



# Blågröngrå system i kallt klimat

Jennika Jädernäs & Erika Tjernberg

Självständigt arbete 30hp | Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap | Institutionen för stad och land

Landskapsarkitektprogrammet | Uppsala 2021

### Publicering & arkivering



JA

vi ger härmed vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.



NEJ

vi ger inte vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete.

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap

Institutionen för stad och land

Avdelningen för landskapsarkitektur, Uppsala

Examensarbete vid landskapsarkitektprogrammet, Ultuna

**Kurs:** EX0860, Självständigt arbete i landskapsarkitektur, A2E

**Kursansvarig institution:** institutionen för stad och land

**Nivå:** Avancerad A2E

© 2021 Jennika Jädernäs & Erika Tjernberg

**Titel på svenska:** Blågröngrå system i kallt klimat

**Titel på engelska:** Blue-green-grey Systems in Cold Climate

**Handledare:** Gudrun Rabenius, SLU, institutionen för stad och land

**Examinator:** Hildegun Nilsson Varhelyi, SLU, institutionen för stad och land

**Bitr. examinator:** Emma Butler, SLU, institutionen för stad och land

**Bitr. examinator:** Åsa Ahrland, SLU, institutionen för stad och land

**Omslag:** Visionsbild Fabriksgatan

**Upphovsrätt:** Samtliga bilder, foton, illustrationer och kartor i examensarbetet publiceras med tillstånd från upphovsrättsinnehavaren. Där inget annat anges är de författarnas egna.

**Originalformat:** A3

**Nyckelord:** Blågröngrå system, dagvattenhantering, regnbädd, skelettjord, kallt klimat, grön urban infrastruktur, klimatanpassning, ekosystemtjänster, gatugestaltning, landskapsarkitektur

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

# Tack

---

**Guðrun Rabenius** för din mycket hjälpsamma handledning och dina blixtnabba mailsvar.

**Björn Embrén, Örjan Stål, Godecke Blecken och Ronnie Nilsson** för all kunskap ni delat med er under arbetets gång och en otroligt givande gruppintervju.

**Magnus Granath, Ann-Charlotte Edholm, Anna-Sofia Malmström, Anneli Bartholdsson, Frank Stålberg, Annika Lind, Fredrik Gustafsgård och Stefan Fällström** på Örnsköldsviks kommun för ert samarbete, alla underlag och för ert förtroende för oss.

**Josefin Jädernäs** på våningen ovanför för din textgranskning, dina fina hejarop och dina glassleveranser.

**Kajsa Åström** på Sweco för din guidning och dina tips kring arbetsordning och utformning.

**Anna Englund** på AJ landskap för information och material kring Norra Djurgårdsstadens BGG-system.

# Sammanfattning

---

I takt med urbaniseringen runt om i världen sker markanspråk som ökar mängden hårdgjorda ytor utan infiltrationsförmåga vilket samtidigt reducerar grön urban infrastruktur och ekosystemtjänster. Förlorade ekosystemtjänster är problematiskt eftersom vi människor är starkt beroende av dem, exempelvis genom luftrening, temperaturutjämning och dagvattenreglering. Denna utveckling tillsammans med traditionella dagvattensystem är inte en hållbar utveckling eftersom dagvattnet inte renas från föroreningar och hela stadens vatten skickas genom samma system. Detta innebär att föroreningar släpps ut i recipienterna och att översvämningsrisken ökar när flödet överstiger brunnarna och ledningarnas kapacitet. Sammantaget försvårar detta dagvattenhantering i städer samtidigt som de rådande klimatförändringarna innebär ökad nederbördsintensitet. Intensiteten förväntas öka mest i området som ligger norr om 60:e breddgraden och därför ökar utmaningarna i städer som ligger i kallt klimat. Städer i kallt klimat står inför ytterligare utmaningar när marken fryser och infiltrationsmöjligheterna begränsas. När det regnar eller smälter samtidigt som marken är frusen blir vattnet stående och isbildningar uppstår. Detta sker i Örnsköldsvik samtidigt som stadens gröna urbana infrastruktur reducerats, därför är kommunen intresserade av nya metoder för dagvattenhantering och grön urban infrastruktur i deras gatumiljöer. Därför är syftet med det här arbetet att föreslå klimatanpassade åtgärder för gaturum i kallt klimat gällande dagvattenhantering och grön urban infrastruktur.

Blågröngrå system möjliggör multifunktionella ytor, ytor där flera funktioner kan samexistera, exempelvis kan trafik, dagvattenhantering och grön urban infrastruktur alla få plats på samma ytor. Blågröngrå system saknas idag i kallt klimat trots att behovet är stort. Arbetets frågeställning fokuseras på hur Fabriksgatan i Örnsköldsvik, ett gaturum i kallt klimat, kan gestaltas med ett blågröngrått system.

En generell beskrivning av hur blågröngrå system kan utformas i kallt klimat presenteras med typsektioner i arbetet. Dessa typsektioner är anpassade med makadam i olika fraktionsspann för att vatten inte ska bli stående, vilket säkrar infiltration i systemet även under vinterhalvåret när marken är frusen. BGG-systemet möjliggör fördröjning, rening och magasinering av dagvatten vilket i sin tur möjliggör ökad mängd grön urban infrastruktur och främjar ekosystemtjänster där systemen placeras.

Gestaltningförslaget som presenteras i arbetet visar hur Fabriksgatan, ett faktiskt gaturum i kallt klimat, kan utformas för att skapa en hållbar dagvattenhantering och öka Örnsköldsviks gröna urbana infrastruktur. I förslaget föreslås att 787 kvadratmeter av Fabriksgatans totala 3400 kvadratmeter utrustats med regnbäddar och kompletteras med skelettjordar. Gestaltningförslaget innebär att Fabriksgatan, som idag är helt asfalterad, rustas med många träd (sex arter), buskar (sex arter), perenner (16 arter) och lökar (tre arter) som tillsammans främjar den biologiska mångfalden och 15 andra ekosystemtjänster.

# Summary

The following section is a short summary of the project's background, method and the three syntheses that resulted in type solutions for blue-green-gray systems in cold climates and a design proposal for Fabriksgatan in Örnsköldsvik. After this a brief description of the project's discussion follows.

## Background

With urbanisation claiming land area, and the climate changes occurring, there is an increasing challenge regarding cities' management of stormwater (Liao, Deng, and Tan 2017). Green urban infrastructure (GUI) is replaced by paved surfaces (Andersson et al. 2014). At the same time traditional stormwater management lack sustainability (Haghighatafshars 2019) and to avoid inconveniences caused by floods it is necessary to unburden stormwater systems through delaying stormwater on its course towards the recipient by collecting, infiltrating and storing it (Bates et al. 2008; Deak Sjöman & Östberg 2020). Introducing blue-green-grey systems (BGG-systems) to the streetscape, integrating water and vegetation with the grey paved surfaces of the urban infrastructure, is an effective approach that counteracts the negative impact of urbanisation enabling more sustainable cities equipped for future challenges (Haghighatafshars 2019). BGG-systems are a relatively new technology and therefore not established within urban community planning (Blecken 2019). This explains why there are no BGG-systems in cold climate despite the fact that it is expected that rainfall intensity will increase the most north of latitude 60 (Bates et al. 2008).

During the winter months the stormwater management in Örnsköldsvik is, according to Edholm (2021), affected due to the low infiltration capacity caused by frozen ground. When the temperature drops below freezing point the water remaining on the street form ice around wells and in hollows.

Fabriksgatan is central two block streetscape in Örnsköldsvik, facing reconstruction, and constitutes the work area of the project. The aim of which is to investigate how BGG-systems may function in a cold climate.



Figure 1. For this project cold climate is classified as Sweden's hardiness zones 5-8.

## Objective

The objective of the project is to present climate-sustainable solutions regarding stormwater management and GUI in cold climate. These solutions are summarised in a site-specific design proposal and technical type solutions as a basis.

## Aim

How can Fabriksgatan in Örnsköldsvik, a streetscape in cold climate, be designed with a BGG-system?

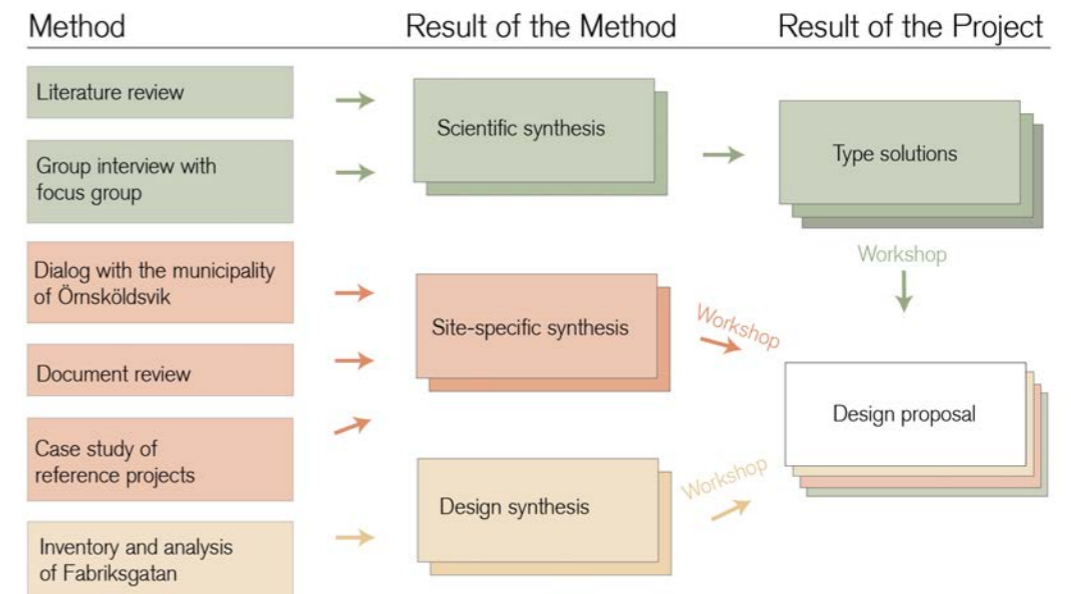


Figure 2. Schematic view of the method.

## Method

A scientific synthesis was constructed to investigate how BGG-system function in cold climate through a literature review, and a group interview with a focus group. This synthesis is the basis of the project's first results, the type solutions for BGG-systems in cold climate. The next step was to enable the type solutions to be applicable in Örnsköldsvik and therefore investigation and reconnaissance of Fabriksgatan was needed to gain understanding of the site's local aspects. To achieve this a review of local plans and strategies from the municipality of Örnsköldsvik was performed and a dialog was held with the local community building operators. These methods resulted in a site-specific synthesis. Subsequently, a case study was completed on four reference projects focusing on the design of streetscapes. The design synthesis of the project constitutes these case studies and an inventory and analysis of Fabriksgatan. The design synthesis concluded the project, enabling a sketch workshop to apply the type solutions and create a satisfactory design proposal for Fabriksgatan.

## Scientific synthesis

The scientific synthesis emphasises the importance of GUI and its ecosystem services. There are 22 defined ecosystem services and promoting green infrastructure in the urban environment creates conditions for 16 of them

(Boverket 2019b). GUI increases biological diversity which is a prerequisite for ecosystems to function and provide other services such as stormwater management and temperature regulation (Boverket 2019a; 2019c). The process of urban development needs to change and green infrastructure may be of great service in facing the challenges (Boverket 2020b). Urban trees require little space in relation to the benefit they provide and thus especially important (Sjöman & Östberg 2020).

Furthermore, the scientific synthesis provided information that the pollution levels are high in areas where human activity is high (Mamun et al. 2020). This means that particles, organic substances, and metals, accumulate in stormwater that flows across the surfaces of the city and negatively impact the recipient (Naturvårdsverket u.å.). Ice water is further polluted because pollutants are accrued in snow (Reinosdotter 2007). To sustainably manage stormwater, multifunctional facilities integrating water with green and grey areas are required (Haghighatafshars 2019). If further storage is required BGG-systems infiltrate, delays, purifies and stores stormwater in rain gardens, skeletal and structural soil (Fridell et al. 2020).

### Site-specific synthesis

Örnsköldsvik is located in a hilly landscape (Örnsköldsviks kommun 2020) and the city centre is geographically limited by three surrounding mountains. As densification of the city centre occur the municipality of Örnsköldsvik (2012) deem it urgent to beneficially utilise the available land. The city is located on clay soil resulting in high risk of ground frost. Moreover, the winter climate characterises Örnsköldsvik as the city on average in February receives 50-70 cm of snow (SMHI u.å.).

Between 1960 and 2020 the population density in the urban areas of Örnsköldsvik have increased while GUI has decreased. Generally dead trees or trees removed for other reasons have not been replaced. Even on private properties the GUI has been reduced in favour of paved surfaces.

Furthermore, the majority of Örnsköldsvik's streetscapes are classified as highly polluted (Länsstyrelsen Västernorrland 2014), partly because of European route 4 running through the city and 22'000 vehicles/day passing through the city (SVT 2017).

According to Gustafsgård (2021) the majority of Örnsköldsvik's stormwater runs through a stormwater channel, which is directly connected to the recipient, an end-of-pipe solution. The stormwater management requires change (Zakarisson 2020) and Gustafsgård (2021) believes that the stormwater wells at the project's site are too few and have too low capacity.

Through the site-specific synthesis the inventory and analysis of Fabriksgratan is also presented and this is the basis for the program items and the design proposal.

### Design synthesis

During the design synthesis Strandbodgatan, Torgny Segerstedts Allé, Jaktgatan and Taxgatan were inventoried and analysed. These four streetscapes all have BGG-systems but different designs. The analysis emphasises strengths and weaknesses in each design.

### Results – Type solutions

These results originate from the scientific synthesis and demonstrates possible designs of BGG-systems in cold climate.

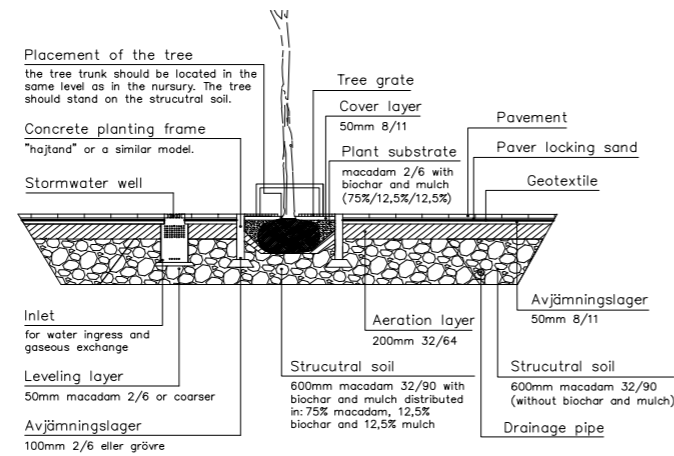


Figure 3. The type solution regarding how a skeletal soil can be constructed in cold climates.

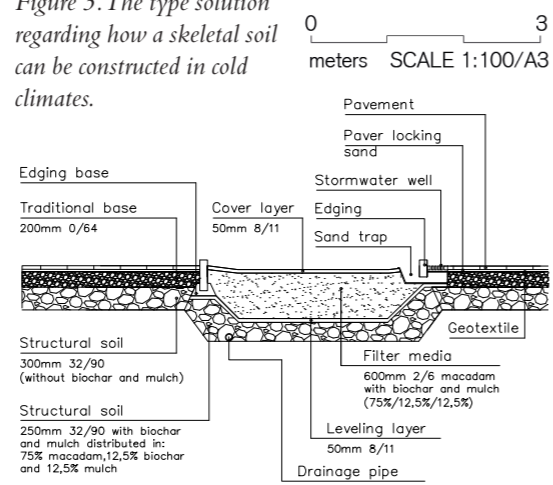


Figure 4. The type solution regarding how a rain garden and a paved surface can be constructed in cold climates.

### Results – Design proposal

The design proposal equips 787 square meters of Fabriksgratan's total area of 3400 square meters with rain gardens. Therefore 23% of the street space has been transformed from completely grey to green, an even larger percentage is made possible by the additional trees within paved surfaces and skeletal soils. With this design Fabriksgratan will be the first climate-adapted street space in Örnsköldsvik, with stormwater promoting GUI that in turn promotes several ecosystem services including the regulation and purification of stormwater.



Figure 5. The illustration plan presents a new design for Fabriksgratan, promoting Örnsköldsvik's green urban infrastructure and a more sustainable stormwater management.

### Discussion

BGG-systems are theoretically functional in cold climates and since climateadapted streetscapes are particularly important there, it is of great importance that they are implemented in the urban development of cities in cold climate. Nevertheless, BGG-systems in cold climates are considered an untested method and there is a gap in knowledge existing around the function of BGG-systems. The results of the project might enable reduction of this gap.

Furthermore, it is not certain that the type of solutions are adaptable enough, and there is an uncertainty concerning how well the stormwater purification actually will work if they are applied. Mostly because larger fractions than sand, which is recommended, has been selected in favour of larger pore volume and decreased risk of ground frost. The type solutions does not necessarily present the only variant of BGG-systems in cold climates, and further adaptation is required as new research is made available.

The discussion also describes the design proposal and different scenarios. The choices of plants in the proposal challenging the hardiness zones could, for example, provide Örnsköldsvik with a greater species diversity, but could also lead to higher economical costs.

Positive aspects of purifying stormwater at Fabriksgratan is discussed, as well as the awareness of the result itself not significantly contributing

to increased surface water quality in Öviksfjärden. However, the design proposal is viewed as a basis for the conversion of more streetscapes with BGG-systems in Örnsköldsvik.

The fact that the design proposal lacks an economic budget is positive for this type of project as it enables ideas and possibilities to be the focus. When new design proposals based on these results are developed, however, a financial framework is needed for the projects to be realistic.

Discussion regarding the method highlights the group interview with the focus group as most valuable for the results of the project. However, there is a risk that knowledge from the experts did not surface since the interview was semi-structured and designed as a conversation between the experts.

Finally, the role and responsibility of the landscape architect to convey the knowledge of BGG-systems to other community planners to receive support and funds to realise adequate projects are discussed. Thus, this project can provide support to landscape architects to prioritise stormwater management, GUI, and ecosystem services in cold climates.

# Innehåll

<b>Bakgrund</b>	<b>15</b>
Grön urban infrastruktur	15
Dagvattenhantering i städer	15
Blågröngrå system	15
Kallt klimat och dagvattenhantering	16
Örnsköldsvik & Fabriksgatan	16
Syfte	19
Frågeställning	19
Avgränsning	19
<b>Metod &amp; material</b>	<b>20</b>
Vetenskaplig syntes	20
Litteratursökning	20
Grupptervju med fokusgrupp	21
Platsknuten syntes	21
Dokumentgranskning	21
Dialog	22
Inventering & analys av Fabriksgatan	22
Designsyntes	22
Fallstudie på referensprojekt	22
Workshop	22
<b>Vetenskaplig syntes</b>	<b>25</b>
GUI & ekosystemtjänster	25
Stödande ekosystemtjänster	25
Kulturella ekosystemtjänster	27
Reglerande ekosystemtjänster	27
Ekonomiska fördelar	27
Urbana träd	28
Grön urban infrastruktur i framtiden	29
Växtval i kallt klimat	30
Markförhållanden	30
Gestaltning för vinterhalvåret	30
Dagvattenhantering	33
Föreningar i dagvatten och dess härkomst	33
Dagvattnets föroreningsgrad	33
Olika dagvattenlösningar	34
Hållbar & klimatanpassad dagvattenhantering	35
Blågröngrå system	37
"Sponge cities" & blågröngrå system	37
Öppet förstärkningslager	37
Skelettjord	41
Regnbäddar	44
Växter i blågröngrå system	47
<b>Platsknuten syntes</b>	<b>49</b>
Örnsköldsvik	49
Örnsköldsviks klimat	49

Föreningar i Ö-vik	49
Grön urban infrastruktur i Örnsköldsvik	51
Reducerad grön urban infrastruktur	51
Grön urban infrastruktur på privata fastigheter	51
Kommuns vision om grön urban infrastruktur	51
Dagvattenhantering i Örnsköldsvik	51
Dåtidens dagvattenhantering	51
Dagens dagvattenhantering	51
Öviksfjärden som recipient	52
Dagvattenhantering Fabriksgatan	52
Framtidens dagvattenhantering i Örnsköldsvik	53
Snöhantering på Fabriksgatan	53
Inventering del 1: trafik, grönstruktur & ljusförhållanden	54
Analys Fabriksgatan, del 1	55
Inventering del 2: lutningar, dagvatten & befintliga ledningar	56
Analys Fabriksgatan, del 2	57
<b>Designsyntes</b>	<b>59</b>
Referens 1: Strandbodgatan	59
Referens 2: Torgny Segerstedts Allé	63
Referens 3: Jaktgatan	67
Referens 4: Taxgatan	71
Sammanställning av SWOT-analyserna	75
<b>Resultat 1: Typsektioner</b>	<b>76</b>
Regnbäddar	76
Magasin under hårdgjord yta	76
Skelettjord	77
<b>Resultat 2: Gestaltningförslag</b>	<b>79</b>
Koncept: grönt vatten	79
Gestaltungsprinciper	79
Grönt vatten på Fabriksgatan	80
Fabriksgatans grå element	80
Fabriksgatans gröna element	82
Fabriksgatans blå element	87
Människans vistelse på Fabriksgatan	88
Tekniska handlingar	89
<b>Diskussion</b>	<b>95</b>
Resultatdiskussion	95
Metodens påverkan på resultatet	99
Resultatet vänt mot omvärlden	101
Slutsats	101
Fortsatt forskning	101
<b>Referenser</b>	<b>102</b>
<b>Bilaga 1</b>	<b>108</b>
<b>Bilaga 2</b>	<b>109</b>



Figur 6. Kring Järnvägsgatan i Örnsköldsvik har behovet av hårdgjord yta ökat när nya lägenheter och ett resecentrum byggs.

