröna taket som är presenterad på rad 2 i tabell 10 monteras direkt på tätskiktet eller ett eventuellt skyddande lager. Mellan växtbädden och bjälklagets tätskikt sätts det kassetter med en strypt avvattning, magasinen vilar på bjälklagets tätskikt (se tabell 6). På rad 4 i tabell 9 presenterades det dock ett blågrönt tak som är lättare att montera på tätskikten än det på rad 3 i tabell 10 men är lite svårare att montera än det på rad 2 i tabell 10 för den lösning på rad 4 i tabell 9 kräver ett tråg samt ett backsystem, vilket det på rad 2 och 3 i tabell 10 helt saknar. Det på rad 4 i tabell 9 kan monteras direkt på tätskiktet såsom det på rad 2 i tabell 10 kan (se tabell 5, 6, 9 och 10). De lösningar som presenteras på rad 2 och 3 i tabell 10 saknar ett backsystem medans det på rad 4 i tabell 9 har ett backsystem som tidigare nämnts. De växtbäddar presenterade på rad 3 och 2 i tabell 10 samt den på rad 4 i tabell 9 har alla bevattningssystem som dock ser olika ut (se 3.10).

Gällande den höjd på de olika lösningarna presenterade i tabell 7 är det svårt att kategorisera dessa höjder som fördelar eller nackdelar, fördelen med högre höjd på blågröna taken är att dessa kan hålla kvar med vatten i de installerade magasinen om det är magasinen som är höga, alternativt att själva växtbäddarna är höga på de olika installationerna vilket också är positivt för den vattenhållande förmågan samt ängsväxterna som har djupare rötter. Problemet med en allt för hög växtbädd är dels vikten det kan bli mot bjälklaget när magasinen vattenfylls, dels så kan det skugga staden mer än om de blågröna taken är allt för höga. Detta är en avvägning man bör göra inför en installation av blågröna tak men där det effektivaste för att förhindra pluviala översvämningar är högre lösningar, på grund av djupare magasin samt djupare jordlager på växtbädden då detta gör att de kan hålla mer vattenmängder och därmed fördröja en översvämning i tätorter. Däremot, om bjälklaget inte klarar av vikten av vattenfyllda magasin och jordlager bör man prioritera säkerheten. Det innebär att man inte då bör ha särskilt höga blågröna tak om det riskerar rasolyckor. Dock tåls det att upprepas att störst effekt får man av den lösning som har djupast magasinering samt djupast växtbädd på grund av att de då blir effektivast på att lagra vattenmassor.

Håbo bör implementera blågröna tak på i princip alla platta tak som finns i tätorten Bålsta för störst effekt. Det är bäst att implementera dessa blågröna tak på just platta tak eftersom det minskar risken för avrinning från vattenmagasinen samt minskar avrinning av jord och vatten från själva växtbäddarna. Om det lutar för mycket så ökar denna avrinningsrisk vilket skulle antingen inte bidra med tillfredsställande resultat samt skulle eventuellt råka smutsa ner staden med lerig jord som rinner ner från taken.

Den samlade bedömningen av alla presenterade blågröna tak i denna rapport att det blågröna tak som är lämpligast att installera på Bålstas hustak är den blågröna lösning med en växtbädd med ett fack under sig med ett backsystem som kompletteras med ett tråg som ligger under växtbädden (se tabell 7). Detta eftersom det har en relativt god vattenmagasinerande samt fördröjande förmåga (tredje bäst på att fördröja samt magasinera), den har ett backsystem, har en självförsörjande bevattningsmekanism (bevattning med kapillärkraft) vilket gör att extra skötsel av växterna på växtbäddarna (bevattningsmässigt) inte är lika aktuellt som hos andra växtbäddar (se 3.11) och den är relativt lätt att installera på tätskiktet (kräver dock en del monteringsarbete, se tabell 5).

Gällande implementering av stadsträd i centrala Bålsta för att minska översvänningsrisken så är det framförallt trädens interception som är viktigast att titta på, eftersom interceptionen avgör hur mycket vatten som stannar i lövverken på träden och därmed inte når marken, vilket minskar översvänningsrisken eller i alla fall fördröjer att skyfallen når marken. Det är även viktigt att dessa träd som ska eventuellt planteras kan hantera stående vatten under begränsad tidsperiod såväl som torka. Är något träd som planteras extra känsliga för något av dessa väderfenomen så blir det svårt att plantera dessa i stadsdelar eftersom det oftast råder torka på dessa platser, samt med en ökad risk för skyfall så ökar risken för stående vatten som skapar syrebrist vilket dessa trädarter också bör kunna hantera.