## Bakgrund

Med urbanisering, ökad befolkningstillväxt och större markanvändningstryck ökar utmaningarna i städer (Hallegatte & Corfee-Morlot 2011). Enligt Forman och Wu (2016) beräknas den globala befolkningen nå 8,5 miljarder människor år 2030, vilket ger en global befolkningsökning på nästan en miljard under tio år. Denna ökning innebär högt tryck på tätorternas tillväxt och kan bli problematisk eftersom snabb urbanisering och förtätning ofta innebär reducerad mängd urbana vegetationsytor och större andel hårdgjord yta (Andersson et al. 2014).

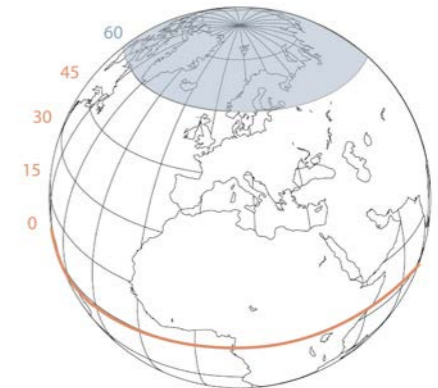
### Grön urban infrastruktur

Vegetationsytor som är inblandade i den byggda miljön kallas grön urban infrastruktur och förkortas "GUI" (EEA 2015; Wei et al. 2018). Denna typ av infrastruktur är grunden till livsavgörande ekosystemtjänster och människans välbefinnande i städer (Wei et al. 2018; Malaviya & Sharma 2021). GUI kan reducera effekter av klimatförändringarna i urbana områden (Demuzere, M. et al 2014; Salmond et al. 2016; Malaviya & Sharma 2021). Under urbaniseringen behöver därmed GUI främjas och upprätthållas för att uppnå en hållbar stadsutveckling (EEA 2015; Wei et al. 2018; Malaviya & Sharma 2021).

### Dagvattenhantering i städer

Regn- och smältvatten som inte infiltreras i marken utan rinner över stadens hårda ytor kallas dagvatten (Naturvårdsverket 2020a). I takt med urbaniseringsprocessens markanspråk och rådande klimatförändringar blir hanteringen av dagvattnet i städer allt svårare (Liao, Deng, och Tan 2017). I artikeln *Climate Change and Water* som är utgiven av IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) menar Bates m.fl. (2008) att nederbördsintensiteten förväntas öka och att detta främst kommer ske i området norr om breddgrad 60. Även Bernes (2016) menar att vinternederbörden förväntas öka i nästan hela Europa och att de nordiska länderna även väntas få ökad nederbörd under sommarhalvåret när resten av kontinenten blir torrare. I denna förändring är de traditionella dagvattensystemen inte hållbara enligt Salar Haghghatafshars (2019), detta på grund av systemens utformning.

För att undvika svåra provningar orsakade



Figur 7. En stor del av norra Sverige kommer drabbas av ökad nederbörd på grund av klimatförändringarna.

av översvämningar är det nödvändigt att avlasta dagvattensystemen och fördröja dagvattnet i sin kurs mot recipienten, detta genom att samla upp, infiltrera och magasinera det (Bates et al. 2008; Deak Sjöman & Östberg 2020).

Allt fler ogenomträngliga ytor i städerna resulterar dessutom i mer förorenat dagvatten och därmed sämre vattenkvalitet i recipienter (Liao et al. 2017). I och med dessa problem kring markanspråk och hårdgjorda ytor är flexibel infrastruktur, som kan tillgodose flera behov på samma yta, nödvändig för att möta den komplexa problematiken som följer med ökad nederbördsintensitet.

### Blågröngrå system

Salar Haghghatafshars (2019) beskriver att när växter används för att omhänderta, fördröja och magasinera dagvatten skapas ett hållbart kretslopp.



Han menar att detta kallas för blågröna system och att dessa är hållbara eftersom de efterliknar naturens egna processer för avrinning, infiltration, avdunstning, transpiration samt magasinering. Dessa dagvattenlösningar kan vara gröna tak, dammar, kanaler, svackdiken och liknande (Haghighatafshars 2019).

När blågröna system används i den byggda miljön menar Fridell m.fl. (2020) att de blir blågröngrå system (BGG-system). BGG-system är inte stora strukturer, som exempelvis svackdiken, utan mindre dagvattensystem som är integrerade i gatumiljöns hårdgjorda struktur. Detta kan vara regnbäddar, skelettjordar och öppna förstärkningslager. Ett BGG-system med dessa komponenter renar och fördröjer gatans dagvatten genom infiltration i alla tre delar (Fridell et al. 2020). Ett BGG-system möjliggör generösa ytor för vegetation samtidigt som gatans funktion upprätthålls (ibid.). Dessa lösningar kan avlasta de befintliga dagvattensystemen vilka Haghighatafshar (2019) beskriver som underdimensionerade i förhållande till nutida och framtida dagvattenflöden. Att använda sig av BGG-system innebär att dagvatten går från att vara en belastning i staden till en resurs för grön infrastruktur som i sin tur höjer ekologiska och estetiska värden (Haghighatafshar 2019).



Figur 8. Ett system som tar tillvara på vattnet och ger upphov till vegetation i den hårdgjorda miljön kallas för "BGG-system".

### Kallt klimat och dagvattenhantering

Användning av regnbäddar är idag mer förekommande i länder med varmare klimat, det menar Malaviya och Sharma (2021). Enligt dem är regnbäddar en välanvänd metod för dagvattenhantering och GUI i länder som

Australien, Indien och USA. Jämfört med dessa länder innefattas rimligtvis hela Sverige i termen kallt klimat, men sett till endast Sverige skiljer sig klimatet markant mellan olika delar. Sverige är indelat i åtta växtzoner och ju kärmare klimat desto högre växtzon (Svensk trädgård u.å.). I det här arbetet definieras kallt klimat som områdena i växtzon fem till åtta.

Malaviya och Sharma (2021) menar att det behövs undersökningar kring hur regnbäddar fungerar i kallt klimat, men regnbäddar byggs redan nu i exempelvis Stockholm och Uppsala som ligger i växtzonerna två och tre (Uppsala kommun 2019). I de högre växtzonerna saknas dock BGG-system (Blecken 2019) och undersökningar kring systemens funktion i dessa områden behövs.

Blecken (2019) pekar på ett kunskapsglapp kring hur tekniken fungerar i zoner med strängare vinterklimat som en anledning till att de inte byggs där. Han menar att aktuell information om detta finns i vetenskapliga artiklar som inte är fritt tillgängliga för allmänheten och därmed kan man förstå att kunskapsläget bland forskare och exempelvis kommunala tjänstemän skiljer sig.

Att städerna i norra Sverige saknar BGG-system är problematiskt eftersom norra Sverige är en del av landet som kommer drabbas av störst ökning av nederbördsintensitet (Bates et al. 2008). Karin Reinosdotter (2007) skriver dessutom i sin doktorsavhandling vid Luleå tekniska universitet att koncentrationen av föroreningar i smältvatten från snö är åtta gånger högre än i regnvatten. Städer i kallt klimat har därmed ett stort behov av att skydda sina recipienter och införa lokal rening av dagvatten.

### Örnsköldsvik & Fabriksgatan

Örnsköldsvik ligger i kallt klimat (växtzon fem) intill havet på Sveriges östkust. Staden är enligt SCB (2015) en glest befolkad tätort men urbanisering och befolkningstillväxt är påtaglig även här. Fram till 2032 förväntas befolkningsökningen i Örnsköldsvik kräva mellan 1500 och 2500 nya bostäder i centralorten vilket planeras genomföras med förtätning (Örnsköldsviks kommun 2012). Då förtätning innebär markanspråk som kan reducera stadens GUI och öka mängden hårdgjorda ytor



Figur 9. Örnsköldsvik ligger i den stora del av Sverige som i det här arbetet definieras som kallt klimat (blå markering).

(Andersson et al. 2014) behövs tillvägagångssätt som tillgodoser kravet på bostäder samtidigt som GUI bevaras och främjas. Detta tillsammans med att staden ligger i området som Bates m.fl. (2008) menar kommer drabbas av störst ökning vad

gäller nederbördsintensitet understryker vikten av att införa hållbara dagvattensystem i städer som Örnsköldsvik.

När det gäller dagvattenlösningar pekar Edholm (2021) på utmaningar med kallt klimat. Hon beskriver att problem uppstår när det regnar eller när snön smälter i Örnsköldsvik samtidigt som marken är frusen. I dessa situationer blir infiltrationen knapp och Edholm (2021) menar att den begränsade mängden vatten som infiltreras blir stående i marken och kan bilda tjäle och därmed påverka väggkroppen. Enligt SMHI (2016) uppkommer tjälen när vattnet i marken fryser till is och kräver då 9% mer utrymme i sin fasta form jämfört med sin flytande form. De menar att när isen sedan smälter igen uppkommer sättningsskador i vägar och gator, något som kan orsaka försämrad avrinning. Att medvetet leda in vatten i gatukroppen är därför något som länge ansetts vara negativt och är en anledning till varför det finns tvivelsamheter med BGG-system i städer med kallt klimat som Örnsköldsvik.

Edholm (2021) beskriver också att när infiltrationen är begränsad blir vatten stående i gaturummet och om det sedan fryser bildas en "iskaka" ovanpå markytan. Denna "iskaka" begränsar gatans tillgänglighet och den fortsatta infiltrationsförmågan.

Samtidigt har Örnsköldsviks kommun en ambition att bli en mer grön och klimatanpassad stad och förespråkar i och med detta gröna dagvattenlösningar i sin dagvattenstrategi (Örnsköldsviks kommun 2018a; Örnsköldsviks kommun 2018b). För att på ett tillfredsställande sätt skapa gröna dagvattenlösningar i kallt klimat och på så sätt främja GUI är det nödvändigt att sluta kunskapsglapp som Blecken (2019) beskriver och undersöka hur ett BGG-system kan konstrueras och gestaltas i dessa förutsättningar. För att uppnå detta inleddes ett samarbete med Örnsköldsviks kommun och från kommunens håll berättade Granath (2021) tidigt att två kvarter av Fabriksgatan är aktuella för ombyggnation. De två kvartererna är idag totalt hårdgjorda och med dess kommande ombyggnation och centrala läge är det ett gynnsamt gaturum att arbeta med i ett första steg för en introduktion av BGG-system i kallt klimat.



Figur 10. Översiktskarta Örnköldsviks centrum  
ORTOFOTO © LANTMÄTERIET (2021)



Figur 11. Två kvarter av Fabriksgatan står inför kommande åtgärder och dessa utgör projektets arbetsområde.

### Syfte

Syftet med arbetet är att föreslå klimatanpassade åtgärder för gaturum i kallt klimat gällande dagvattenhantering och grön urban infrastruktur. Dessa åtgärder sammanfattas i ett platsspecifikt gestaltungs-förslag med tekniska typsektioner som grund.

### Frågeställning

Hur kan Fabriksgatan i Örnköldsvik, ett gaturum i kallt klimat, gestaltas med ett blågröngrått system?

### Avgränsning

Arbetet behandlar endast den centrala stadens problematik gällande reducerad grön urban infrastruktur och dagvattenhantering, inte stadens ytterområden. Geografiskt avgränsas arbetsområdet till två kvarter av Fabriksgatan (mellan Viktoriaesplanaden och Villagatan) i Örnköldsvik, se figur tio och elva.

Arbetet avgränsas tematiskt till blågröngrå dagvattenlösningar i gatumiljöer. Större blågröna dagvattenlösningar såsom dammar, svackdiken och kanaler lämpar sig inte i gaturum och behandlas därför inte.

Arbetsområdet ägs av Örnköldsviks kommun och gränsar till privata fastigheter, därför innefattas endast gaturummet i arbetsområdet.

Privat grönstruktur som trädgårdar, gröna

väggar och gröna tak utelämnas.

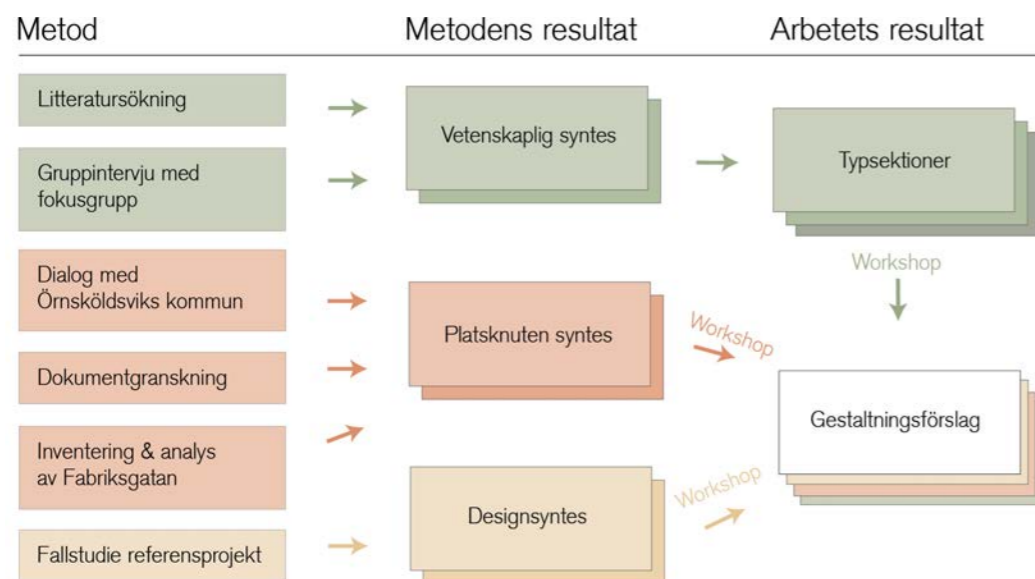
Eftersom syftet är att undersöka BGG-system i kallt klimat fokuserar arbetet på städer i området i Sverige som ligger i växtzon 5-8.

BGG-systemet dimensioneras för att kunna omhänderta ett 10-årsregn, större regn klassas som skyfall och omhändertas inte i gatumiljöer.

Skötsel av en anläggning är avgörande för dess funktion men den aspekten tas inte upp i detta arbete eftersom fokus ligger på gestaltning.

# Metod & material

**Genom sex olika metoder med sammanställning i tre synteser grundades arbetets resultat (typsektioner och ett gestaltungsförslag). De tekniska typsektionerna baseras på den vetenskapliga syntesen och gestaltungsförslaget grundas av alla tre synteserna tillsammans. För att sammanställa synteserna till en gestaltning utfördes flera workshops.**



Figur 12. Schematisk metodbeskrivning

## Vetenskaplig syntes

För att sammanställa en vetenskaplig syntes genomfördes en litteratursökning och en gruppintervju med en fokusgrupp. Information och kunskap som framkom ur dessa metoder ligger som grund till de tekniska typsektionerna av ett BGG-system i kallt klimat.

## Litteratursökning

Arbetet har baserats på forskning hämtad ur en systematisk litteratursökning. Denna sökmetod användes för att minimera riskerna för att godtycklighet ska påverka arbetets innehåll. Den systematiska litteratursökningen utfördes enligt metoden som Statens beredning för medicinsk och social utvärdering (SBU) beskriver i kapitel fyra "Litteratursökning" i boken *Utvärdering av metoder i hälso- och sjukvården - en*

*handbok från 2017*. Med testsökningar, en huvudsökning, citeringssökningar och kedjesökningar hjälper denna metod till att fånga så många, för ämnet, relevanta studier som möjligt och att hitta originalartiklar i internationella databaser med vetenskapligt innehåll (SBU 2017).

## Material

För att skapa en vetenskaplig syntes har Kent Fridells m.fl. (2020) handbok för blågröngrå system "Levande gaturum" varit en viktig källa. Handboken har givit en förståelse för komplexiteten i blågröngrå system. Denna har kompletterats med information från Stockholms stads (2017) trädhandbok samt en gruppintervju för att förstå hur ett BGG-system ter sig i kallt klimat och hur det kan utformas för att passa där.

Godecke Bleckens forskning och publikationer

om regnbäddar är en nyckelkälla i arbetet eftersom hans fokus ligger på dagvattenhantering och rening i kallt klimat.

Boverkets stora kunskapsbank om ekosystemtjänster är också en nyckelkälla som ligger som grund för kapitlet *Grön urban infrastruktur* i den vetenskapliga syntesen. Maria Wiklanders forskning och Naturvårdsverket har varit till hjälp för att förstå föroreningar i dagvatten.

## Gruppintervju med fokusgrupp

SBU (2017) beskriver att det är viktigt att inkludera expertkompetens eftersom experter kan bidra med kompletterande information och litteratur som inte fångas upp i litteratursökningar. I det här arbetet genomfördes därmed en intervju med experter som valdes ut till en fokusgrupp. Att använda en fokusgrupp är en intervjumetod som bygger på dialog och delaktighet mellan flera personer som snabbt kan utvärdera vad som är viktigast i en viss fråga (Gubrium & Holstein 2001). Gruppintervjun var semistrukturerad och inleddes med en kort presentation om arbetet följt av fyra diskussionsfrågor. Semistrukturerade intervjuer utgår från några få specifika frågor som intervjupersonen kan svara fritt på (Bryman & Bell 2017). Intervjumetoden valdes för att kunna rikta intervjun i en för projektet relevant riktning och samtidigt skapa utrymme för diskussion mellan deltagarna i fokusgruppen.

Fokusgruppens sammansättning grundar sig i en önskan om att täcka hela arbetets bredd, därför fick experter inom dagvatten, grön urban infrastruktur och gestaltning i gaturum förfrågan om att delta. För att uppnå detta bjöds följande personer in till en 90 minuter lång gruppintervju:

### Örjan Stål

Trädgårdstekniker på VIÖS AB och universitetsadjunkt vid SLU med specialkompetens om skelettjordar och träd i urban miljö.

### Björn Embrén

Specialist kring träd och växtbäddar i urbana miljöer som arbetar för Trafikkontoret vid Stockholms stad, Arbor konsult AB och SLU där han är universitetsadjunkt.

### Ronnie Nilsson

Landskapsarkitekt och projektledare för Uppsala kommun med specialkompetens inom gestaltning och anläggning av blågröngrå system.

### Godecke Blecken

Biträdande professor inom VA-teknik med specialkompetens om dagvattenrening i regnbäddar vid Luleå Tekniska Universitet.

### Anna Pettersson Skog

Hortonom och markexpert vid Sweco med specialkompetens inom dagvattenhantering och växtbäddar. Arbetar med AMA anläggning (referensverk för tekniska beskrivningar).

Alla deltog i gruppintervjun förutom Anna Pettersson Skog som lämnade återbud på grund av sjukdom.

På grund av den rådande coronapandemin och att experterna verkar på olika platser i Sverige genomfördes gruppintervjun digitalt. Intervjun spelades in och transkriberades i efterhand för att få med all kunskap som framgick till arbetet.

Alla deltagare i fokusgruppen fick inför intervjun fyra frågor på mail, frågor som utformats utifrån arbetets frågeställning. Innan intervjun svarade Örjan Stål, Björn Embrén och Godecke Blecken på mailet med information och kommentarer om respektive fråga. Utifrån dessa kommentarer specificerades frågorna som sedan ställdes under själva gruppintervjun, se intervjufrågorna i bilaga 1.

## Platsknuten syntes

För att skapa en platsknuten syntes har en dokumentgranskning av officiella dokument och andra källor om Örnköldsvik genomförts tillsammans med en dialog med kommunen och en inventering och analys av arbetsområdet.

## Dokumentgranskning

För att kunna skapa ett platsspecifikt gestaltungsförslag har officiella dokument som rör samhällsbyggnad från Örnköldsviks kommun granskats. Dessa dokument har hämtats från kommunens hemsida.

### Material

Dokument som varit särskilt vägvisande för den platsknutna syntesen var kommunens dagvattenstrategi, grönplan och översiktsplan.

### Dialog

Som komplement till dokumentgranskningen har en dialog förts med verksamma inom samhällsbyggnad vid Örnsköldsviks kommun. Kontakt har upprätthållits via videomöten, telefonsamtal och mailkorrespondens. Genom denna dialog har platsknuten information och underlag till Fabriksgatan hämtats. Till detta har följande personer bidragit:

- Magnus Granath – enhetschef vid trafik- och parkenheten
- Ann-Charlotte Edholm – utredningsingenjör
- Frank Ståhlberg – utredningsingenjör
- Anneli Bartholdsson – landskapsarkitekt
- Anna-Sofia Malmström – stadsträdgårdsmästare
- Annika Lind – karttekniker och trafikhandläggare
- Fredrik Gustafsgård – VA-utredare
- Stefan Fällström – Drift- och underhållschef Övik energi

### Inventering & analys av Fabriksgatan

Därefter genomfördes en inventering och analys av Fabriksgatans befintliga förutsättningar. Inventeringen och analysen fokuserades på två olika teman där det första temat behandlade gaturummets trafiksituation, grönstruktur och ljusförhållanden medan det andra temat innefattade gatans lutning, dagvattenhantering och hur ledningsnätet i marken såg ut. Inventeringen sammanställdes i planer och text medan analysen sammanställdes i punktform. Inventeringen och analysen kompletterades med information från dokumentgranskningen och dialogen med Örnsköldsviks kommun. Platsbesöket utfördes 15:e mars 2021 och gav en tydlig förståelse för gaturummets storlek, användning och karaktär.

### Designsyntes

För att skapa en designsyntes har en fallstudie av fyra olika referensprojekt gjorts som innefattar en inventering och en SWOT-analys för respektive gaturum ovan mark.

### Fallstudie på referensprojekt

Groat och Wang (2013) beskriver att en fallstudie är en empirisk undersökning som undersöker ett samtida fenomen i sitt verkliga sammanhang. För att göra fallstudier applicerbara på forskning inom arkitektur menar de att fallstudien kan definieras som en empirisk undersökning som undersöker ett fenomen eller miljö. För att skapa förståelse för hur ett BGG-system kan gestaltas i gatumiljö genomfördes en fallstudie på fyra etablerade gator med BGG-system. Referensprojekten som ingår i fallstudien är:

- Strandbodgatan, Uppsala
- Torgny Segerstedts Allé, Uppsala
- Jaktgatan, Stockholm
- Taxgatan, Stockholm

### Inventering

Gaturummens gestaltning är av betydelse för hur väl dagvattenhanteringen och den gröna urbana infrastrukturen kan förbättras likväl som upplevelsevärden för människan, därför undersöktes projektets gestaltning och sammanställdes i en inventering. Inventeringen fokuseras till gestaltningen ovan mark enligt:

- Utformning  
*dimensioner, trafiksituation och form*
- Utrustning  
*material, möbler, belysning och funktionsattribut*
- Växtmaterial  
*träd, buskar, perenner och lök*

### SWOT-analys

En SWOT-analys är en nulägesanalys skapad av Albert S. Humphrey och syftar till att identifiera styrkor, svagheter, möjligheter och hot (strength, weaknesses, opportunities och threats) på en plats (Jain 2015). Inventeringen för respektive gaturum analyserades utifrån denna metod, en SWOT-analys. Sammanställningen från analysen ligger som grund till de gestaltungsprinciper som präglar gestaltungsförslaget för Fabriksgatan.



Figur 13. Under workshopen skissades det på olika gestaltungslösningar och i bilden syns en skiss som undersökte hur Fabriksgatans trafiksituation skulle kunna se ut.

### Workshop

För att sammanställa ett gestaltungsförslag utifrån de tekniska typsektionerna, den platsknutna syntesen och designsyntesen utfördes flera workshops.

Under första workshopen arbetades konceptet fram. Genom dialog mellan författarna beslutades att konceptet skulle behandla problematiken kring dagvattenhantering och förlorad GUI på platsen. Därmed kunde konceptet bli en motivation, inspiration och ett ledord att sträva efter.

Efter att konceptet formats påbörjades en utformning av gestaltungsprinciper i punktform, även detta genom dialog mellan författarna. Gestaltungsprinciperna delades upp i två fokus. De första gestaltungsprinciperna utgår från arbetets syfte och behandlar det blågröngrå-systemets funktioner, dessa principer sågs som ett krav för gestaltungsförslaget. Den andra delen av gestaltungsprinciperna utgår från människans vistelse på Fabriksgatan och är ett tillägg för att kunna skapa ett gestaltungsförslag med god helhet för alla som kommer vistas i gaturummet.

I nästa del, när utformningen av Fabriksgatans gaturum skulle bestämmas, påbörjades ett skissarbete. Olika trafiklösningar utifrån olika dimensioner på regnbäddar testades i plan och i sektioner, detta för att få en uppfattning om gatans rumslighet och trafiksäkerhet (se figur 13). När de stora formerna och formspråket var bestämda övergick skissarbetet till att testa växternas bidrag till rumslighet. Trädkronor i olika dimensioner testades till en början i plan för att se storleken i samverkan med husfasaderna. Sedan utfördes flera undersökande skisser kring växtligheten för att uppnå önskad rumslighet och karaktär. Till sist valdes arter som ansågs lämpliga i gaturummet ut och dessa sammanställdes i en växtlista och en planteringsplan.

Till sist undersöktes höjdsättningen för den nya gestaltningen. Genom att gemensamt testa och diskutera var brunnar skulle sitta och höjdryggar skulle gå kunde en markplaneringsplan utformas. För att kontrollera att gestaltningen uppfyller syftet med dagvattenmagasinering utfördes beräkningar utifrån de angivna lutningarna.



Figur 14. Lindallén längs Fyrisån i Uppsala ger skugga och reglerar temperaturen för människorna som promenerar där.

# Vetenskaplig syntes

Avsnittet behandlar ämnena grön urban infrastruktur, dagvattenföreningar och dagvattenrening samt blågröngrå system i kallt klimat.

## GUI & ekosystemtjänster

Idag påverkas städer runt om i världen av klimatförändringar och Climate Institute (2016) menar att användningen av växter i urbana miljöer är en metod för att klimatanpassa städer. Att klimatanpassa en stad innebär att säkra de urbana ekosystemen och dess tjänster, för att göra detta är grön urban infrastruktur (GUI) grundläggande (EEA 2015; Wei et al. 2018; Malaviya & Sharma 2021). Enligt EEA (2015) kan GUI nämligen användas som ett hållbart hjälpmedel för att åstadkomma positiva ekologiska, ekonomiska och sociala effekter i städer. Planerare behöver enligt Laforteza m.fl. (2013) sträva efter ett sammankopplat nätverk av gröna utrymmen, där naturliga ekosystem och funktioner bevaras och främjas. Ju fler gröna länkar och hotspots (särskilt artrika platser), desto starkare blir de urbana ekosystemen och desto fler ekosystemtjänster kommer att levereras (Laforteza et al. 2013).

Ekosystemen, de naturliga spelen mellan miljön och arterna på jorden, tillhandahåller livsviktiga resurser för oss människor (NRM 2020). Alla organismer i ett ekosystem är beroende av varandra, såväl djur som växter, svampar och mikroorganismer (NRM 2020; Boverket 2019a). Vi människor ingår i kategorin djur (Lundqvist 2017) och är starkt beroende av de tjänster som ekosystemen tillhandahåller (Boverket 2019a; Naturvårdsverket 2020b; EEA 2015; Europeiska kommissionen u.å.). Samtidigt är människans påverkan och markanvändning direkt kopplad till ekosystemens kapacitet att leverera ekosystemtjänster (Naturvårdsverket 2020b).

Ekosystemtjänsterna är totalt 22 stycken och delas in fyra olika kategorier utifrån vilken funktion de har, stödjande, reglerande, kulturella och försörjande ekosystemtjänster (Boverket 2020b). GUI i gatumiljö främjar primärt 16 tjänster i tre av dessa kategorier, nämligen stödjande, reglerande och kulturella ekosystemtjänster (Boverket 2019a).



Figur 15. Människan är en del i ekosystemen och är beroende av dess tjänster.

## Stödjande ekosystemtjänster

De stödjande ekosystemtjänsterna som GUI kan bidra med i gatumiljö är biologisk mångfald, ekologiskt samspel, livsmiljöer och naturliga kretslopp.

Biologisk mångfald är viktig eftersom den avgör arternas anpassning och deras motståndskraft mot hot som exempelvis habitatförluster och föroreningar (Boverket 2019a; Naturvårdsverket 2021). Boverket (2019a) menar att artvariation i ekosystemet är en förutsättning för det ekologiska spelet. De beskriver att förutsättningarna i livsmiljön påverkar både födotillgången och hur väl arterna fortplantar och sprider sig. GUI och urbana ekosystem möjliggör dessutom ett naturligt kretslopp av vatten, kol och näringsämnen i städer (Boverket 2019a).

Dessa fyra ekosystemtjänster är grundläggande förutsättningar för själva ekosystemen och för att de reglerande och kulturella tjänsterna överhuvudtaget ska kunna existera (Boverket 2019a).



Figur 16. Två hästkastanjer i Gamla stan bidrar med flera ekosystemtjänster på platsen, de ger exempelvis Svartmangatan identitet samtidigt som de renar luft och reducerar buller.



Figur 17. 16 av de stödjande, kulturella, och reglerande ekosystemtjänsterna gynnas av GUI i gatumiljö.

#### Kulturella ekosystemtjänster

De kulturella tjänsterna som GUI möjliggör i gatumiljö är fysisk hälsa, mentalt välbefinnande, kunskap och inspiration, social interaktion samt kulturarv och identitet (Boverket 2019a).

Enligt Boverket (2019b) gynnar GUI den fysiska hälsan hos människor eftersom den bjuder in till motion och lek; vistelse i gröna miljöer ger mental återhämtning och främjar därmed mentalt välbefinnande. De menar dessutom att GUI bidrar till ökad inspiration, kunskap och förståelse för ekosystemens samband och relation till människan. GUI främjar tillika social interaktion eftersom den tillhandahåller platser att mötas på för människor (Boverket 2019b). Utöver detta menar de också att GUI bidrar till attraktiva miljöer som präglar platsens lokala identitet och är en del av stadens kulturarv.

#### Reglerande ekosystemtjänster

De reglerande tjänsterna GUI möjliggör i gatumiljö är reglering av lokalklimat, erosionsskydd, skydd mot extremväder, luftrening, reglering av buller, rening och reglering av vatten samt pollinering (Boverket 2019a).

Växterna ger skugga och vindskydd samtidigt som de bidrar till jämnare temperatur och ökad luftfuktighet, på så sätt menar Boverket (2019c) att GUI reglerar lokalklimatet. De beskriver också att växterna skapar lugna miljöer för människor och djur genom att reducera bullernivåerna. Dessutom påpekar de att växternas rötter bildar ett erosionsskydd eftersom de binder jorden och

reducerar risken att den sköljs bort vid regnfall. Boverket (2019c) menar dessutom att GUI skyddar mot extrema väder, exempelvis genom att förebygga klimatförändringarna men också som fysiska skydd när dessa väderförhållanden råder. GUI på gatunivå möjliggör dessutom pollinering av blommande växter, som sedan utvecklar födokällor till djur genom frukt, bär och frön (Boverket 2019c).

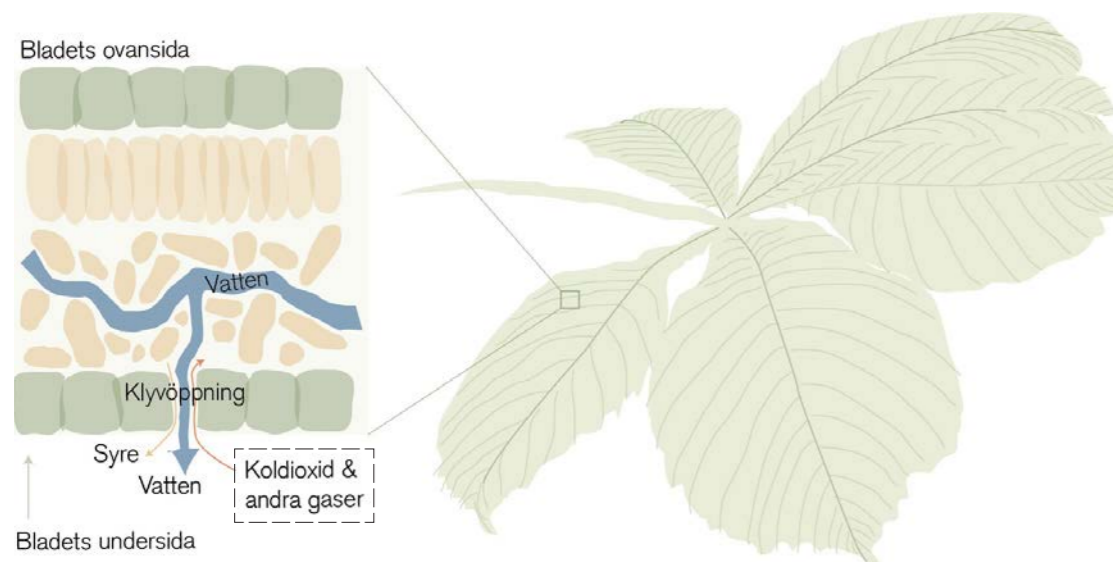
Utöver detta menar både Christopher Coutts (2015) och Evans (2001) att luftkvaliteten förbättras av växter, och främst av träd, eftersom dessa kan ta upp både partiklar och gasformiga föroreningar från luften. Gaserna tas exempelvis upp genom bladens klyvöppningar och omvandlas till aminosyror i växten (Evans 2001). Detta stärks av Boverket (2012) som i en undersökning fann att en gatumiljö i Stockholm med växter hade 40% färre luftföroreningar än gaturum som saknar växter.

GUI kan även förebygga översvämningar och bidra till renare recipienter då växter renar och reglerar vatten (Boverket 2019c). Regnvatten fastnar på blad- och grenverk och övergår sedan till vattenånga via transpiration, detta utan att landa på marken och därmed avlastas dagvattensystemen i gatan (Sjöman & Östberg 2020). Vid hög regnintensitet kommer regnvattnet ändå falla till marken men då fördröjer bladverket vattnets väg genom kronan (ibid.). Stål (2021) beskriver att gamla och välmående träd fördröjer vattnet mer effektivt än små träd eller buskar, vilket stärks av Sjöman och Östberg (2020) som beskriver att en trädskrona med flera skikt kommer ge en mer effektiv fördröjning. Berland m.fl. (2017) påpekar att växternas vattenbehov dessutom innebär att dagvatten kan användas som en resurs för deras tillväxt. Växter och särskilt träd, som har högt vattenbehov, avlastar alltså dagvattensystem eftersom allt dagvattnet inte behöver transporteras vidare till recipienten (Berland et al. 2017).

#### Ekonomiska fördelar

Trots att ekosystemtjänsterna är grunden för människors välfärd prioriteras de inte alltid, detta eftersom det finns svårigheter i att värdesätta dem när ekosystemtjänsterna inte har en uppenbar prislapp (Naturvårdsverket 2020b; EEA 2015).

För att förstå vilka ekonomiska fördelar GUI



Figur 18. Genom bladens klyvöppningar tas koldioxid och andra gaser upp från luften.

gynnar har iTree (2018) undersökt hur träden i Bristol förbättrar staden. Utifrån deras rapport sammanfattar de att Bristols 600 000 träd bidrar med ekosystemtjänster som sparar samhället 2,7 miljarder pund varje år. Dessa 600 000 träd lagrar bland annat 14 000 ton koldioxid och 100 000 ton andra luftföroreningar varje år (iTree 2018). Även Green Nylén och Kiparsky (2015) beskriver stora ekonomiska vinster med GUI eftersom urbana växter hjälper till att fördröja och rena dagvatten. Grön infrastruktur är ofta mer kostnadseffektiv långsiktigt än grå traditionella lösningar eftersom den bidrar till fler fördelar i samhället (EEA 2015).

#### Urbana träd

Träd är den viktigaste komponenten i grön urban infrastruktur, detta menar Sjöman och Östberg (2020) eftersom träd kräver så lite utrymme i staden i förhållande till de nyttor de bidrar med. De urbana träden är särskilt viktiga eftersom de är mångfunktionella och därmed understödjer många olika ekosystemtjänster samtidigt (Sjöman & Östberg 2020; Boverket 2019e). För att säkra olika ekosystemtjänster krävs välmående träd med olika fysiska sammansättningar och en mångfald av arter (Sjöman och Östberg 2020).

#### De urbana trädens hotbild

Andersson m.fl. (2014) beskriver risken att de urbana träden (och i förlängningen ekosystemen) reduceras och försämras till förmån för byggnader och hårdgjorda ytor när fler människor flyttar in i städerna. I detta läge behöver urbana markanspråk balanseras med bevarande av ekosystemen (Foley et al. 2005; Andersson et al. 2014).

Det är vanligt att träd i städer avverkas för att skapa kortsiktiga besparingar och lösningar, vilket enligt Boverket (2019e) problematiskt eftersom förlusten av ett träd först och främst innebär förlorade ekosystemtjänster. Förlorade ekosystemtjänster innebär i förlängningen ekonomiska förluster för samhället (iTree 2018). Enligt Boverkets (2019e) beräkningar är det lika kostsamt att ta ned ett träd, transportera det från platsen, få bort stubben och återställa marken som det är att lägga ned extra arbete för att bevara det.

Det är inte heller givet att träden klarar av att växa i urbana miljöer. Stockholms stad (2017) beskriver att många av stadens trädplanteringar upprättades i slutet av 1800-talet när gatorna var öppna (inte hårdgjorda). De poängterar att det då fanns goda förutsättningar för träden att breda ut sina rötter fritt under marken. Idag menar



Figur 19. Hårdgjorda ytor runt träd stryper rötternas tillgång på luft och vatten, i detta exempel från Sala Backe i Uppsala har asfalt lagts ända in mot stammen.

Stockholms stad att utrymmet i marken kraftigt har begränsats eftersom träden konkurrerar om utrymmet med annan infrastruktur och dessutom är markytan runt stammen ofta hårdgjord. Detta har försämrat förutsättningarna drastiskt eftersom träden inte längre har samma tillgång till utrymme, luft och vatten. Detta är faktorer som begränsar trädens vitalitet och förmåga att leverera ekosystemtjänster (Stockholms stad 2017).

#### Grön urban infrastruktur i framtiden

I och med urbanisering, bostadsbrist, förlust av biologisk mångfald och klimatförändringar beskriver Boverket (2020b) att samhället står inför betydande prövningar. Vi människor behöver ställa om utvecklingen av våra städer och i omställningen kan grön urban infrastruktur vara till stor hjälp för att hantera utmaningarna (Boverket 2020b). I arbetet med grön infrastruktur menar Laforteza m.fl. (2013) att lokala planer

långsiktigt behöver beakta klimatförändringarna och skydda habitat för att stödja ekologiska förbindelser.

När klimatförändringarna medför förändrade väderförhållanden är växterna och dess ekosystemtjänster extra viktiga (Sjöberg & Östberg 2020). Det är viktigt att fortsättningsvis bevara och främja urbana växter eftersom de kan reducera klimatförändringarnas effekter i städer (EEA 2015; Demuzere et al. 2014; Salmond et al. 2016; Malaviya & Sharma 2021). Eftersom grön urban infrastruktur bidrar till många betydande ekosystemtjänster i gatumiljö är GUI en förutsättning för hållbar stadsutveckling (EEA 2015; Wei et al. 2018; Malaviya & Sharma 2021). På grund av detta ska majoriteten av alla svenska kommuner integrera ekosystemtjänster i planering, byggande och förvaltning av den byggda miljön senast år 2025 (Boverket 2020a).