Det är väldigt viktigt att dessa arter som ska implementeras inte klassificeras som invasiva arter för att skydda den biologiska mångfalden samt inte riskera att andra arter utkonkurreras av främmande invasiva arter. För att undvika denna risk bör kommunen ha koll på vilka arter som klassificeras som invasiva som både SLU och Naturskyddsföreningen skriver om.

Det är effektivast att ha olika trädsorter som har olika bra egenskaper baserat på var dessa träd ska implementeras. Eftersom Bålsta är en stadsdel som är omringad av två stycken rullstensåsar så är det en lutning ner mot Bålsta. Enligt skyfallskarteringen som kommunen Håbo har gjort så kommer det bli mest översvämning vid den Gröna dalen, Dalvägen samt Kärlekens väg där det kommer samlas mest vatten på grund av den lutande terrängen som tätorten är byggd på. Detta gör att det är viktigt att även försöka förhindra så mycket avrinning som möjligt, genom att vid ett tidigt skede innan bebyggelsen börjar, begränsa vattenflödet mot tätorten så mycket som möjligt. Därmed är det viktigare med träd som har hög interception innan själva bebyggelsen börjar, för att förhindra och fördröja vattenansamlingar vid de platser som har risk för att drabbas hårdast. Detta eftersom dessa träd med hög interception fångar upp nedfallande vatten effektivast och förhindrar då att regnvatten rör sig ner mot de känsligare delarna. Vid de områden som kommer få mest stillastående vatten, såsom Gröna dalen, är träd med egenskapen att kunna överleva stillastående vatten samt syrebrist vid rötterna viktigare än interceptionen, dock bör även dessa träd ha hög interception för att fortfarande begränsa och motverka översvämningen som kan ske.

Man bör plantera träd som har god interceptionspotential nedanför rullstensåsen eftersom uppe på rullstensåsen växer det redan massor av träd och man bör inte störa ekologin samt biotoperna uppe på rullstensåsen med andra trädsorter än de som spridit sig naturligt eller redan växer där. Då är det bättre att plantera träd nedanför rullstensåsen, så att de kan fånga upp nederbörd som faller. De träd som bör planteras precis nedanför rullstensåsen är som sagt de träd som är bäst på att fördröja och förhindra att nederbörd når stadskärnan i Bålsta. Denna kvalifikation mäts av trädens interceptionsvärde, ju högre värde desto mer nederbörd stannar i trädens trädkronor. De träd som hade störst interceptionsförmåga är *Thuja plicata* (jättetuja), *Pseudotsuga menziesii* (douglasgran) och *Pinus nigra* (svarttall) (se 3.12). Man bör därmed prioritera att plantera alla dessa tre träd nedanför rullstensåsen, för att öka den biologiska mångfalden, men om man enbart ska välja ett av dessa trädslag är det *T. plicata* som är viktigast att plantera eftersom det har störst interceptionsvärde. Därefter kommer *P. menziesii* och minst viktig är *P. nigra* utifrån interceptionsperspektivet.

T. plicata, *P. menziesii* och *P. nigra* hade alla risk-klassifikationen ”Ej tillämplig” år 2020 enligt SLU artdatabanken (2024). Man kan vidare läsa att dessa tre trädarter har en tillfällig förekomst i Sverige och att de ej är reproducerande i Sverige. Dock bör det understrykas att dessa arter är främmande arter för Sverige och är med andra ord inte inhemska (SLU artdatabanken, 2024). Eftersom de ej är reproducerande i Sverige enligt SLU artdatabanken (2024) så bör det vara relativt

riskfritt att plantera dessa trädarter i Bålsta utan risk att de sprider sig vidare ut till andra naturmiljöer. Dock är de inte inhemska arter vilket kan göra att de har en viss ekologisk effekt på andra svenska arter men enligt SLU artdatabanken (2024) är de inte klassificerade som arter som har en risk att bli invasiva. Med det sagt är det av vikt att hålla sig uppdaterad av de arter som inte är inhemska för att se om de i framtiden kan bli problematiska att ha i sådan kontext. Men det betyder inte att de utgör en sådan risk i dagsläget, vilket de enligt SLU artdatabanken (2024) inte utgör.