### Växtval i kallt klimat

Sverige är indelat i åtta växtzoner och växterna har ett angivet zontal utifrån dess härdighet (Svensk trädgård u.å.) De beskriver att ju kärvare klimat desto högre växtzon, men att hav och stora sjöar jämnar ut temperaturen och gör klimatet mildare. Därmed har platser på högre höjd över havet strängare klimat och växtvalet behöver anpassas.

### Markförhållanden

Växternas härdighet påverkas också av vinterns längd och mängden markfukt på växtplatsen. Enligt Stockholm stads (2017) handbok för växtbäddar är stående vatten i marken förödande för rötterna eftersom det uppstår syrebrist. Men med stor porvolym i jorden beskriver Örjan Stål (2021) att växtplatsen inte kommer bli vattenmättad. Stål (2021) pekar på de naturliga skogsområdena i Luleå som exempel på detta, marken där har naturlig hög genomsläpplighet eftersom jorden består av stor mängd sten vilket gör att vattnet rinner undan och tjälskjutningar uppstår inte. Med kunskap om vilka faktorer som påverkar växtens härdighet går det att skapa gynnsamma växtplatser och på så vis utmana växternas härdighetszoner (Björn Embrén 2021).

*“Det blir bättre för växten om man kan jobba med växtsubstrat som har höga porvolymmer med hög genomsläpplighet där max 50% fryser.”*

- Örjan Stål

### Gestaltning för vinterhalvåret

Många gånger fokuseras växtgestaltning på vegetationsperioden när växterna haft sin lövsprickning eller när blommorna slagit ut. Men i Sverige där landskapet präglas av fyra årstider finns det anledning att även fokusera växtgestaltningen på vintern när träd, buskar och perenner står i vila.

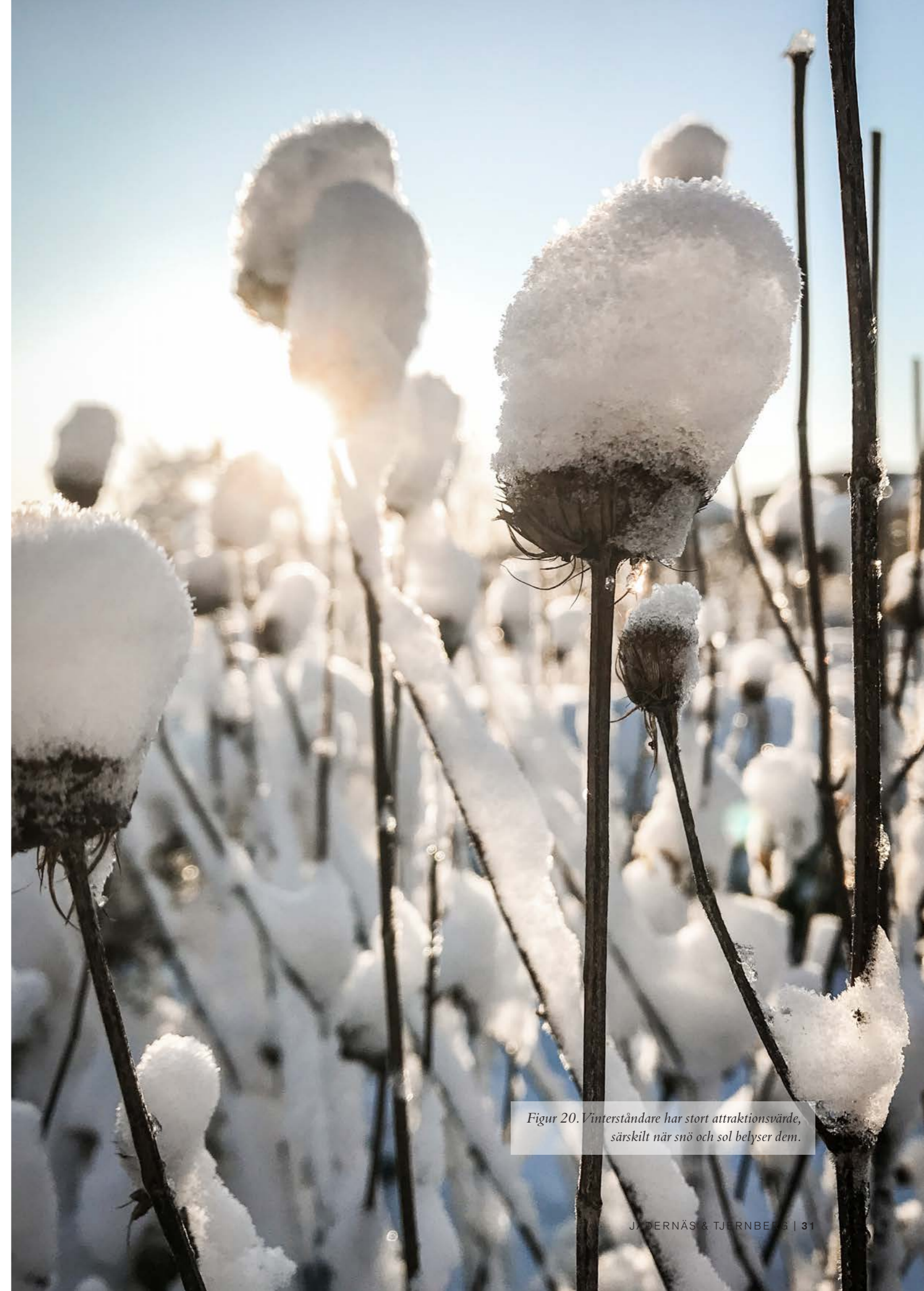
Kingsbury (2006) beskriver i boken ”Designing with Seedheads” att växternas vinterståndare är en stor designaspekt i en plantering. Växtgestaltning med fokus på vegetationsperioden tenderar att fokusera på växtsammansättningens färger men när vinterståndare sätts i fokus är det snarare formen som skiljer dem åt. Kingsbury har tillsammans med Piet Oudolf kategoriserat perenner efter dess vinterståndare och använder

det som ett verktyg till växtgestaltning (Kingsbury 2006).

Färg och struktur är dock också en aspekt att ta med i växtgestaltning för vinterhalvåret. Thomas (1994) menar att det finns stora variationer i bark och mönster bland träd och buskar, exempelvis med uppspruckna stammar och flagor. Sådana kvaliteter står ut när växten inte har gröna blad eller blommor och ger ett attraktionsvärde på vintern (Thomas 1994).

### Sammanställning: GUI & ekosystemtjänster

- GUI är grunden för att säkra urbana ekosystem som i sin tur möjliggör ekosystemtjänster.
- De reglerande ekosystemtjänsterna främjar bland annat luft- och vattenrening.
- De kulturella ekosystemtjänsterna främjar bland annat människors hälsa, både fysiskt och psykiskt.
- GUI reducerar effekterna av klimatförändringar.
- Träd är särskilt viktiga då de bidrar till flest ekosystemtjänster samtidigt som de kräver lite utrymme i staden.
- Urbana träd har ofta brist på vatten, syre och utrymme för rötter i traditionella växtbäddar.
- Utifrån växtens härdighet, växtbäddens markförhållanden och vinterståndare kan växtval anpassas särskilt för kallt klimat och vinterhalvåret.



Figur 20. Vinterståndare har stort attraktionsvärde, särskilt när snö och sol belyser dem.





Figur 21. Dagvatten rinner över hårdgjorda ytor i staden eftersom det inte kan infiltreras i marken.

### Dagvattenhantering

Större andel ogenomträngliga ytor resulterar i större volymer dagvatten vilket ger en översvämningsrisk, samtidigt som det försämrar vattenkvaliteten i föroreningsgrad (Liao, Deng & Tan 2017). Detta eftersom dagvattnet tar med sig föroreningar och skräp från stadernas hårdgjorda ytor och blir en spridningsväg för föroreningar i naturen (Naturvårdsverket 2020a; Liao, Deng & Tan 2017; Alyaseri et al. 2017)

**Föroreningar i dagvatten och dess härkomst**  
Mamun m.fl. (2020) och Aryal m.fl. (2010) menar att föroreningsgraden höjs i avrinningsområden där den mänskliga aktiviteten är hög, exempelvis på byggarbetsplatser eller kommersiella områden. Detta bekräftas av Lee och Bang (2000) som beskriver att miljön i bostadsområden med hög densitet har hög föroreningsgrad. Områden med hög mänsklig aktivitet tar snabbt upp föroreningar under torra perioder och när regn sedan faller blir dagvattnet extra förorenat (Mamun et al. 2020). Föroreningar och skräp följer då med dagvattnet när det rinner över stadens hårdgjorda ytor (Liao, Deng & Tan 2017; Alyaseri et al. 2017; Aryal et al. 2010) och förorenat dagvatten ses som den största orsaken till försämrad vattenkvalitet i recipienter (Davis et al. 2001; Jiang et al. 2015; Naturvårdsverket u.å.).

### Partiklar, metaller & organiska ämnen

I dagvattnet samlas bland annat partiklar, metaller och organiska ämnen, detta beskriver Wiklander (2017) i sin rapport Föroreningar i dagvatten.

Partiklar innefattar bland annat sand och grus och till dessa binds andra föroreningar (Wiklander 2017). Dessa påverkar recipienten negativt eftersom de större partiklarna bygger på botten när de sedimenterar (VA-guiden 2015) och transporterar andra föroreningar (Djodjic et al. 2012). Suspenderat material är partiklar som är lösta i rörliga vatten men sjunker till botten när vattnet stannar av (Wiklander 2017). De suspenderade materialen stör bottenfaunans fotosyntes vilket i sin tur påverkar vattnets syrehalt (ibid.). Wiklander (2017) menar dessutom att suspenderat material har en direktverkande effekt på vattenlevande organismer, exempelvis genom negativ påverkan på gälar.

Koppar, bly, zink och kadmium är exempel

på giftiga metaller (Wiklander 2017) och Davis m.fl. (2001) beskriver att dessa är mycket vanliga i dagvatten. Metaller är grundämnen och förekommer därför i naturen, men kan i höga koncentrationer bli giftiga för vattenlevande organismer och djur (Wiklander 2017). Enligt Sfakianakis m.fl. (2015) är giftiga metaller i recipienten direkt kopplade till deformiteter hos fiskar och deformiteter har i sin tur stor påverkan eftersom de försämrar överlevnadsförmåga, tillväxthastighet och välbefinnande. Bly är giftigt redan i låga halter och blyförgiftning är en vanlig dödsorsak för havsörnar (Naturvårdsverket 2020c). Davis m.fl. (2001) konstaterar också att metallerna härstammar från mänsklig aktivitet och främst från byggnaders material och vägmiljöer där däck, bromsar och oljeläckage är utsläppskällor. Dessa typer av källor har länge förorenat dagvatten och kommer fortsätta göra det på grund av dess centrala roll i urbaniseringen och människans markanvändning (Müller et al. 2020).

Wiklander (2017) menar att organiska ämnen också är en vanlig förorening i dagvatten. De beskriver att trafikmiljön även i detta avseende bidrar med dessa föroreningar i form av olja och i förlängningen kolväten. Kolväten är direkt relaterade till motortrafiken och kommer från slitage av vägbeläggningen, fetter till bilar, rostskyddsmedel och spill av drivmedel eller oljeprodukter (Trafikverket 2020). De organiska föroreningarna sprids enligt Trafikverket (2020) till miljön i vägens direkta närhet medan Wiklander (2017) menar att kolväten är skadliga för miljön och pekar ut PAH som mycket giftiga för vattenlevande organismer.

### Dagvattnets föroreningsgrad

Aryal m.fl. (2010) menar att dagvattnets föroreningsgrad varierar beroende på markanvändning och årstid. Dessutom beskriver Mamun m.fl. (2020) att tidpunkten i regnförloppet också till stor del påverkar föroreningsgraden.

### First flush

Under ett regn inträffar den högsta föroreningsgraden i "first flush", den initiala fasen av ett regn innan dagvattenflödet är som högst (Lee & Bang 2000; Mamun et al. 2020). I first flush spolrar regnvattnet av ytan på de

föroreningar lagrats under den torra perioden. Enligt Mamun m.fl. (2020) innefattar first flush 30% av den totala flödesvolymen och innehåller 80% av det totala dagvattnets föroreningar. First flush påverkar dagvatten i avrinningsområden som är mindre än tio hektar, men skiljer sig i större avrinningsområden där avrinningen inte är lika snabb. Därför kan first flush påverka val och design av dagvattensystem i små avrinningsområden men inte i stora (Mamun et al. 2020). För att en regnbädd ska kunna ta hand om first flush måste den vara nedsänkt eller skälad så ett magasin bildas på ytan. I Rosendal i Uppsala har denna teknik testats och visat goda resultat gällande rening av det initiala dagvattnet.

*“Våra regnbäddar i Uppsala är byggda för first flush och är skälade. Det smutsigaste vattnet kommer då alltid att gå in i planteringen. Resten som är mycket renare rinner in i en brunn och sprids ut i bädden underifrån”*  
- Ronnie Nilsson

#### Regnintensitet

Utöver plats och tidpunkt menar Godecke Blecken (2021) att regnförloppets intensitet spelar in. Han beskriver att när first flush kommer från ett lågintensivt regn och intensiteten ökar med tiden kan det bli en “second flush” där regnet har större kapacitet att skölja med sig föroreningar. Mamun m.fl. (2020) menar dessutom att intagsbrunnarnas densitet påverkar hur föroreningsgraden från first flush utspelar sig. I ett system med täta brunnar är det sannolikt att first flush innebär en mer intensiv föroreningsgrad i början av regnet än i ett system med få brunnar, detta eftersom dagvattnet i det senare transporteras under längre tid (Mamun et al. 2020).

#### Kallt klimat

Under vintersäsongen ackumuleras föroreningarna från antropogen aktivitet i snön, det beskriver Karin Reinosdotter (2007) i sin doktorsavhandling vid Luleås Tekniska Universitet. Hon beskriver att högre mängd föroreningar ackumuleras i snön längs vägar som halkbekämpas med salt och kloridjoner är enligt VA-guiden (2015) särskilt förekommande när salt används som halkbekämpning. Halkbekämpning med salt påverkar yt- och grundvattnets

kvalitet negativt (Ophori et al. 2019). Fortsatt menar Reinosdotter (2007) att snö som ligger kvar länge i staden har högre föroreningsgrad eftersom mer föroreningar hinner lagras. De ackumulerade föroreningarna släpps sedan fria när snösmältningen börjar och smältvattnet sprider föroreningarna (Reinosdotter 2007). Det betyder att recipienter i städer i kallt klimat exponeras för en rejäl dos föroreningar vid snösmältningen (Westerlund & Wiklander 2006).



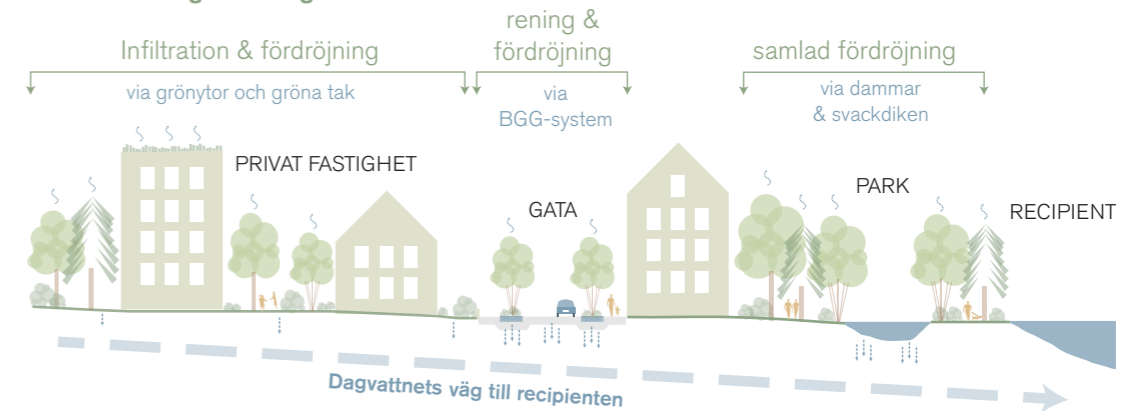
Figur 22. Urban snö är ofta mycket förorenad.  
FOTO © JOSH HILD (2020)

#### Olika dagvattenlösningar

När det handlar om rening och fördröjning menar Godecke Blecken (2021) att det är en tvåstegsraket. Han beskriver att de mindre lågintensiva regnen behöver tas om hand i en reningsanläggning och att de större högintensiva regnen behöver tas om hand i ett fördröjningsmagasin. Enligt både Blecken (2021) och Ronnie Nilsson (2021) behöver inte fokus ligga på att rena de stora skyfallen eftersom de till största delen inte hinner förorenas, dessa bör snarare fördröjas.

Fridell m.fl. (2020) beskriver vilka dagvattenåtgärder som bör prioriteras var i en stad. Högst upp i dagvattenkedjan, på exempelvis privata fastigheter, menar de att dagvatten bör fördröjas och infiltreras lokalt. När dagvatten bildas i gaturummen bör rening och fördröjning prioriteras tillsammans med transport av vattnet för att minska översvämningsrisken (Fridell et al. 2020). Salar Haghghatafshar (2019) beskriver att det är i dessa områden, högt upp och i mitten av dagvattenkedjan, som blågröngrå lösningar är mest effektiva. BGG-lösningar avlastar trycket på dagvattensystemet eftersom vattnet trycks, därför minskar översvämningsrisken

#### Prioriterad dagvattenåtgärd:



Figur 23. Vilka dagvattenåtgärder som bör prioriteras i en stad varierar utifrån vilket typ av stadsrum det handlar om.

i staden (Haghghatafshar 2019). Eftersom BGG-systemet också renar dagvattnet finns fördelar med att de ligger högt upp i kedjan, nära utsläppskällorna, för att förorenat dagvatten inte ska blandas med mindre förorenat dagvatten (Fridell et al. 2020). Längre ned i systemet passar större dagvattensystem, exempelvis i större parker. En stor yta möjliggör anläggning av dammar, diken och våtmarker som samlar vattnet, fördröjer det och renar det (Fridell et al. 2020).

#### Hållbar & klimatanpassad dagvattenhantering

Davis m.fl. (2001) menar att när medvetenhet om föroreningsutsläpp uppstår, exempelvis av giftiga metaller, måste man gripa tag i problemet och minska mängden föroreningar som i slutändan når recipienten. I P110 - Avledning av dag-, drän- och spillvatten beskriver Svenskt vatten (2016) att man inte bör basera en stads huvudsakliga dagvattenrening på end of pipe-lösningar där allt dagvatten leds ut till en reningsanläggning som är direkt ansluten till recipienten. Utifrån Göteborg som exempel menar de att sådana lösningar inte är ekonomiskt hållbara. Detta eftersom rening av ett dimensionerat ettårsregn i Göteborg skulle fordra reningsanläggningar som motsvarar 40 reningsverk som var och ett renar 800 000 personers avloppsvatten. De menar också att dagvattnet blandas i end of pipe-lösningar oavsett föroreningsgrad; vattnet med högst föroreningsgrad i first flush blandas med dagvatten som har betydligt lägre föroreningsgrad. Fortsatt beskriver de att en trög dagvattenhantering med fördröjning, översilningsytor och infiltration kan reducera föroreningsgraden innan dagvattnet når

recipienten och är därmed mer hållbar. För att uppnå detta krävs renande dagvattenanläggningar lokalt istället för i slutet av systemet (Svenskt vatten 2016).

#### Sammanställning: dagvattenhantering

- Vi människor släpper bl.a. ut partiklar, metaller och organiska ämnen som har en negativ påverkan på miljön och recipienten.
- Dagvatten i områden med hög mänsklig aktivitet är mycket förorenat.
- Trafik är en stor utsläppskälla till föroreningar som hamnar i dagvatten.
- Regn som faller tidigt i förloppet, i first flush, blir mer förorenat dagvatten än regn som faller senare eftersom stadens ytor lagrar föroreningar som sköljs av i början.
- I snö ackumuleras föroreningar och därför har dagvatten som kommer från smält snö extra hög föroreningsgrad.
- I gatumiljö får inte stora dagvattensystem plats och därför är blågröngrå system en bra lösning.
- Det är inte hållbart att skicka majoriteten av en stads dagvatten till en reningsanläggning som är direkt ansluten till recipienten (en end-of-pipe-lösning).
- Ett trög dagvattensystem där vattnet fördröjs och renas i sin väg mot recipienten är ett hållbart dagvattensystem.