Att dock enbart plantera *T. plicata* i stadsdelen Bålsta är inte att rekommendera eftersom detta träd blir stort och buskigt vilket kan ta upp mycket plats på stadens gator och torg. Då är det bättre att plantera mer träd som är bättre anpassade till städens begränsade framkomlighet. Det bästa för att bevara den biologiska mångfalden i Sverige är att plantera träd som är inhemska eller som inte har en stor spridningsrisk.

Ett svenskt inhemskt träd som är vanligt att ha i städer i Sverige är *Tilia cordata* (skogslind) som har en stor bladarea som är viktig för att begränsa risken för pluviala översvämningar. Detta träd är även duktigt på att ta upp stora vattenmängder under juli månad och eftersom pluviala översvämningar oftast kommer och kommer att komma under sommarhalvåret gör detta till ett lämpligt stadsträd att använda sig av.

Ett vanligt träd som man använder sig av som stadsträd är *Ginkgo biloba* på grund av dess luftrenande förmåga och att det tål både översvämningar samt torka (se 3.12). Detta gör att det skulle vara ett träd att rekommendera att plantera i Håbo kommun i tätorten Bålsta, detta träd har även en maximal medelinterception på 57,9%, vilket är positivt för att förhindra pluviala översvämningar.

Det ska tilläggas att resultaten som Karlström (2019) kom fram till i sin studie byggde på olika implementeringsexempel där växtbäddar på olika djup samt av olika material ingick (se 3.12), vilket kan ha påverkat resultatet för hur bra vattenupptagningsförmåga *T. cordata* och *A. rubrum* egentligen har, om de implementeras utan dessa växtbäddar. Dock så berättade Karlström (2019) att anledningen till varför *T. cordata* var det bästa trädet var på grund av olika faktorer som beror på trädsorten, och detsamma för *A. rubrum*, vilket innebär att växtbäddarna inte verkar ha en stor påverkan på arternas hantering av dagvatten. Men om Håbo kommun vill vara extra säker på att vattenupptagningsförmågan för dessa trädslag ska bli exakt lika bra som i Karlströms (2019) rapport bör man implementera samma växtbäddar med samma djup samt substrat som Karlström (2019) använde sig av.

Det gäller även, som tidigare nämnts, att man planterar träd här som både tål torka men också översvämningar där det är stående vatten under en eventuellt längre tid samt där det blir syrebrist. Ju längre ner mot Gröna dalen man kommer desto viktigare är det att ha träd med dessa egenskaper eftersom översvämningensrisken är stor vid Gröna dalen men som störst vid Dalvägen och även vid Kärlekens väg, där man även bör prioritera trädslag med dessa egenskaper. Vid Gröna dalen,

Dalvägen samt Kärlekens väg behöver man plantera det träd som tål både torka samt stående vatten allra bäst. Det träd som klarar av dessa extrema miljöer är *Catalpa bignonioides* 'Nana', eftersom detta träd växer i områden som ibland är översvämmade samt ibland lider av torka (se 3.12). Dock är detta inte ett svenskt träd, det är aktivt infört till Sverige efter år 1800 och är en främmande art enligt artdatabanken (2024), dock så är inte detta träd reproducerande i Sverige innebär att det inte sprider sig i Sverige. Trädet är inte av största prioritet att plantera vid stadskärnan och om man ska plantera detta träd bör det vara där det samlas mest vatten vid pluviala översvämningar.

Det ska understrykas att denna rapport enbart har tittat på bedömningen av växters invasivitetspotential som gjordes år 2020. Innan åtgärder görs bör Håbo kommun hålla sig uppdaterade kring om det har släppts en ny riskbedömning gällande invasivitet för arterna som nämnts i rapporten.

5.1 Vidare forskning

Denna rapport har sina begränsningar eftersom den inte har tittat på vissa faktorer för implementering av dessa blågröna lösningar i tätorten Bålsta. Studien har inte undersökt den ekonomiska frågan, den har inte undersökt hur mycket skötsel de förslagna träden eller växtbäddarna behöver, den har inte undersökt vilka som skulle kunna utföra dessa arbeten, hur mycket arbete som skulle gå åt är inte heller undersökt och därmed är tiden för installationen av dessa lösningar också en fråga som denna rapport inte kan besvara. Detta gör att det finns ett gäng obesvarade frågor som man skulle kunna undersöka ytterligare inom detta ämnesområde. Rapporten ska ses som en vägledning för Håbo kommun om hur man kan minimera riskerna med pluviala översvämningar med hjälp av blågröna lösningar och den trycker på att dessa lösningar som har presenterats vore bra att implementera i stadsdelen Bålsta trots att det finns vissa obesvarade frågor.

Vidare forskning om ämnet skulle dock kunna försöka sig på att besvara frågorna. Vidare forskning skulle då kunna vara att undersöka hur mycket detta skulle kosta för kommunen? Vilket eller vilka är de lämpligaste sätten att finansiera dessa projekt för kommunen, ska åtgärderna finansieras med skattemedel, omprioriteringar eller på annat sätt? Hur mycket skulle det kosta för kommunen att sköta om träden och de andra växtligheterna, samt hur mycket arbete ska kommunen lägga på detta? Hur lång tid skulle en installation av de presenterade lösningarna ta att göra?

Rapporten har även inte heller beräknat hur mycket regn de här lösningarna skulle förhindra att nå de hårdlagda ytorna i Bålsta. Dock är detta en beräkning som andra personer skulle kunna genomföra främst i avseende på trädens förmåga att förhindra pluviala översvämningar. Vidare studier skulle kunna beräkna med hjälp av interceptionen på de föreslagna träden, hur stora de brukar bli arealmässigt och på sådant sätt beräkna hur stor procentuell del av skyfall som skulle kunna förhindras att nå in till tätorten. Gällande de blågröna taken är detta svårare att beräkna på grund av att det beror på vilka typer av växter man väljer

plantera på växtbäddarna, hur djupa magasinen är som man använder sig av, vilken lutning det är på taket och även hur vädret för växtsäsongerna ser ut.

Det bör dock påpekas att klimatförändringarna redan nu är ett faktum och att det är viktigt att förhindra översvämningar i samhället så fort som möjligt. De presenterade lösningarna skulle kunna förhindra nederbörd från skyfall att ansamlas vid tätorten Bålstas hårdgjorda ytor som i sin tur skulle leda till pluviala översvämningar. Detta eftersom en del av vattnet kommer att magasineras, fördröjas och förbrukas av lösningarna även fast en osäkerhet kring exakt hur stor mängd vatten det handlar om finns.

Om fortsatta studier ska ske på uppdrag från Håbo kommun bör dessa påskyndas så att lösningar kan implementeras snabbast möjligast för att förhindra en kommande katastrof.

6. Slutsats

Den slutsats som kan dras av denna studie är att Håbo kommun bör implementera både blågröna tak tillsammans med plantering av olika sorters träd, på olika platser i Bålsta för att förhindra pluviala översvämningar. Slutsatsen kommer att redovisa vilka växter som bör prioriteras att odlas på växtbäddarna, var växtbäddarna borde placeras i Bålsta och vilka trädslag som bör planteras i Bålsta. Det bör vara olika trädarter som planteras för att så långt som möjligt gynna den biologiska mångfalden.

De blågröna taken är mer effektiva än vad de gröna taken är eftersom de har en magasinering och fördröjande förmåga. Det blågröna tak som anses bäst för Håbo kommun, framför allt tätorten Bålsta, är den blågröna lösning med en växtbädd som har vattenmagasin under sig med ett backsystem som har fack och som kompletteras med ett tråg för att öka magasineringen där tråget ligger under backsystemet (se tabell 5). Denna lösning har högre fördröjande kapacitet (50 l/m²) och hög vattenhållande kapacitet (50 l/m²) jämfört med de andra blågröna lösningar som presenteras i tabell 3-6, om rätt strykningsmetod implementeras. Den har ett backsystem (se tabell 5 och 9) och har även en självförsörjande bevattningsmekanism. Växtbäddarna med denna lösning bör implementeras på de flesta tak i Bålsta för att minska risken för översvämningar i tätorten, ju fler växtbäddar med denna typ av magasin och backsystem desto mer vatten kan fördröjas samt samlas upp.

På växtbäddarna bör det planteras perenna ängsväxter som är inhemska. Det substrat som bör användas är organiskt material blandat med sand och pimpsten.