Figur 24. BGG-system främjar grön urban infrastruktur samtidigt som dagvatten omhändertas och renas likt naturens egna kretslopp. Som bilden visar kan ett trafikrum även bli ett grönt parkstråk.

### Blågröngrå system

Det här avsnittet ger en översikt kring BGG-systemets uppbyggnad, funktion och utformning och ligger som grund för typsektionerna för BGG-system i kallt klimat.

### "Sponge cities" & blågröngrå system

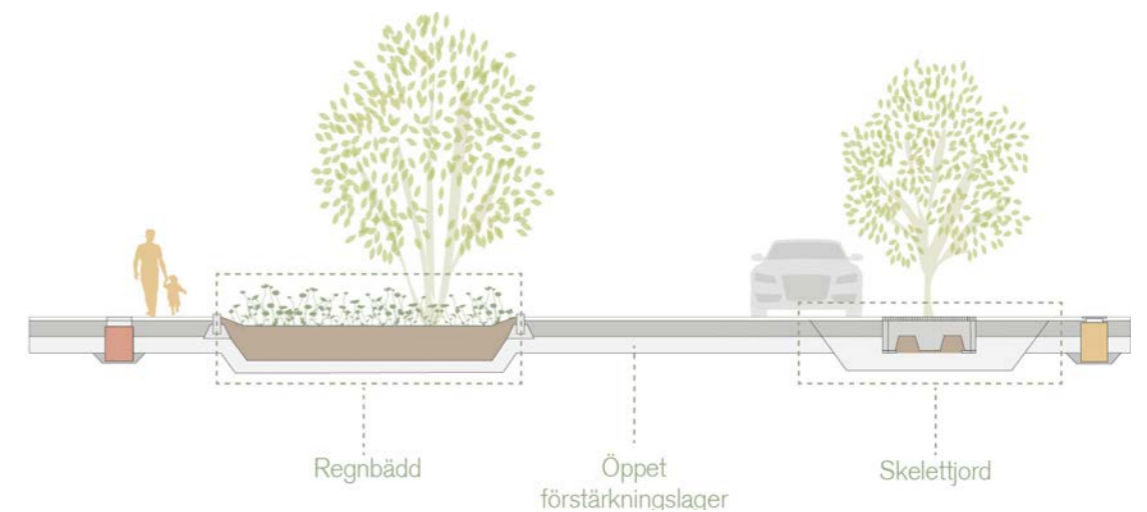
Sun m.fl. (2020) beskriver att man på grund av problem med traditionell dagvattenhantering eftersträvar "sponge cities", städer som likt en tvättsvamp suger upp och fördröjer vatten. De menar att detta kan uppnås med blågröngrå infrastruktur, vilket enligt Bakhsipour m.fl. (2019) är det mest lovande urbana dräneringssystemet vi har. Användningen av BGG-system är mycket fördelaktig eftersom dess egenskaper förbättrar staden på flera sätt (Bakhsipour et al. 2019). De stora fördelarna med BGG-systemet är dess kapacitet att fördröja och rena dagvatten samtidigt som det erbjuder generöst utrymme för luft, vatten och växtrötter (Fridell et al. 2020). Att använda sig av BGG-system innebär att dagvatten går från att vara en belastning i staden till en resurs för grön infrastruktur som i sin tur höjer ekologiska och estetiska värden (Haghighatafshar 2019).

### Öppet förstärkningslager

Grunden i ett BGG-system ett förstärkningslager med sorterad makadam (Bruhn & Fridell 2019) är. Den sorterade makadamen ger stor

hålrumsvolym (porositet) och denna är grunden till varför det kallas *öppet* förstärkningslager (ibid.). Det öppna förstärkningslagret agerar växtbädd, dagvattenmagasin och säkrar gatans bärighet (Fridell et al. 2020). De övriga komponenterna i BGG-systemet placeras ovanpå det öppna förstärkningslagret, dessa kan vara regnbäddar, vegetationsytor, skelettjordar och hårdgjorda ytor (ibid.). Fridell m.fl. (2020) menar att vilka delar BGG-systemet består av avgörs utifrån gaturummets önskade utformning och funktion samt de krav som ställs på dagvattenhanteringen. Om kraven på fördröjning och magasinering av dagvattnet är stort kan det öppna förstärkningslagrets bredd anpassas; desto större volym det öppna förstärkningslagret har desto större kapacitet har det (Fridell et al. 2020).

Dagvattnet infiltreras i BGG-systemets ytligaste delar och transporteras ned till det öppna förstärkningslagret där det rinner långsamt genom makadamens hålrum (Bruhn & Fridell 2019). När vattnet rör sig genom hålrummen fördröjs och renas det från föroreningar samtidigt som det kan tas upp av växtrötter, förutsatt att det ligger en växtbädd ovanför (ibid.). När dagvattnet till sist passerat det öppna förstärkningslagret kan det antingen perkolera ned i terrassen eller skickas vidare till det traditionella dagvattensystemet, vilket som väljs beror på platsens förutsättningar (Bruhn & Fridell 2019).



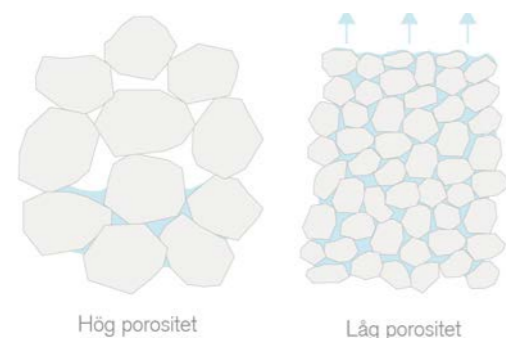
Figur 25. Det öppna förstärkningslagret utgör grunden i ett BGG-system och ingår i alla delar.



Figur 26. I Rosendal, Uppsala, har det öppna förstärkningslagret breddats från regnbädden ut i gatan för att skapa högre magasinkapacitet.

### Öppet förstärkningslager i kallt klimat

Det ställs ofta höga krav på att hålla vatten borta från traditionella väggkroppar eftersom tjäle orsakar problem (Tchekhim 2019). Stål (2021) beskriver att det är låg porvolym i traditionella väggkroppar och att det medför en kapillär vattenstigning eftersom vattnet binds hårt till partiklarna. När hårt bundet vatten fryser och expanderar bildas islinser och tjälskjutning vilket påverkar väggkroppen negativt. Fridell m.fl. (2020) beskriver att om väggkroppen istället har ett öppet förstärkningslager blir den kapillära vattenstigningen inte betydande. Det beror på att det öppna förstärkningslagret har en hög porositet som hindrar vattnets väg uppåt; kapillärkrafterna



Figur 27. Den kapillära stighöjden bestäms av kapillärkraften som är den sugkraft markporenerna har på vattnet. Med lägre porositet binds vattnet hårt och stiger, och med en hög porositet avtar sugkrafterna och den kapillära stighöjden stannar av.

avtar och tjälskjutning uteblir (Fridell et al. 2020). Stål (2021) beskriver att en viss stigning kommer att förekomma men att den är så liten att den inte har någon betydelse för konstruktionen. I det öppna förstärkningslagret kan till och med ett magasin skapas i botten utan att vattnet kommer stiga och skapa tjälproblem (Stål 2021).

*"Det viktiga är att det är sorterad fraktion för då får du 30% porvolym och då kommer tjälskjutning inte vara något problem."*  
- Ronnie Nilsson

### Avvattningsprinciper

Avvattningen från det öppna förstärkningslagret kan enligt Fridell m.fl. (2020) ske utifrån två huvudprinciper, perkolations ned i terrassen eller via en dräneringsledning. Vilken avvattningsprincip som ska användas bestäms utifrån terrassens infiltrationskapacitet, vegetationens vattenbehov samt vilka krav som ställs för att skydda terrassen och grundvattnet (Fridell et al. 2020).

Vid perkolations infiltreras vattnet ned i terrassen och kommer slutligen till grundvattnet, därför används denna avvattningsprincip endast om dagvattnet i det här skedet är rent från föroreningar (Fridell et al. 2020). Utifrån jordarten består terrasserna av olika material och alla lämpar sig inte för perkolations. Finkorniga jordarter som lera innebär långsam perkolations då den blir mättad och lätt kan sättas igen av sediment

(ibid.). Om terrassen utgörs av stora fraktioner blir perkolationshastigheten hög vilket leder till att den bevattnade effekten på växtbäddar reduceras och växterna kan torka ut (Fridell et al. 2020).

Fortsatt beskriver Fridell m.fl. (2020) att avvattning via dräneringsledningar ger möjligheten att styra vattenflödet med styrningsbrunnar och på så sätt anpassa utflödet efter systemets ändamål. Vid de tillfällen som BGG-systemet är vattenmättat leds dagvattnet direkt till styrningsbrunnen och ut i det traditionella systemet, vilket förhindrar översvämning i gaturummet (ibid.). Denna metod är fördelaktig att använda när grundvattnet behöver skyddas eller när terrassen inte har rätt förutsättningar för perkolations (Fridell et al. 2020).

### Markens lutning

Stora lutningar i gaturummet medför begränsningar eftersom vattenflödet då är så högt att det blir svårt att styra och fänga upp det (Fridell et al. 2020). Ett gaturum med marklutning mellan 1-5% kan ha effektiva BGG-system och de med lutning över fem procent kräver speciallösningar för att bromsa vattenflödet (ibid.). Detta eftersom vatten strävar efter jämvikt och alltid ställer sig horisontellt, vilket innebär att magasinvolymen i ett lutande system aldrig kommer utnyttjas till fullo (Fridell et al. 2020).

*"Om det är lutning på gatan måste man sektionera upp systemet. Annars går det inte att fylla upp det."*

- Godecke Blecken



Figur 28. Med sektioner i det lutande BGG-systemet går det att utnyttja större magasinvolym.

### Ledningar i marken & förstärkningslagret

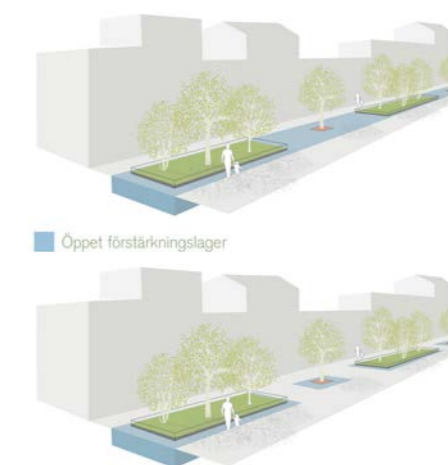
Om ledningar finns i eller under ett BGG-system kan ledningsreparationer skapa negativa konsekvenser för systemet (Fridell et al. 2020). Detta eftersom BGG-systemets är mycket

känsligt för påverkan; om grävning sker och material blandas i systemet kan porvolymen gå förlorad (Ronnie Nilsson 2021). I och med detta anser Ronnie Nilsson (2021) att det öppna förstärkningslagret behöver delas upp och menar att lager som ska ta hand om vatten bör vara separerade från ledningar. Att separera ledningarna från BGG-systemet är enkelt i ett nytt exploateringsområde men kan vara utmanande i befintliga gatumuljöer där ledningarna redan ligger i marken (Björn Embrén 2021). Embrén (2021) beskriver dock att det är möjligt att kombinera befintliga ledningar med ett BGG-system, även om det inte är att föredra. Om BGG-systemet är kombinerat med befintliga ledningar menar han att det finns sätt att jobba runt problemet vid reparationer.

*"Man behöver inte gräva upp hela gatan utan man går in i gatukorsningarna. Och eftersom det kommer grävas mest i gatukorsningarna är de bra ställen att placera avbrott i infiltrationssystemen."*

- Björn Embrén

Nilsson (2021) beskriver att de i Uppsala först byggde system med öppna förstärkningslager som var 70-80 meter långa men att de övergått till förstärkningslager som är 20-30 meter långa med släpp för ledningar mellan. I Uppsala anläggs numera den kortare varianten (20-30 meter)



Figur 29. BGG-systemen kan vara sammanhängande med ett stort öppet förstärkningslager eller uppdelat med separata förstärkningslager.

även i nya exploateringsområden eftersom det på så vis går att undvika framtida problem med ledningar. Dessa ledningspassager mellan förstärkningslagren kan byggas i form av vallar med samkross ovanpå terrassen (Sjöman & Östberg 2020). BGG-systemets utformning är därmed flexibel och anpassas efter det aktuella gaturummets krav och förutsättningar (Fridell et al. 2020)

### Material & fraktioner

Stål (2021) beskriver att det allra viktigaste för förstärkningslagret är att det är öppet, att sorterad makadam används för att säkra porositeten och därmed flödet av vatten, luft och gas. Vilka fraktioner som sedan väljs beror på vilken typ av yta som ska ligga ovan det öppna förstärkningslagret (Fridell et al. 2020).

Fridell m.fl. (2020) anger 32/64 som lämpligt fraktionsspänn i öppna förstärkningslager i vegetationsytor. Samtidigt beskriver Embrén (2021) att de i Stockholm arbetar med större fraktionsspänn såsom 32/90 eller 100/150 för att grova skärv skapar goda miljöer för växter. Det öppna förstärkningslagret är ofta maximalt 300 millimeter djupt (Fridell m.fl. 2020) men i en skelettjord är det djupare för att skapa större utrymme för trädets rötter (Örjan Stål 2021).

När förstärkningslagret ligger under en hårdgjord yta utan infiltrationsförmåga är huvudkravet bärighet och fördröjning (Fridell et al. 2020). Överbyggnaden är i dessa fall sällan är tjockare än 500 millimeter och vilket fraktionsspänn som används beror på trafikbelastningen (Örjan Stål 2021). Hög belastning kräver större spann (8/64 eller 16/90) och om belastningen är låg och ska tjäna som rotutrymme används större fraktioner men i mindre spann (32/64 eller 32/90) (ibid.). I dessa fall anläggs ett traditionellt bärlager ovanpå det öppna förstärkningslagret (Fridell m. fl. 2020).

Fridell m.fl. (2020) understryker att lagret behöver packas noga under byggnationen, mer noggrant än AMA föreskriver, detta för att undvika sättningar. Det är också viktigt att välja fraktionsspänn av makadam som gradvis matchar de närliggande lagrens fraktioner, detta för att undvika stor partikelvandring mellan lagren och bevara porositeten (Fridell et al. 2020). Detta kan enligt Stål (2021) göras med ett avjämningslager.

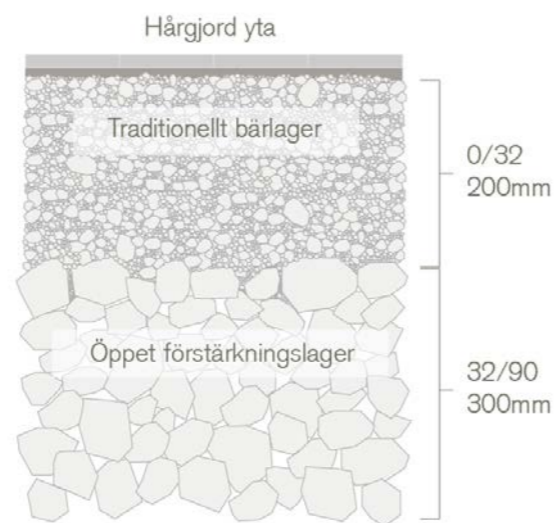
*“När det är större fraktioner i botten av systemet bör det oftast avjämnas för att få en jämnare övergång mellan materialen. [...] viss vandring kommer ske men sedan sätter stenarna sig”*

- Örjan Stål

### Sammanställning: öppet förstärkningslager

Ett öppet förstärkningslager:

- Utgör grunden i ett BGG-system.
- Har sorterad makadam som säkrar hög porositet.
- Påverkas inte av tjälskjutning eftersom porositeten är minst 30% och den kapillära vattenstigningen hindras.
- Makadamfraktionerna 32/90 och 100/150 ger goda förutsättningar för växter och ger god bärighet för gaturum.
- Avvattning via en dräneringsledning styr vattenflödet.
- Behöver sektionas upp om längslutningen på gatan överstiger 5%.
- Kan med fördel delas upp för att ge plats åt ledningar och undvika ledningsreparationer i BGG-systemet.



Figur 30. Öppet förstärkningslager kan användas under hårdgjord yta, i skelettjord eller i regnbädd.



Figur 31. Under den hårdgjorda asfalten gömmer sig en skelettjord som möjliggör att trädet klarar av att växa på den här platsen.

### Skelettjord

Skelettjordar möjliggör utrymme i marken för träd att utvecklas väl trots att ytan omkring stammen är hårdgjord (Stockholm stad 2017). Denna typ av växtbädd är lämplig att använda där träd önskas men det inte finns plats för en plantering (Fridell et al. 2020). Stockholms Stad (2017) beskriver att skelettjordens konstruktion säkrar utrymme, vatten, luft och därmed rötternas gasutbyte i marken. De menar att skelettjordar är en väl testad konstruktion i Stockholm och att de har visat sig vara en banbrytande växtbädd som tillfredsställer trädens behov samtidigt som gatans konstruktion blir stabil och dagvatten renas och fördröjs. Detta är möjligt genom skelettjordens två huvudsakliga lager, det öppna förstärkningslagret och det luftiga bärlagret (Stockholms stad 2017).

### Öppet förstärkningslager i skelettjord

Komponenterna i det öppna förstärkningslagret är makadam, biokol och kompost (även kallat kolmakadam), eftersom de tillsammans bidrar till växtbäddens porositet, växtnäring och rening av föroreningar (Örjan Stål 2021). Stål (2021) poängterar dock att i början, när trädet är nyplanterat och har korta rötter, har trädet bara nytta av näringen i en radie på maximalt två meter, all annan näring i förstärkningslagret riskerar att lakas ut och förorena recipienten.

När växtrötter ska få plats i förstärkningslagret måste makadamfraktionernas undre gräns vara 32

millimeter, detta för att rötterna ska kunna växa sig stora (Björn Embrén 2021; Örjan Stål 2021). Stål (2021) beskriver att anläggningen antingen sker med makadam 100/150 där biokol och kompost spolas ned, eller makadam 32/90 som blandas innan det läggs ned i bädden. Nedspolning av biokol och kompost är en tidskrävande metod och att det krävs stor noggrannhet för att undvika att lagret inte slammar igen (Stockholms stad 2017). Färdigblandad kolmakadam från leverantörer kan innehålla nollfraktioner och egenskaperna hos materialet kan förändras vid transport, detta kan göra att porositeten minskar i förstärkningslagret (Stockholms stad 2017). Nollfraktioner kan även innebära sättningar i systemet och att gatans bärighet försämras, därför lämpar sig inte färdigblandad kolmakadam till vägkonstruktioner (Stockholms stad 2017). Förstärkningslagret ska ha en enhetlig fraktion utan små fraktioner så att porositeten och bärigheten säkras.

### Avvattning

I ett BGG-system kan avvattning via perkolering och via en dräneringsledning kombineras om dräneringsledningen placeras ovanför terrassens botten så att ett magasin skapas i utrymmet under den (Fridell et al. 2020). Det magasinerade vattnet kommer då att perkolera ned i terrassen medan vattnet ovanför dräneringsledningens nivå avvattnas via dräneringsledningen (Fridell et al. 2020). Stål (2021) beskriver att detta är

viktigt att göra när växtbäddar ligger ovanför förstärkningslagret eftersom växterna behöver tillgång till vatten under torra perioder.

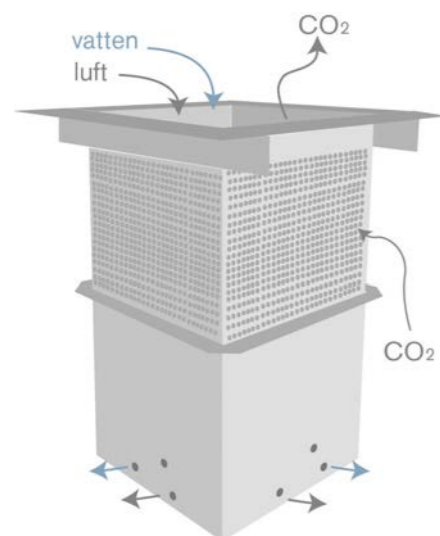
*“När man dränerar bort vatten i en vanlig växtbädd läggs dräneringsröret i terrassen. Här vill vi ha dräneringsledningen ovan terrassen, för vi vill ha vatten stående där.”*  
- Örjan Stål

### Luftigt bärlager

Det luftiga bärlagret i en skelettjord ligger ovanpå det öppna förstärkningslagret men har inte något inblandat material (Stockholms stad 2017). Det luftiga bärlagret ska endast bestå av sorterad makadam eftersom porositeten i detta lager är av största vikt (ibid.). Porositeten i det luftiga bärlagret är viktig eftersom den möjliggör växternas rotandning, vilket enligt Stål (2021) är det viktigaste för trädens överlevnad. Det luftiga bärlagret underlättar dessutom snabb infiltration av dagvatten från hårdgjorda miljöer (Björn Embrén 2021). Embrén (2021) beskriver att det luftiga bärlagret bör vara 20 centimeter och bestå av makadam 32/64.