Träd bör planteras både precis nedanför rullstensåsen Bålstaåsen för att fördröja att vatten rinner ner mot Gröna dalen, Dalvägen och Kärlekens väg. Här bör det planteras träd med stor interception för att de ska kunna hålla så mycket vatten kvar från skyfallen i trädkronorna för att inte vattnet ska rinna vidare ner mot staden.

Det träd som anses vara lämpligast att plantera nedanför rullstensåsen är Jättetuja (*Thuja plicata*) eftersom den har störst interception på 71,1%, där interceptionen är en av de viktigaste egenskaperna hos ett träd för att minska översvämningar (se 3.12).

Det näst bästa trädet att plantera nedanför rullstensåsen är douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*), med en interception på 64,1% och det tredje bästa trädet att plantera nedanför är svarttall (*Pinus nigra*) med en interception på 46,9%.

Helst bör man plantera alla dessa trädarter för att så långt som möjligt gynna den biologiska mångfalden.

Det bör även planteras mer träd i själva stadskärnan i Bålsta. Längs med så många vägar som möjligt, men främst längs med Dalvägen och Kärlekens väg, för att kunna fånga upp vattenmassor som kommer från skyfallen. Dessa träd ska kunna tåla torka, men också att vara stående i vatten, samt kunna ta upp en hel del vatten.

Det träd som verkar bäst att plantera i stadskärnan är skogslind (*Tilia cordata*) på grund av sin stora bladarea samt sin goda vattenupptagningsförmåga under juli månad, vilket är viktigt eftersom dessa skyfall oftast kommer på sommarhalvåret. Skogslind är även en svensk art vilket gör den lämplig att plantera och har därmed ingen risk för invasivitet.

Det näst bästa trädet att plantera är ginkgo (*Ginkgo biloba*). Den kan få en hög interception på upp till 57,9% om barkens morfologi är tillräckligt tillfredställande. Den har även inga direkta angripare, få kända sjukdomar, hög tolerans mot luftföroreningar, måttlig tolerans mot salt och även medeltolerans mot stående vatten. Alla dessa aspekter gör att ginkgo skulle vara det näst bästa stadsträdet att implementera i stadskärnan.

Det tredje trädet som vore bäst att plantera i stadskärnan är katalpa (*Catalpa bignonioides* 'Nana'). Detta träd är bra anpassat efter tillfälliga översvämningar och tål även torka bra. Den får även en relativt bred krona vilket gynnar interceptionen (se 3.12).

Om Håbo kommun bestämmer sig för att bara fokusera på en trädart nedanför rullstensåsen och en trädart att implementera i stadskärnan är slutsatsen att jättetuja bör prioriteras att planteras nedanför rullstensåsen och skogslind i stadskärnan. Kommunen bör vidta åtgärder och lösningar för skyfall så fort som möjligt för att förhindra en kommande katastrof.

7. Referenser

- Bengtsson, J., Engstrand, L., Fransson, T. (2022). *Innan staden drunknar – ett gestaltungsförslag för skyfallsdrabbade Mellanheden i Malmö*. Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp.
https://stud.epsilon.slu.se/17626/1/bengtsson_j_engstrand_l_fransson_t_220316.pdf [2024-05-22]
- Bergström, L., Borgström, P., Smith, H.G., Bergek, S., Caplat, P., Casini M., Ekroos J., Gårdmark A., Halling C., Huss M., Jönsson AM., Limburg K., Miller P., Nilsson L., Sandin, L. (2020). *Klimatförändringar och biologisk mångfald – Slutsatser från IPCC och IPBES i ett svenskt perspektiv*. SMHI och Naturvårdsverket. Klimatologi Nr 56.
<https://www.naturvardsverket.se/4ac14d/globalassets/media/publikationer-pdf/x/1654-2258-smhi-naturvardsverket.pdf> [2025-08-20]
- M., Carlyle-Moses, D., Livesley, S., Baptista, M., Thom, J., Szota, C. (2020). Urban Trees as Green Infrastructure for Stormwater Mitigation and Use. *Ecological Studie*. Upplaga 240: 397–432.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-26086-6_17 [2024-05-23]
- Collet, C., Frochot, H., Guehl, J. (1996). Growth dynamics and water uptake of two forest grasses differing in their growth strategy and potentially competing with forest seedlings. *Canadian Journal of Botany*. 74(10): 1555-1561.
<https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/b96-188> [2024-05-23]
- Dowtin, A., Cregg, B., Nowak, D., Levia, D. (2023). Towards optimized runoff reduction by urban tree cover: A review of key physical tree traits, site conditions, and management strategies. *Landscape and Urban Planning*. Volume 239.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204623001688?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=899ca68cb9827724 [2024-05-30]
- Eriksson Lantz, R. (2020). *Vilka trädarter kan inom 50 år bli invasiva i svenska städer?*. Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp.
https://stud.epsilon.slu.se/16555/5/Eriksson%20Lantz_r_210331.pdf [2024-10-11]

- Farquharson, L., Pettersson Skog, A. (2021). SODA.
<https://vaguiden.se/wp-content/uploads/2023/05/Grona-tak-2.pdf> [2024-05-07]
- Groth, E., Hedberg, L., Ladefoged, M., Ryttemarker, J., Säving, K. (2024). *Skyfall i Bålsta – En konsekvensanalys av skador och kostnader vid extrema skyfall*. Uppsala universitet. Uppsala.
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1865864/FULLTEXT01.pdf>
[2025-06-27]
- Håbo kommun. (2019). *Håbo i siffror 2019*.
<https://www.habo.se/download/18.1d0b23fc16f1aba41673e4a/1576768113296/H%C3%A5bo%20i%20siffror%202019.pdf>
[2024-05-07]
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport.pdf [2025-08-20]
- Johansson, A. (2019). *Svårskötta gräsmattor i urban miljö – förutsättningar, problem och möjligheter*. Sveriges lantbruksuniversitet. Alnarp.
https://stud.epsilon.slu.se/15143/7/axell_%20johansson_g_191010.pdf
[2024-05-07]
- Jacobsson, J., Olsson, E. (2023). *En entrégestaltning med dagvattenlösningar samt vegetationsval - Ett samarbete mellan en landskapsingenjör och en trädgårdsingenjör*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp.
<https://stud.epsilon.slu.se/19544/1/jacobsson-j-%26-olsson-e-20231004.pdf>
[2024-05-13]
- Karlström, M. (2019). *Dagvattenhantering med träd och Kolmakadam*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.
https://stud.epsilon.slu.se/14501/1/karlstrom_m_190520.pdf [2024-05-23]
- Lantmäteriet. (u.å). Håbo kommun. SWEREF 99 TM. Färgkarta. [Kartografiskt material]
<https://karta.habo.se/spatialmap> [2025-06-27]
- Länsstyrelsen Uppsala län. (u.å.). *Klimatanpassning*.
<https://www.lansstyrelsen.se/uppsala/samhalle/klimatanpassning.html>
[2024-09-13]
- Malm, M., Hasselmark Mason, T. (2023). *Blågrön dagvattensamordnare – Identifiering av ny roll och framtagande av kurspaket*. SODA.

<https://vaguiden.se/wp-content/uploads/2023/05/SODA-Blagron-dagvattensamordnare.pdf> [2024-05-07]

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2017). *Vägledning för skyfallskartering tips för genomförande och exempel på användning*. Publikationsnummer MSB1121.
<https://rib.msb.se/filer/pdf/28389.pdf> [2025-08-20]

Nilsson, A. (2014). *Ginkgo biloba - En lämplig art i hårdgjord stadsmiljö?*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Alnarp.
https://stud.epsilon.slu.se/5953/1/nilsson_a_140416.pdf [2024-05-13]

Pettersson Skog, A., Malmberg, J., Emilson, T., Jägerhök, T., Capener, C. (2021). *GRÖNATAKHANDBOKEN – Andra utgåvan - Växtbädd och Vegetation Betong, Isolering och Tätskikt*. Svensk Byggtjänst., VINNOVA.
<https://gronatakhandboken.se/pdf/> [2024-05-07]

Redfern, T., Macdonald, N., Kjeldsen, T., Miller, J., Reynard, N. (2016). Current understanding of hydrological processes on common urban surfaces. *SageJournals*. Volym 40.
https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0309133316652819?casa_token=FgEKgM8AodAAAAAA%3A59S_CvZ9mwCSuA_7yRcUlIJPnkNeLmZpDTZaYRjP5HvQOP3n5TjWNDYppN5woNqRXFneY_DTMfboQ [2024-09-13]

Rosander Sjöberg, C., Hållbarhetsstrateg Håbo kommun. Bålsta kommunhus. Intervju den 18/3 2024.