### Utrustning

För att möjliggöra infiltration av dagvatten och luftflöde i skelettjorden kan en luftningsbrunn användas (Stockholms stad



Figur 32. Luftningsbrunnarnas funktion i skelettjorden är nödvändig för trädets överlevnad.

2017). Luftningsbrunnen tar in dagvatten som fördelas i skelettjorden och att detta i sin tur leder till att ackumulerad koldioxid från rötter och mikroorganismer trycks upp och ut ur det luftiga bärlagret genom brunnens övre hål (ibid.). Stockholms stad (2017) beskriver att detta ger gasutbyte och utrymme för nytt syre i skelettjorden vilket hindrar rötterna från att koldioxidförgiftas under en tät yta. Ovanpå det luftiga bärlagret placeras geotextil för att hålla det luftiga bärlagret luftigt; geotextilen hindrar sättsanden under den hårdgjorda ytan från att vandra nedåt i systemet (Stockholms stad 2017).

I skelettjorden planteras trädet inom ett trädgropsfundament med öppningar som tillåter rötter att nå skelettjordens övriga lager (Fridell et al. 2020). Fundamentets utformning bidrar till att trädets rotsystem blir finförgrenat och att rötterna hittar ner till djupet av skelettjorden där det magasineras vatten (ibid.). Med ett finförgrenat rotsystem och djupgående rötter undviks problem med ytliga rötter som tränger in i markbeläggningen, något som är vanligt i traditionella urbana växtbäddar (Fridell et al. 2020).

När skelettjorden anläggs är det tänkt att det luftiga bärlagrets stenar ska rasa in genom hålen i trädgropsfundamentet (Stockholms stad 2017). Makadamen som rasat in från bärlagret fungerar som avjämningslager under växtsubstratet samtidigt som rotklumpen kan placeras stabilt på det öppna förstärkningslagret i mitten. Därefter planteras trädet i växtsubstrat som består av makadam 2/6 samt 12,5 volymprocent biokol och 12,5 volymprocent kompost. Detta växtsubstrat används innanför trädgropsfundamentet, nära rotklumpen, för att trädet ska komma igång



Figur 33. Fundamentets utformning är avgörande för rotutvecklingen i skelettjorden.



Figur 34. I en trädgrop innan plantering syns hur makdamblandningen från förstärkningslagret har rasat in genom fundamentets hålrum och hur markgallret placeras ovanpå fundamentet.

ordentligt (Björn Embrén 2021; Örjan Stål 2021). Ovan fundamentet placeras sist ett markgaller och trädskydd i för att skapa en stabil yta ovan mark och skydda trädet från trafikskador (Stockholms stad 2017).

Både skelettjordens luftningsbrunn och trädgropsfundamentet nivåjusteras med makadam 2/6 eller större, inte ett material med nollfraktion eftersom det påverkar porositeten och kan ge sättningar (Stockholms stad 2017).

### Sammanställning: skelettjord

- Säkrar tillgång på utrymme, vatten och luft vilket möjliggör gasutbyte i marken för växtrötter.
- Skelettjordar renar, fördröjer och magasineras dagvatten samtidigt som de ger en stabil vägkonstruktion.
- Skelettjordens två huvudsakliga lager är det öppna förstärkningslagret och det luftiga bärlagret.
- Öppna förstärkningslagret bör ha 32/90 eller 100/150 med biokol och kompost.
- Det luftiga bärlagret bör vara 20 centimeter och bestå av sorterad makadam 32/64.
- Dräneringsledning kan placeras ovanför terrassens botten för att skapa ett magasin för växtrötter.
- Luftningsbrunn infiltrerar dagvattnet och möjliggör gasutbyte.
- Trädgropsfundamentet bör ha öppningar så att växtrötter kan ta sig ut.



Figur 35. Sektion över skelettjordens uppbyggnad.

## Regnbäddar

Regnbäddar är en nyckelkonstruktion i ett BGG-system eftersom de kan rena och fördröja dagvatten samtidigt som de ger goda förutsättningar för växter i gatumiljöer (Fridell et al. 2020). Användningen av regnbäddar är en relativt ny metod för dagvattenhantering och därför uppdateras hela tiden kunskapen kring systemen (Fridell 2019). Med tanke på att utformningen och uppbyggnaden baseras på det aktuella forskningsläget vid projekteringstillfället är befintliga regnbäddar uppbyggda på olika sätt (ibid.). Fridell m.fl. (2020) menar att det som avgör regnbäddens utformning är vilka förutsättningar som ställs på vegetation, avvattning och rening. Gemensamt för de allra flesta regnbäddar är att de har inlopp, fördröjningszon, erosionskydd, växtsubstrat, styrningsbrunn samt avvattningsystem (Fridell et al. 2020).

### Regnbäddens inlopp

Inlopp till regnbäddar formas utifrån två generella principer, ena är inlopp på bred front och det andra är ett koncentrerat inlopp (Fridell et al. 2020). Fridell m.fl. (2020) beskriver att ett inlopp på bred front släpper in dagvatten genom regnbäddens långsida och att vattnet kan flöda obehindrat in i regnbädden. Ett koncentrerat inlopp innebär däremot att dagvatten flödar in i regnbädden vid en viss punkt, exempelvis en öppning, en brunn eller en ledning i kantstödet (Fridell et al. 2020). Enligt Fridell m.fl. (2020) finns fördelar och nackdelar med båda principerna.

#### Inlopp på bred front:

- Minskar risken för erosionskador i regnbädden.
- Stora mängder sediment och halkbekämpningsmedel kan föras in i regnbädden.
- Ger ökad risk för fordonsskador på växterna.

#### Koncentrerat inlopp:

- Har god förmåga att fånga upp föroreningar om inloppet följs av ett sandfångskar.
- Vatten kan rinna förbi inloppet om flödes hastigheten är stor.
- Ger större risk för erosionskador.



Figur 36. Dagvatten flödar här in via en brunn och ett sandfångskar, en variant av ett koncentrerat inlopp.

### Fördröjningszon & styrningsbrunn

En regnbädd vara svagt skålformad eller nedsänkt eftersom det skapar en fördröjningszon ovanpå växtsubstratet där dagvatten kan bli stående innan det långsamt infiltreras i regnbädden (Fridell et al. 2020). Fridell m.fl. (2020) beskriver att fördröjningszonen vanligtvis är 10-20 centimeter djup och kompletteras med styrningsbrunn i inloppet som leder dagvattnet direkt till det öppna förstärkningslagret om regnbädden skulle bli vattenmättad och full. Med hjälp av denna styrningsbrunn reduceras risken för översvämning i gaturummet (Fridell et al. 2020).

### Erosion

För att undvika erosion läggs ett täcklager ovanpå växtsubstratet i regnbädden (Fridell et al. 2020). Växterna hjälper också till att motverka erosion i regnbädden eftersom deras rot nätverk hjälper till att dränera och stabilisera växtsubstratet (Stockholm vatten & avfall u.å.).

### Avvattning

Regnbäddar är en påbyggnad på det öppna förstärkningslagret vilket gör att dagvattnet först går genom regnbädden och sedan ansamlas i det öppna förstärkningslagret där det magasineras och perkolerar eller leds bort via dräneringsledning (Fridell et al. 2020), se avvattningsprinciper under "öppet förstärkningslager".

### Regnbäddens lager

Det finns olika rekommendationer angående hur många lager som är nödvändiga i en regnbädd. Fridell m.fl. (2020) menar att regnbädden ska ha ett täcklager, ett övre växtsubstrat och ett undre växtsubstrat ovan förstärkningslagret. Embrén (2021) beskriver däremot att endast ett lager med växtsubstrat behövs. Om särskilda krav ställs kan de båda lagren med växtsubstrat användas men för varje lager som adderas i systemet ökar risken för komplikationer vid byggnation och reparation (Björn Embrén 2021).

*"I stockholm har det tagits ett beslut att använda ett material hela vägen, möjligtvis två. Bara att det är två material har skapat stora problem under alla dessa år."*

- Björn Embrén

För att undvika missförstånd och fel vid anläggning behöver entreprenörer utbildas och förstå de olika funktioner som är knutna till respektive lager (Ronnie Nilsson 2021). Nilsson (2021) beskriver att regnbäddarna i Rosendal (Uppsala) är byggda med flertalet lager men att de kommit till insikt om att det är för komplicerat och krävande att bygga på det viset.

*"Vi har gjort sju lager i Rosendal. Det tog väldigt lång tid att bygga och det går knappt att anlägga alla olika lager utan att det blir fel."*

- Ronnie Nilsson

Det öppna förstärkningslagret är 30 centimeter djupt (Fridell et al. 2020) och växtsubstratet 40 centimeter vid plantering av perenner och 60 centimeter vid plantering av buskar och träd (Larm & Blecken 2019). I regnbäddens översta lager täcks markytan med ett täcklager runt plantorna för att hindra avdunstning, erosion och ogrästtillväxt (Fridell et al. 2020).

### Material & fraktioner

Växtsubstratet ska kunna förse bädden med god genomsläpplighet för att ge goda förutsättningar för växter samtidigt som bädden har en hög reningskapacitet (Fridell et al. 2020). Därför kan växtsubstratet inte bestå av en traditionell växtjord eftersom den inte erbjuder den genomsläpplighet eller reningsförmåga som behövs i regnbäddar (ibid.).

*"Det som styr vad växtsubstratet ska bestå av är vad som ska vara planterat i lagret. Om man ska ha buskar, perenner eller gräs är det makadam 4/8 eller 2/6 som gäller."*

- Björn Embrén

Reningskapaciteten är högre om fraktionerna är lägre enligt Godecke Blecken (2021) och det bästa ur reningssynpunkt är att blanda sand med makadam 0,6/2. Sand har så god reningsförmåga att tilläggs material som biokol och kompost inte är nödvändiga för att filtrera de vanligaste föroreningarna metaller, kolväten och näringsämnen (Godecke Blecken 2021). Att använda sand är dock inte hållbart eftersom det är en ändlig resurs (UNEP 2019) och eftersom sand har en låg porositet, jämfört med sorterad makadam, kan det påverka genomsläppligheten i BGG-systemet (Örjan Stål 2021). I kallt klimat innebär detta tjälskjutning.

*"Det är viktigt i kallt klimat att man inte har för fint material. Vatten ska inte stå i anläggningen för då blir det tätt när det fryser. Vattnet måste rinna ner och ledas bort."*

- Godecke Blecken

Ett växtsubstrat med en blandning av makadam 2/6, biokol och kompost möjliggör en gynnsam växtplats (Björn Embrén 2021) samtidigt som partikelstorleken hålls liten för att tillgodose dagvattenreningen.

Fridell m.fl. (2020) beskriver slutligen att täcklagret i toppen av regnbädden anläggs med makadam 8/11.

Reningsprocess	Hur det går till
Sedimentering Adsorption	När vattnet inte rör sig sjunker partiklarna till botten på grund av dess densitet. När lösta föroreningar i vattnet genom filtrering binder till det fasta materialet i regnbädden.
Reduktion	När ett ämne får ett överskott av elektroner vilket ger en förändrad laddning. Detta omvandlar föroreningen till en mindre toxisk variant.
Biologiskt upptag	När växter och tillhörande mikroorganismer binder in dagvattnets föroreningar i dess biomassa, detta kallas också fyto Remediering och används ofta på gamla förorenade industritomter (Cuypers & Vangronsveld 2017).

### Dagvattenrening

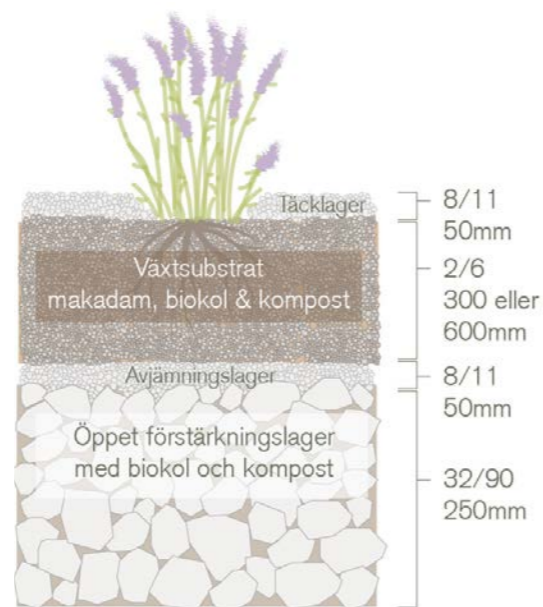
Blågröngrå system med regnbäddar, skelettjordar och öppna förstärkningslager är ett framgångsrikt system som har en avgörande roll i att rena dagvatten (Fridell et al. 2020; Malaviya & Sharma 2021). Infiltrering av dagvatten i regnbäddens växtsubstrat avlägsnar sediment, giftiga metaller, näringsämnen och kolväten i fysikaliska, kemiska och biologiska processer (Malaviya & Sharma 2021). Muthanna m.fl. (2007) beskriver också att regnbäddar har en effektiv rening på det extra förorenade dagvattnet som kommer från snösmältningen. De renande processerna i regnbädden är sedimentering, adsorption, reduktion samt biologiskt upptag hos växter och mikroorganismer (Lucke & Nichols 2015; Malaviya och Sharma 2021).

Fridell m.fl. (2020) beskriver att regnbäddar och skelettjordar ofta är utrustade med sandfångskar som vattnet leds till allra först. De menar att när dagvattnet stoppas upp i dessa sandfång kommer de större partiklarna som färdas med vattnet att sedimentera till botten av sandfånget. De mindre partiklarna renas genom adsorption när vattnet därefter filtreras genom regnbädden och skelettjordens substrat (Fridell et al. 2020).

Adsorption i filtermaterialet är den främsta reningsmekanismen för lösta metaller i vatten (Alloway 2013). Regnbäddar renar 89-99% av zink, koppar, bly och kadmiums partikelmassa och reducerar koncentrationen av dessa metaller i vattenutflödet med 81-99% (Muthanna et al. 2007). De organiska ämnena renas mer effektivt om biokol blandas i systemet (Björklund & Li 2017). Växter i en regnbädd står för 2-8% av den totala reningen (Muthanna et al. 2007; Alloway 2013). Växternas biologiska upptag kallas också fyto Remediering, detta menar Cuypers och Vangronsveld (2017) är ett kostnadseffektivt sätt att rena mark och vatten istället för dyrare system.

### Sammanställning: regnbädd

- Regnbäddar är en ny metod där kunskapsläget hela tiden uppdateras.
- Nyckelkonstruktionen i BGG-system
- Regnbädden ska antingen vara skålformad eller nedsänkt för att skapa en fördröjningszon.
- Inloppen kan antingen vara på bred front som minskar erosionsrisk eller koncentrerat som maximerar dagvattenreningen.
- Växtsubstratet kan ha en blandning av makadam 2/6 samt biokol och kompost för att skapa en gynnsam växtplats och tillgodose rening av dagvattnet.



Figur 37. Sektion av regnbäddars uppbyggnad.



Figur 38. Vid Hornstull i Stockholm står ett kejsarträd, ett exotiskt träd som enligt hårdighetsangivelsen inte ska klara av att växa i Stockholm men gör det på grund av en skelettjord. FOTO: EMBRÉN (U.Å.)

### Växter i blågröngrå system

Förutsättningarna för växter skiljer sig mellan BGG-system och traditionella växtbäddar. Blecken (2021) poängterar att regnbäddar inte är blöta växtbäddar utan att de är väl-dränerade och torra växtplatser.

*“Det är egentligen strandvegetation som passar bäst, inte våtmarksvegetation. En regnbädd är ingen fuktäng, har den blivit det är det dags att byta ut den.”*

- Godecke Blecken

BGG-systemets syresättning och dräneringsförmåga innebär att BGG-systemet inte fryser (Örjan Stål 2021). Eftersom vinterfukt och syrebrist är växternas största hårdighetsbegränsning menar Stål (2021) att det finns goda förutsättningar för att utmana växternas hårdighetszonerna i BGG-system (Örjan Stål 2021). Därför menar Stål (2021) att det kan gå bra att exempelvis plantera växter med zon tre i städer som ligger i zon fyra. Nilsson (2021) instämmer och beskriver att det finns en poäng i att testa växter i BGG-system eftersom det inte är helt känt vilka växter som trivs och klarar sig där. Både i Stockholm och Uppsala utmanas hårdighetszonerna i BGG-system. Nilsson (2021)

beskriver att de i Uppsala idag sätter växter med zon två där det egentligen är zon fyra. Embrén (2021) menar att de även i Stockholm har fått träd som enligt hårdighetszonerna inte skulle kunna klara sig där.

*“Vi har planterat Paulownia tomentosa, kejsarträd (zon ett), som ingen trodde skulle klara sig utomhus i Stockholm. Men det är det mest snabbväxande träd vi har, det är ett gigantiskt träd redan.”*

- Björn Embrén

Amerikansk och europeisk bäralm, guttaperkaträd och metasekvoja med hårdighetszon ett samt papegojbuske hårdighetszon två är ytterligare exempel på exotiska träd som enligt Embrén (2021) etablerat sig i Stockholms tack vare skelettjordar.

Även om det är fördelaktigt att testa nya arter med lägre hårdighetszoner i ett BGG-system för att uppnå ny kunskap bör inte enbart sådana arter väljas om dem inte skulle klara sig. För att säkra vegetationen i regnbäddarna bör grunden utgå från växter med rätt hårdighet och ståndort som sedan kan kompletteras med mer utmanande växter gällande hårdighet.





Figur 39. Örnsköldsvik sluttar från 70 m.ö.h. ner mot hamnen.

FOTO © ÖRNSKÖLDVIVS KOMMUN (2021)

## Platsknuten syntes

Denna syntes baseras på dokument från och dialog med Örnsköldsviks kommun. Avsnittet behandlar ämnena grön urban infrastruktur, dagvattenföreningar och dagvattenrening i Örnsköldsvik.

### Örnsköldsvik

Örnsköldsvik, med växtzon fem, ligger i Ångermanland och det kuperade landskap som utgör världsarvet Höga Kusten. I Örnsköldsviks kommuns (2020) fördjupade översiktsplan beskriver de att staden är belägen i dalgången mellan Varvsberget, Åsberget och Skyttisberget. Centrum sluttar från 70 meter över havet vid Åsberget ner mot hamnen i söder. Fortsatt beskriver de att Örnsköldsvik är en rutnätsstad med blandad bebyggelse och gamla trähuskvarter nära centrum. Enligt Edholm (2021) står Örnsköldsviks centrum på de vattenhållande jordarterna silt och lera.

I Örnsköldsviks kommuns översiktsplan eftersträvas en fortsatt positiv utveckling för bostäder, handel och arbetsplatser i centrum samtidigt som området geografiskt är begränsat mellan de tre bergen (Örnsköldsviks kommun 2012).

*“Det är angeläget att utnyttja marken väl när exploatering blir aktuell”*

*- Örnsköldsviks kommun (2012)*

### Örnsköldsviks klimat

Enligt SMHI:s snödjupsanalys har Örnsköldsvik relativt stora mängder snö under vinterhalvåret. Den femte februari har Örnsköldsvik i medeltal mellan 2010 och 2020 ett snödjup på 50–70 centimeter vilket kan jämföras med Stockholms snödjup på 10–30 centimeter vid samma tidpunkt (SMHI u.å.). Stora mängder snö medför utmaningar i trafikrummet eftersom snö måste plogas bort från gator och deponeras (Trafikverket 2019).

I Örnsköldsvik råder tjälfarlighetsklass tre av fyra vilket innebär att jordarten har en måttlig tjällyftning under tjällossningprocessen (S:t Eriks betong u.å.). Detta påverkas av mängden vatten i

marken vilket i sin påverkas av jordarten.

Den del av året när det är tillräckligt varmt och fuktigt för att växterna ska växa kallas vegetationsperiod och enligt SMHI (2021) kortas den ned av kallt klimat. Vegetationsperioden pågår under den tid på året då dygnsmedeltemperaturen ligger som lägst vid +3°C (SMHI 2021).