SCB. (2024). *Folkmängd i riket, län och kommuner 31 december 2024 och befolkningsförändringar 2024*. <https://www.slu.se/bibliotek/skriva--referera/referera/skriva-referenslista-enligt-slus-harvard-stil/> [2025-02-10]

Simonsson, M., (2023). Föreläsning i kursen Markvetenskap. Biologi och miljövetenskap kandidatprogram. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala. [2024-03-28]

SLU Artdatabanken (2024). Artfakta: douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*).
<https://artfakta.se/taxa/219883> [2024-09-30]

SLU Artdatabanken (2024). Artfakta: ginkgo (*Ginkgo biloba*).
<https://artfakta.se/taxa/259676> [2024-09-30]

SLU Artdatabanken (2024). Artfakta: katalpa (*Catalpa bignonioides*).
<https://artfakta.se/taxa/222385> [2024-09-30]

- SLU Artdatabanken (2024). Artfakta: jättetuja (*Thuja plicata*).
<https://artfakta.se/taxa/222171> [2024-09-30]
- SLU Artdatabanken (2024). Artfakta: skogslind (*Tilia cordata*).
<https://artfakta.se/taxa/222051> [2024-09-30]
- SLU Artdatabanken (2024). Artfakta: skogslönn (*Acer platanoides*).
<https://artfakta.se/taxa/223315> [2024-09-30]
- SLU Artdatabanken (2024). Artfakta: svarttall (*Pinus nigra*).
<https://artfakta.se/taxa/222161> [2024-09-30]
- SMHI. (2011). *Skyfall och rotblöta*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/skyfall-och-hagel/skyfall-och-rotblota-1.17339> [2024-10-11]
- SMHI. (2021). *Olika typer av översvämningar*.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/oversvamningar/olika-typer-av-oversvamningar-1.176299> [2024-10-11]
- Sörensen, J. (2019). Pluviala översvämningar i stort och smått. *Vatten: tidskrift för vattenvård / Journal of Water. Management and research*, 74(4), 207-220.
https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/62828388/VATTEN_4_209_222.pdf
 [2024-09-12]
- Södra Munksjön Utvecklings AB. (2021). *Blå- och grönstrukturstrategi för södra Munksjön*. (Version 1.0). Södra Munksjön Utvecklings AB.
<https://sodramunksjon.se/download/18.71acb9fb195f05d55717fd7/1743599994102/BI%C3%A5-%20och%20gr%C3%B6nstrukturstrategi%20f%C3%B6r%20S%C3%B6dra%20Munksj%C3%B6n%202021%20tillg..pdf#:~:text=I%20H%C3%A5llbarhetsprogram%20f%C3%B6r%20utvecklingen%20av%20S%C3%B6dra%20Munksj%C3%B6n,har%20med%20omr%C3%A5dets%20fysiska%20utformning%20att%20g%C3%B6ra> [2024-04-30]
- Tierps Energi & Miljö AB. (2024). *Gröna ytor*.
<https://temab.tierp.se/gata-och-park/grona-ytor.html> [2024-04-30]

Tack

Tack till Ulf Grandin och Malin Olofsson för stöttningen i att hitta en handledare. Tack till David Sörme från STUNS Energi som guidade mig till att hitta en bra biträdande handledare till projektet samt kunde svara på mina frågor och tack till Angelica Rask från STUNS Energi som har varit hjälpende kring problem som uppkommit under arbetet samt haft en stöttande roll. Stort tack till Martyn Futter som ville vara min handledare för detta kandidatarbete och haft stor förståelse för problematik jag stött på under arbetets gång och som hjälpt mig med planering samt givit konstruktiva förbättringsförslag på rapporten. Tack till Clara Rosander Sjöberg som ville ställa upp som biträdande handledare och som tog sig tid att tillsammans med Martyn ge konstruktiva ändringsförslag i rapporten. Tack till Emma Elmi Lannergård som kunde ställa upp som min examinerare. Slutligen vill jag säga tack till min familj och vänner som stöttat mig otroligt mycket under detta arbete.