### Föreningar i Örnsköldsvik

Länsstyrelsen Västernorrland (2014) klassar majoriteten av Örnsköldsviks alla gaturum som högt förorenade och detta beror bland annat på trafiksituationen, snömängden och den mänskliga aktiviteten i Örnsköldsvik.

Eftersom trafik är källor till utsläpp både av metaller och organiska ämnen (Davis et al 2001; Wiklander 2017) bidrar trafiken till ökad mängd föroreningar i Örnsköldsvik. Enligt statistik från Länsstyrelsen (u.å.) fanns 565 bilar per 1000 invånare i Örnsköldsvik 2019, det är 91 fler än genomsnittet i Sverige som ligger på 474 bilar per 1000 invånare. Dessutom löper europaväg 4 genom centrala Örnsköldsvik vilket påverkar föroreningsgraden väsentligt. SVT (2017) beskriver att cirka 22 000 fordon kör genom staden varje dygn och att 10% av dessa är tung trafik. Föreningar från trafiken ackumuleras i snön och staden har därmed särskilt hög föroreningsgrad vid snösmältningen (Reinosdotter 2007).

En annan anledning till hög föroreningsgrad i Örnsköldsvik är hög mänsklig aktivitet. Staden består av ett handelsområde, bostäder och industriområden (Örnsköldsviks kommun 2012) vilket innebär ytterligare föroreningar (Mamun et al. 2020). Den mänskliga aktiviteten kommer dessutom öka fortsättningsvis eftersom många kommande byggnationer planeras genom förtätning av Örnsköldsvik (Byggfakta u.å.; Örnsköldsviks kommun 2012).

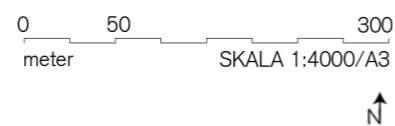
## GUI 1960



## GUI 2020



Figur 40. Den gröna urbana infrastrukturen har reducerats i Örnköldsvik sedan 1960-talet. Våsalunden (1), Centralesplanaden (2) och Viktoriæplanaden (3) är exempel på platser som förlorat sin grönstruktur till förmån för hårdgjorda ytor. ORTOFOTO © LANTMÄTERIET (2021)



### Grön urban infrastruktur i Örnköldsvik

I Örnköldsvik har den gröna urbana infrastrukturen reducerats under åren och kommunen har nu en vision om GUI.

#### Reducerad grön urban infrastruktur

Mellan 1960 och 2020 har befolkningens mängden i Örnköldsviks tätort ökat med cirka 10,000 invånare (SCB u.å.; SCB 2020a) vilket betyder att markanspråk gjorts i och runt tätorterna. Under denna period har grönstrukturen enligt Bartholdsson (2021) minskat i staden. Denna förlust av GUI är problematisk för Örnköldsvik och stadens invånare eftersom vi människor är beroende av GUI och urbana ekosystemtjänster (Boverket 2019a; Naturvårdsverket 2020b; EEA 2015; Europeiska kommissionen u.å.).

Bartholdsson (2021) berättar att när äldre träd tagits bort eller dött har de generellt inte ersatts med nya. Exempelvis hade Viktoriæplanaden tidigare dubbla alléer, dessa har försvunnit i förmån för byggnader och fyra körfiler. Dagens alléträd på Viktoriæplanaden står i en smal planteringsyta mellan körbanan och en gångväg. Detta trots att Viktoriæplanaden enligt Magnus Granath (2021) enligt beräkningar anses vara en överdimensionerad gata kapacitetmässigt.

#### Grön urban infrastruktur på privata fastigheter

Enligt Bartholdsson (2021) har GUI även reducerats på de privatägda fastigheterna. Där menar hon att fastighetsägare som rådfrågat om träd har avverkat dem trots avrådan från kommunen. Stadsträdgårdsmästare Anna-Sofia Malmström (2021) understryker att kommunen inte kan styra över de privata markägarnas grönstruktur, även om den är väldigt viktig för staden. När det byggs nytt i staden menar Bartholdsson (2021) dessutom att många vill maximera byggnadens yta på fastigheten. Hon beskriver att endast en liten yta blir grön och att kvalitativt grönt ofta bortprioriteras.

#### Kommunens vision om grön urban infrastruktur

Enligt Örnköldsviks kommun (2018b) är det viktigt att i framtiden värna om stadens befintliga GUI och samtidigt skapa nya gröna ytor i takt med att nya byggnader uppkommer (Örnköldsviks kommun 2018b). De pekar ut parkeringsplatser och byggnader som strukturer

med tendens att absorbera och reflektera värme och bidra till värmeeffekten och menar att GUI är viktig för att reglera stadens temperatur (Örnköldsviks kommun 2020). Kommunen vill därmed integrera klimatanpassade åtgärder i centrala Örnköldsvik för att skapa förutsättningar för ekosystemtjänster, exempelvis temperaturregulering, infiltration av dagvatten, översvämningsskydd och bevarande av biologisk mångfald (Örnköldsviks kommun 2020). Kommunen menar att GUI är en del i ekologisk hållbarhet och att den är lika viktig som övrig infrastruktur (Örnköldsviks kommun, 2012).

#### Dagvattenhantering i Örnköldsvik

Dagvattenhanteringen i Örnköldsvik har förändrats under åren och nu har kommunen nya mål och strategier för att bli mer klimatanpassade.

#### Dåtidens dagvattenhantering

Det har länge funnits utmaningar vad gäller dagvattenhantering i Örnköldsviks gaturum. I broschyren Örnköldsvik vid tiden omkring 1908 beskriver Kågström (2002) att Storgatan och Stora torget tog sin form på 1840-talet och att parallella gator och gränder därtill uppkom på 1860-talet (däribland Fabriksgatan). Kågström (2002) beskriver att dagvattenhanteringen vid den här tiden var problematisk. År 1898 var Centralgatan (nuvarande europaväg 4 som går genom staden) en lerig gata med klafsande gångtrafikanter (Kågström 2002). De beskriver att en "surpöl" låg vid Centralesplanaden varifrån en bäck rann tvärs över köpingsområdet och därefter i diken mot havet. Författaren menar att dagvattnet gjorde gatorna svårframkomliga och att detta problem under 1860-talet hade lett till Örnköldsviks första hårdgjorda yta. För att säkra framkomligheten lades smala stentrottoarer längs husfasaderna (Kågström 2002). Sedan detta har Örnköldsvik vuxit och fler ytor har gått från att kunna infiltrera vatten till hårdgjorda och staden har enligt Länsstyrelsen Västernorrland (2014) haft problem med översvämningar.

#### Dagens dagvattenhantering

Fredrik Gustafsgård (2021) på MIVA (Miljö och vatten i Örnköldsvik, stadens VA-huvudman) menar att den allmänna dagvattenanläggningen är hårt belastad vid större regn och det



Figur 41. Vid ett kraftigt regn i november 2020 översvämmades Järnvägsгатan i Örnsköldsviks hamnområde.



Figur 42. Öviksfjärden tar än idag emot snö från stadens gator. FOTO: ROBBIN NORGRÉN (U.Å.)

finns därmed risk för översvämningar. Han beskriver också att det i dagsläget finns två reningskonstruktioner för dagvatten i centrala Örnsköldsvik, en dagvattendamm i Åsdalsparken och en dagvattenkanal i Strandparken. Enligt Gustafsgård (2021) leds den största delen av dagvattnet i Örnsköldsvik till dagvattenkanalen i Strandparken. Där menar han att kanalen ska vara konstruerad för att uppehålla dagvattnet och rena det genom kanalens lutning, form och växtlighet. I detta system rinner dagvattnet på hårda ytor i gaturummen till dagvattenbrunnar och ut i ledningar som går till dagvattenkanalen innan det fortsätter ut i recipienten (havet). Detta system kallas för end of pipe-lösning där dagvattenrören mynnar ut i en reningsanläggning som är direkt ansluten till recipienten. Detta innebär att Öviksfjärden som recipient tar emot en stor del av dagvattnet i Örnsköldsvik, något som Godecke Blecken (2021) inte ser som något problem flödesmässigt i själva recipienten med tanke på fjärdens storlek. Däremot beskriver Gustafsgård (2021) att fjärden som recipient tar emot en del dagvatten som inte renas överhuvudtaget och det är problematiskt.

#### Öviksfjärden som recipient

Gustafsgård (2021) beskriver att dagvattnet från europaväg 4 mellan Åsdalsparken och Lasarettsgatan leds till havet utan rening, alltså när dagvattnet från ett föroreningsrikt gaturum recipienten och det påverkar den negativt. VISS (2021), länsstyrelsernas vatteninformationssystem i Sverige, har sammanställt statistik för ytvattnets kvalitet längs Örnsköldsviks kust mellan 2017 och

2021. De menar att av hela kommunens ytvatten längs kusten har 0,85 km<sup>2</sup> (<1%) en otillfredsställande ekologisk status och 187 km<sup>2</sup> (15%) har en måttlig ekologisk status. Statistiken visar att den urbana markanvändningen har en betydande påverkan på minst 5 km<sup>2</sup> av ytvattnet längs kusten. 5 km<sup>2</sup> är i det här fallet mindre än 1% av kustens ytvatten men data saknas på det resterande ytvattnet vilket betyder att det kan vara påverkat i större utsträckning (VISS 2021).

Historiskt har Örnsköldsviks kommun dessutom tippat snö direkt i havet, något som tillsynsmyndigheter och sedan Länsstyrelsen i början av 2000-talet ville stoppa men gav dispens för ända fram till 2016 (Holmström 2021a). Under vintern 2020/2021 gav Länsstyrelsen åter dispens för att tippa snö i havet (Holmström 2021b). Tillståndet kom dock med kravet att det endast får göras under vissa förhållanden. Kraven som länsstyrelsen ställde var att snön endast får tippas i havet när det snöar fyra centimeter eller mer per timme, den får endast ligga i 48 timmar innan den tippas och det får maximalt tippas 100000 m<sup>3</sup> inom tillståndet (Holmström 2021b).

#### Dagvattenhantering Fabriksgatan

Dagvattensystemet på Fabriksgatan har i dagsläget inte kapacitet att ta hand om flöden genererade av stora regn. Gustafsgård (2021) menar att ledningarna från Fabriksgatan har en kapacitet på 500 l/s, men att dagvattenbrunnarna begränsar systemets kapacitet på grund av dess storlek och att de är få i antal. På grund av brunnarna är kapaciteten på 500 l/s inte en realistisk siffra och han menar att det är svårt att uppskatta den

Tabell 1. Beräkning av Fabriksgatans vattenflöde vid olika regnintensiteter utifrån P110. Avledning av dag-, drän- och spillvatten, bilaga 10-1a (Svenskt vatten 2016).

Regnintensitet	Flöde i liter/sekund/hektar (för regn som varar i 10 minuter)	Flöde Fabriksgatan (med 1,6 ha avrinningsområde)
2-årsregn	134,1 liter/sekund/hektar	~ 215 liter/sekund
10-årsregn	134,1 liter/sekund/hektar	~ 365 liter/sekund

verkliga avvattningen.

Gustafsgård (2021) påpekar att dagvattenbrunnarnas kapacitet påverkas av hur väl gatan håller den tänkta avrinningen. Vid ett 10-årsregn som varar i tio minuter faller 365 liter vatten på Fabriksgatans avrinningsområde varje sekund (se tabell 1) och eftersom brunnarna är få kommer ett stort tryck bildas vid inflödet. Detta betyder med stor sannolikhet att Fabriksgatan väntar översvämningar när nederbördsintensiteten blir högre på grund av klimatförändringarna (Bates et al. 2008).

#### Framtidens dagvattenhantering i Örnsköldsvik

Tina Zakrisson (2020) beskriver i sin doktorsavhandling att det krävs en ändrad dagvattenhantering på flera ställen i Örnsköldsvik. Enligt dagvattenstrategin inom Örnsköldsviks kommun (2018b) ska dagvattnet fördröjas och omhändertaras på ytor nära källan. De beskriver också att stadens dagvattensystem ska utformas så att så stor del som möjligt av föroreningar avskiljs och bryts ned under tiden vattnet transporteras till recipienten. För att uppnå detta beskriver kommunen i strategin att multifunktionella ytor är en lösning. Även Zakrisson (2020) föreslår detta, både regnbäddar och skelettjordar. Hon menar att dessa lösningar passar i Örnsköldsvik och andra områden med kallt klimat. Detta stämmer överens med kommunens dagvattenstrategi som talar för multifunktionella ytor och gröna dagvattenlösningar som påvisar positiva inslag i livsmiljön för invånare och samtidigt gynnar ekosystemtjänster (Örnsköldsviks kommun

2018b). Örnsköldsviks strävar efter att bli en miljömedveten stad där grönstruktur och dagvatten är en prioritering inom kommunens vision om ett hållbart samhälle.

*“Genom att använda nya tekniker kan man ta till vara på grönstrukturens möjlighet att ta upp stora mängder vatten och därigenom rena dag- och ytvatten.”*

*- Örnsköldsviks kommun (2011)*

De menar att dagvattenlösningar som funktions-, konstruktions- och gestaltningsmässigt är anpassade för Örnsköldsvik kan förändra dagvattnets status från problem till resurs i samhället. Gustafsgård (2021) beskriver att:

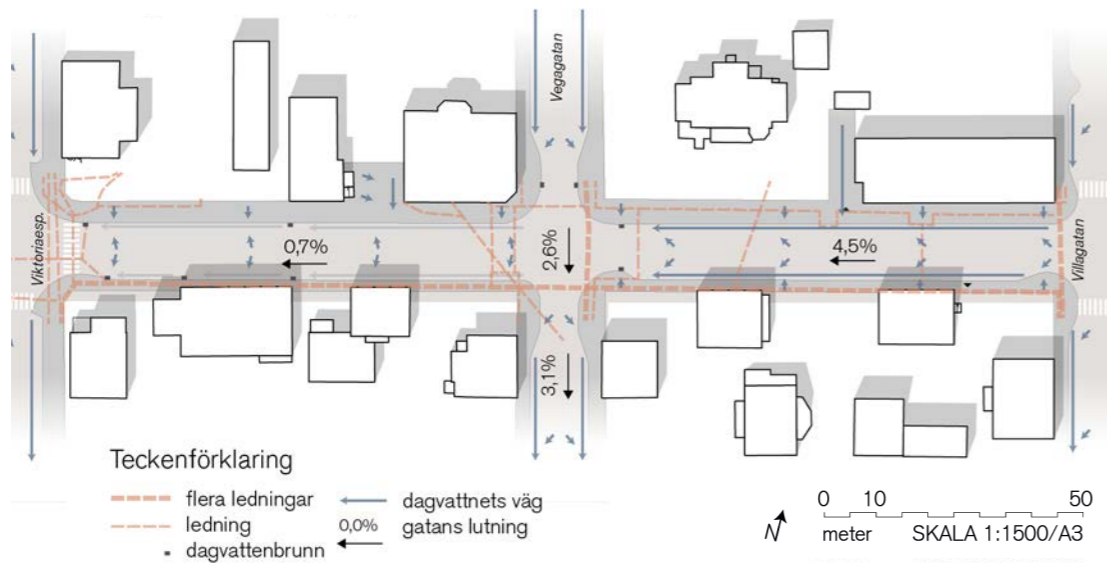
*“Miva är positivt inställda till mer inslag av gröna- och öppna lösningar för att förbättra kvaliteten i recipienterna och för att skapa en livligare stadsmiljö. Så även utnyttja dagvatten till bevattning direkt i gaturummet.”*

*- Fredrik Gustafsgård*

#### Snöhantering på Fabriksgatan

När det snöröjs på Fabriksgatan slungas snön enligt Lind (2021) till den norra sidan av gatan. Där ligger sedan snön i väntan på bortforsling till deponi. Lind (2021) beskriver dessutom att halkbekämpning utförs med grus och att salt ofta är inblandat i det.





Figur 45. Inventeringsplan Fabriksgatan.



Figur 46. Under vintern bildas iskakor på Fabriksgatan när temperaturen pendlar ovan och under noll grader.

## Inventering del 2: lutningar, dagvatten och befintliga ledningar

Del två av inventeringen på Fabriksgatan handlar om platsens förhållanden på och under marken. Även denna efterföljs av en analys.

### Topografi & lutning

Örnsköldsvik präglas av kuperad terräng med sluttande gator. Viktoriaesplanaden, Vegagatan och Villagatan lutar alla tre ungefär 3% ner mot havet. Lutningen på Fabriksgatan varierar mellan de två kvarteren, det östra kvarteret lutar 4,5% medan det västra lutar 0,7%.

### Dagvatten

Körbanan är bomberad i mitten och dagvattnet fördelas mot brunnar på norra och södra sidan. Det finns fem brunnar längs kantstenen mot trottoarerna i västra kvarteret och två i det östra.

Gatan har gropar och sprickor i asfalten och under vintern bildas en iskaka i lågpunkterna längs kantstenen.

### Ledningar i marken

Det finns befintliga ledningar i marken på Fabriksgatan. I korsningarna är de flesta ledningarna placerade men några går längs med Fabriksgatan. Ledningar går under den södra trottoaren och en i den norra trottoaren i det östra kvarteret.

Ledningarna i det östra kvarteret är fjärrvärme och de ligger inte helt parallellt med gatans riktning. Detta eftersom det finns expansionslyror där, extra något som Stefan Fällström (2021) menar används på grund av att dessa typer av ledningar behöver kunna expandera utan att gå sönder. Han beskriver att detta är en gammal metod att lägga ledningar och att det tyder på att den ligger mellan 60-100 centimeter ned. De övriga ledningarna ligger på olika djup och det exakta djupet är svårt att veta på förhand. Klart är att vattenledningar ligger på frostfritt djup (1,6 meter ned).

## Analys Fabriksgatan, del 2

Följande analys utgår från inventeringen och fokuserar på dagvattenhantering och ledningarna i marken.

### Dagvattenhantering

Följande punkter ses som negativa aspekter:

- Den stora mängden hårdgjord yta på Fabriksgatan innebär att inget vatten kan infiltrera ned i marken vilket skapar hög belastning på dagvattensystemet.
- Fabriksgatans dagvattenhantering är inte hållbar eftersom den är en del i Örnsköldsviks end-of-pipe-lösning där vatten av olika föroreningsgrad blandas och översvämningar riskeras vid större regn.
- Sprickor och gropar i asfalten innebär att avvattningen inte sker ändamålsenligt och vatten blir stående. På vintern skapar detta särskilda problem med iskakor och tjäle.

### Ledningar i marken

Följande punkter ses som positiva inslag:

- De flesta ledningarna är belägna i korsningarna, det skapar möjligheter till förändrad funktion i övriga gaturummet.

Följande punkter ses som negativa aspekter:

- De befintliga ledningarna är utspridda på flera ställen och kan begränsa utformningen av Fabriksgatan.
- Utrymmet för expansionslyrorna är större än en ledning som löper rakt i marken, det kan påverka BGG-konstruktionen.



Figur 47. Strandbodgatan i Uppsala har en lutande regnbädd mellan en stor cykelled och gatans körbana.

# Designsyntes

Denna syntes baseras på en fallstudie av fyra referensprojekt som innefattar en inventering och en SWOT-analys för respektive projekt. Avsnittet fokuserar enbart på gestaltning och ligger som grund för gestaltningsförslagets utformning ovan mark.

## Referens 1: Strandbodgatan

Strandbodgatan ligger i Uppsala och projekterades om av Sigma Civil AB år 2016. Deras vision är att gaturummet ska rena och fördröja dagvattnet lokalt innan det går ut i dagvattensystemet samt ge en högre trafiksäkerhet med en grön inramning.

### Utformning

Strandbodgatan är en 30 meter bred gata som sträcker sig 300 meter och utgörs av körbana med bilparkering längs ena sidan samt gång- och cykelbana på båda sidor av gaturummet. På norra sidan skiljer en trädrad i skelettjord bilparkeringarna och cykelvägen från gångvägen. På södra sidan gör en fyra meter bred regnbädd en barriär mellan körbanan och en större gång- och cykelväg. Regnbädden är sammanhängande med släpp för infarter och bilparkeringar.

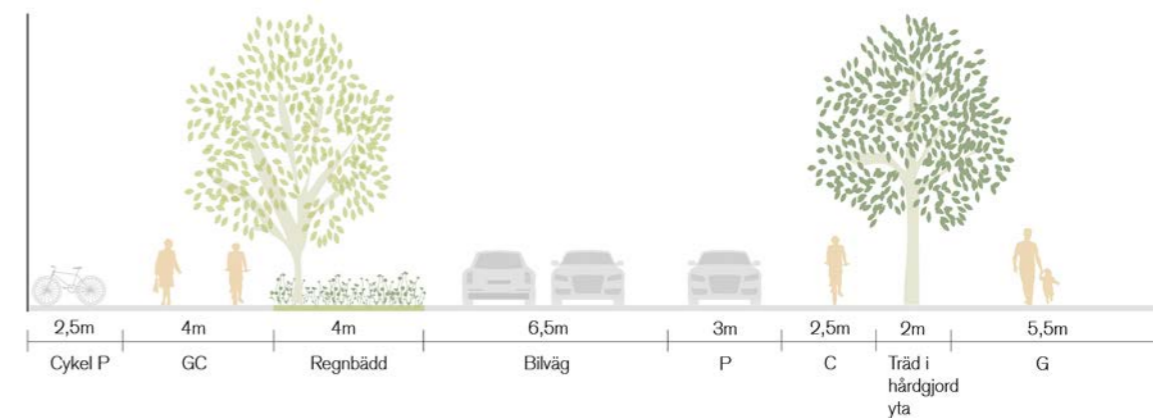
### Växtmaterial

Gaturummet har flertalet arter av perenner med bladeffekter i olika gröna nyanser men med begränsad blomning. Perenner planteras i förband

som blockplantering. Träden i gaturummet utgörs av björkar och är planterade i rad, vissa har nedsatt vitalitet. Björkarna i regnbädden koncentreras mot gång- och cykelväg. Buskar och lök finns inte på strandbodgatan.

### Markmaterial & utrustning

Körbana, parkeringar och cykelväg är asfalterade och parkeringarna markeras med en vitmålad linje. Markbeläggningen på gångväg utgörs av betongplattor 30x30 och trädraden i skelettjordarna markeras med smågatsten. Regnbädden ramas in av smågatsten närmast gång- och cykelväg som går i marknivå vilket innebär att regnbädden har ett inlopp på bred front. På andra sidan regnbädden, mot körbanan, har regnbädden en kantsten av granit med mer koncentrerade inloppsnedslänningar. Regnbädden har längsgående granitblock mellan växterna. Markgaller och stamskydd utgörs av gjutjärn. Gaturummet är belyst med traditionell trafikbelysning. Sittbänkar finns utplacerade i trädraden.



Figur 48. Sektion Strandbodgatan

SKALA 1:200/A3

## SWOT-analys Strandbodgatan

	Styrkor	Svagheter	Möjligheter	Hot
<b>Utformning</b>				
Dimension gata	Öppet och ljust, får in många funktioner.	Mycket hårdgjort, stor andel av gaturummet ägnas åt bilparkeringar.	Plats för större regnbädd/regnbädd på båda sidor av bilväg om bilparkeringarna reduceras.	
Trafiksituation	Separerad GC-väg och tydligt markerade övergångsställen från bilväg skapar trygghet.	Gångtrafikanter prioriteras lägst p.g.a. snabbcykelled och stor mängd bilister.	Gångtrafikanter skulle kunna prioriteras mer genom större ytor och möbler att vistas vid.	Högt belastad bilgata under många timmar av dygnet.
Dimension regnbädd	Sammanhängande stråk skapar grön barriär.	Trafiken tar upp plats i gaturummet och det är bara regnbädd på ena sidan.	Det finns plats för regnbädd på båda sidor av gatan.	
<b>Växtmaterial</b>				
Artsammansättning	Blandningen av träd, buskar och perenner ger attraktionsvärde och struktur under hela året.	En art närmast vägen har inte klarat sig och stora hål har bildats i växtbädden.	Fler arter ger större biologisk mångfald.	Björkarna på norra sidan är planterade under stora trädkronor, det kan påverka björkarnas tillväxt.
Träd	Trädrad skapar tydlighet i riktning för bilister och cyklister.	Endast en art.	Plantera fler arter.	Vid sjukdom på björk drabbas alla träd längs gatan.
Buskar	Buskarna skapar struktur i regnbädden och hindrar från tramp när perennerna är vissna.	Endast en art.	Plantera fler arter.	Det höga trafikflödet kräver låga buskar där sikten säkras.
Perenner	Flera arter i gröna nyanser skapar lugn för ögat och distraherar inte trafikanter.	Främjar inte pollinerare på samma sätt som blommande perenner.	Plantera fler blommande arter.	Växtplatsen är utsatt eftersom de står oskyddat från snö och salt.
Lök	-	-	-	-
<b>Utrustning</b>				
Inlopp regnbädd och skelettjord		Skräp och grus från väg åker in i regnbädd.		Nollat kantstöd ger hög risk för fordonsskador och tramp på växterna.
Markbeläggning gaturum	Olika markbeläggningar speglar gaturummets användning.	Upphöjnad vid övergångsställen har sättningsskador.	Använda annan markbeläggning vid parkeringsplatser för att separera dem från körbanan.	
Kantsten/mur regnbädd	Ser växtligheten bra.	Skräp och grus från väg åker in i regnbädd.	Använda kantstöd med hål i som släpper in vatten överallt men hindrar skräp.	Nollat kantstöd ger hög risk för fordonsskador och tramp på växterna.
Markgaller träd	Tillgodoser funktionen.	Ogräs växer upp genom gallret vilket tyder på att det inte är ett tillfredsställande täcklager.		
Stamskydd träd	Skyddar mot fordonsskador från olika håll.	Används till cykelställ.		
Belysning gaturum	Tryggheten ökar.	Standardiserad gatubelysning bidrar inte till områdets karaktär och identitet.	Mer karaktärsfull och identitetsskapande belysning i områden där fotgängare vistas.	
Sittmöbler gaturum	Avkoppling och återhämtning.	Sittmöbler är exponerade från alla håll, ej skydd i ryggen, otryggt.	Tryggare sittplatser med i mer attraktiva lägen.	
<b>Unika funktioner</b>				
Granitblock i regnbädd	Ramar in perennerna när de är fullstora och är estetiskt tilltalande, skapar ett upplevelsevärde under vinterhalvåret.	Skymmer perenner när de inte är fullstora.	Öppet och ljust, får in många funktioner.	Risk för att människor sätter sig eller balanserar på den och trampar i regnbädden.



Figur 49. I regnbäddarna på Torgny Segerstedts Allé i Uppsala skapar bl.a. sockblomma, tuvrör och våralväxning ett grönt intryck på våren.

## Referens 2: Torgny Segerstedts Allé

Torgny Segerstedts Allé ligger i nya stadsdelen Rosendal i Uppsala och projekterades av Karavan år 2019 och är ännu inte helt färdigställd. Deras vision är att gaturummet ska präglas av innovation och nya lösningar genom ett BGG-system där estetiska, pedagogiska och biologiska aspekter eftersträvas.

### Utformning

Torgny Segerstedts Allé är en 28 meter bred huvudgata i nya stadsdelen Rosendal. Gaturummet består av en bilväg med en gång- och cykelbana på vardera sida av bilvägen samt cykelparkeringar längs fasader. Bilvägens körfält ramas in med 2,5 meter breda regnbäddar mot gång- och cykelväg. Rosendal har ett mycket stort blågrögrått system eftersom hela stadsdelens gatumiljö är uppbyggd för att förhindra föroreningar i grundvattnet. Torgny Segerstedts Allé är idag färdigställd i Södra Rosendal men inte i Norra Rosendal.

### Växtmaterial

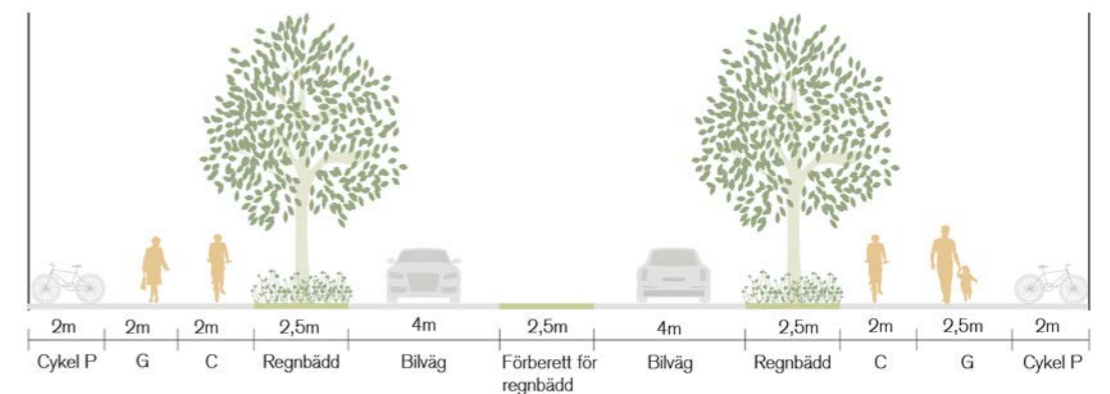
Gaturummet har ett flertal arter av perenner och buskar med olika karaktärer och uttryck. Perenner planteras i förband som blockplantering. Träden i gaturummet står på rad i regnbäddar och är ekar. Några få träd står i skelettjordar intill livsmedelsbutiken i området. Blomsterlökar blommar om våren.



Figur 50. Markgaller i cortenstål matchar sandfångskaren och mellan träden i hårdgjord yta är cykelställ placerade.

### Markbeläggning & utrustning

Markbeläggningen varierar beroende på funktion. Bilväg, parkeringar och cykelväg är asfalterade. Markbeläggningen på gångväg och cykelparkeringar utgörs av betongplattor 30x30 centimeter. Regnbäddarna ramas in med en granitkantsten och ett planteringskydd av gjutjärn som är transparent. Regnbäddarna har koncentrerade inlopp i form av brunn med efterföljande sandfångskar i cortenstål.



Figur 51. Sektion Torgny Segerstedts Allé

SKALA 1:200/A3



	Styrkor	Svagheter	Möjligheter	Hot
<b>Utformning</b>				
Dimension gata	Öppet och ljus, får in många funktioner.	Tätt mellan husen intill gatan ger inte stor plats för anslutande GUI.	Plats för mycket GUI i gatumiljön.	
Trafiksituation	Separerade GC-väg och bilväg skapar trygghet.	Fokus på förbipassage och inte för att stanna till, trafikskyltar placerade i regnbädd.	Placera trafikskyltar på andra ställen än i regnbäddar.	GUI kan skymma sikten, skyltfundament tar upp en del av regnbäddsvolymen.
Dimension regnbädd	Flera regnbäddar i bredd gör att hela gaturummet upplevs grönt.	På grund av många infarter är regnbäddarna korta.	En längre regnbädd istället för tre korta hade ökat upplevelsen för gångtrafikanter.	Gaturum med många funktioner och infarter begränsar regnbäddarnas storlek.
<b>Växtmaterial</b>				
Artsammansättning	Varierande växter i art och karaktär som skapar identitet.	Repetitivt artmönster ger lägre artrikedom.	Fler arter och fler skikt.	Trafiksituationen kräver god sikt och kan inte tillåta all typ av vegetation.
Träd	Trädrad skapar tydlighet i riktning för bilister och cyklister.	Endast en art.	Plantera fler arter.	Vid sjukdom på ek riskeras alla träd längs gatan.
Buskar	Städsegrönt ger grönska hela året.			
Perenner	Artrikedom ger ekologiska fördelar och skapar olika karaktärer.			
Lök	Lök förlänger växtsäsongen.			
<b>Utrustning</b>				
Inlopp regnbädd och skelettjord	Diskreta brunnar och sandfångskar som inte tillåter skräp och grus att komma in i regnbäddarna.	Samlas istället mycket skräp på ett koncentrerat ställe.	Lätt att tömma sandfångskaren och därmed hålla rent i regnbädden .	
Markbeläggning gaturum	Olika markbeläggningar beroende på funktion ger tydlighet.			
Kantsten/mur regnbädd	Växterna syns bra och kommer då fram mer i gaturummet.	Transparent ram runt regnbäddarna ger låg barriäreffekt ökar risken för tramp och fordonsskador på växterna.	Skapa en tydligare barriär med annat kantstöd i regnbäddarna.	
Markgaller träd	Estetiskt tilltalande med cortenstål som matchar sandfångskaren i regnbäddarna	-	-	-
Stamskydd träd		Finns inga stamskydd trots träden står mellan cykelställ vid ICAentré där det rör sig mycket människor		Risk för skador på träd.
Belysning gaturum	Tryggheten ökar.	Standardiserade belysningsstolpar för trafikmiljö skapar inte karaktär och identitet.		
Sittmöbler gaturum	-	-	-	-
<b>Unika funktioner</b>				
Sammanhängande BGG-system i stadsdelen	Tillämpa mycket GUI med bra förutsättningar för växter.	Kostsam anläggning. Få träd i hårgdjord yta minskar det gröna intrycket.	Enkelt göra tillägg av träd i skelettjord om behovet finns.	



Figur 52. På Jaktgatan i Stockholm ramas regnbäddens växter in av en bred granitmur. FOTO: AJ LANDSKAP (U.Å.)

### Referens 3: Jaktgatan

Jaktgatan ligger i Norra Djurgårdsstaden i Stockholm och projekterades av AJ Landskap år 2015. Deras vision är att gaturummet ska innehålla detaljer och skapa ett ekologiskt, visuellt och socialt värde för Norra Djurgårdsstaden.

#### Utformning

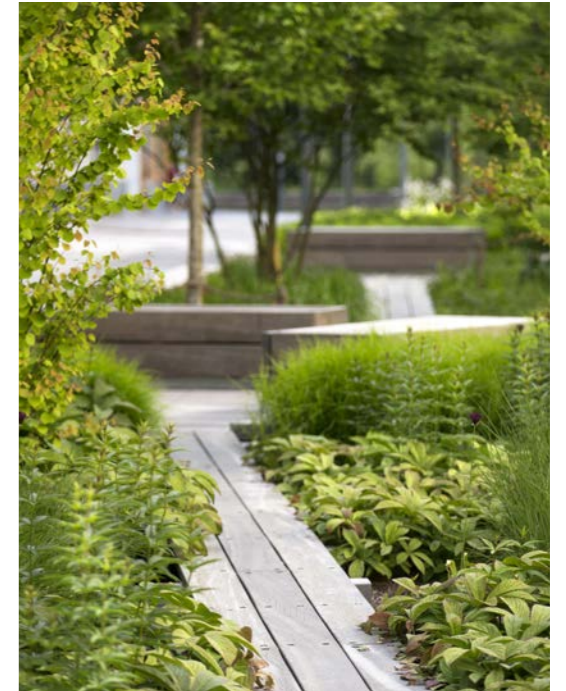
Jaktgatan är en 25 meter bred huvudgata där gaturummet utgörs av en körbana, bilparkeringar längs gatan samt gång- och cykelbana på vardera sida av bilvägen. Gång- och cykelbanan separeras från bilvägen av en 6,5 meter bred regnbädd och en trädrad i hårdgjord yta. Ytterligare en trädrad står i hårdgjord yta på andra sidan om körbanan. Regnbädden är sammanhängande och sträcker sig längs hela huvudgatan med två uppbrott för infarter i ytterkanterna.

#### Växtmaterial

Gaturummet har ett mångfald av arter av såväl träd, buskträd, perenner och lök med variation i både sammansättning och habitus. Regnbädden är bevattnad och växtmaterialet planteras i förband som blockplantering.

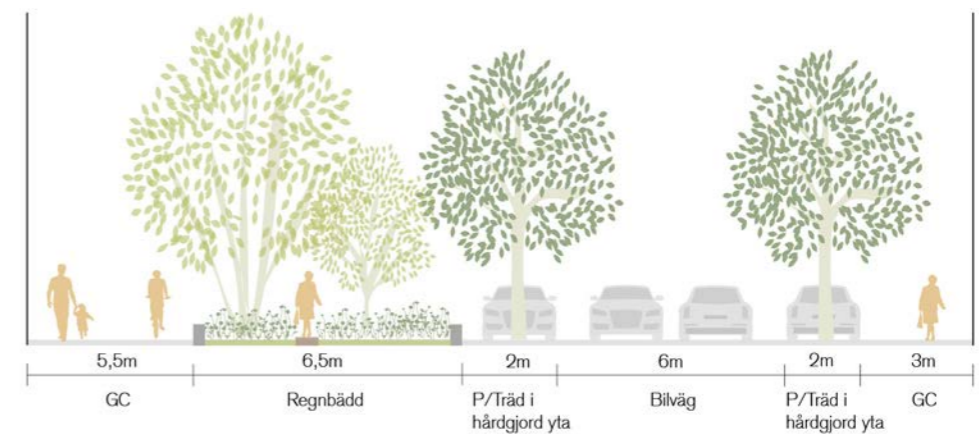
#### Markbeläggning & utrustning

Markbeläggningen varierar beroende på funktion. Bilväg och parkering har smågatssten men markeras med olika mönster och en fris av granit. Cykel- och gångväg har stora betongplattor och omsluts av smågatssten. Regnbädden ramas in med en bred granitmur med koncentrerade inlopp och



Figur 53. I regnbädden löper en spång mellan sittplatserna. FOTO: KASPER DUDZIK (U.Å.)

träd i hårdgjord har ett markgaller av cortenstål. Stamskydd av cortenstål prioriteras vid infarter och parkeringar där risken för fordonsskador är störst. I regnbädden finns sittbänkar utplacerade på träbryggor. Längs hela regnbädden löper en 60 cm bred träspång i sicksackmönster. Hela gaturummet och regnbädden är belyst med fokus på sittplatser.



Figur 54. Sektion Jaktgatan

SKALA 1:200/A3

	Styrkor	Svagheter	Möjligheter	Hot
<b>Utformning</b>				
Dimension gata	Öppet och ljust, får in många funktioner.		Plats för mycket GUI.	
Trafksituation	Separerad GC-väg från bilväg skapar trygghet.	Många parkeringsplatser tar stor yta.	Färre parkeringsytor skulle kunna ge mer sammanhängande grönstruktur.	GUI kan skymma sikten.
Dimension regnbädd	Stor regnbädd ger förutsättningar för stor mängd GUI och bildar ett parkstråk.		Få in mycket olika växter.	
<b>Växtmaterial</b>				
Artsammansättning	Artrikt hög biologiskt mångfald.			
Träd	Varierande habitus som är rumsbildande.	Träd planterade högt så att regnbäddens skålform inte tillgodoses.	Bilda barriärer och gröna väggar.	
Buskar	Buskträd ger många skikt och upplevelsemässiga fördelar.	Inga lägre buskar eller städsegrönt	Fler låga buskar kan ge struktur och karaktär på vintern.	
Perenner	Mycket artrikt med olika karaktärer.		Bra för pollinerare.	
Lök	Lång blomsäsong.		Bra för pollinerare.	
<b>Utrustning</b>				
Inlopp regnbädd och skelettjord	Diskreta inlopp.	Samlas mycket smuts.		Nollat kantstöd ger hög risk för fordonsskador och tramp på växterna.
Markbeläggning gaturum	Tydlig funktionsindelning, smågatsten på bilvägen skapar identitet och sänker hastigheten.	kostsamt att anlägga olika mönster.		
Kantsten/mur regnbädd	Hög mur ger sittmöjligheter och tydlig inramning av regnbädden, växterna skyddas från fordonsskador.	Granitmur har gröna alger.		
Markgaller träd	Estetiskt tilltalande.			
Stamskydd träd	Skyddar mot fordonsskador.	Finns inte på alla träd, och de som finns används ofta till cykelställ.	Det finns ett behov av cykelställ i vilket kan integreras i gatumiljön.	
Belysning gaturum	Tryggheten ökar, att gaturummet inte har standardbelysning för trafikmiljöer skapar identitet och karaktär.			
Sittmöbler gaturum	Avkoppling, återhämtning.	Inga ryggstöd på sittmöblerna.	Sittplatserna kan utrustas med ryggstöd och för att göra dem tillgängliga för äldre.	
<b>Unika funktioner</b>				
Träspång	Vistelse och upplevelsevärde ökar.	Inte tillgänglig för alla.		Risk för skador på regnbädd om människor kliver i regnbädd istället för på spången.
Bevattning regnbädd	Fler växtval.	Kostsamt, skötsel.	Biologiskt mångfald.	



Figur 55. På Taxgatan i Stockholm är regnbädden sammanhängande med ingångar till fastigheterna på "cortenstålsbroar". FOTO: KASPER DUDZIK (U.Å.)

#### Referens 4: Taxgatan

Taxgatan ligger i Norra Djurgårdsstaden i Stockholm och projekterades av AJ Landskap år 2015. Deras vision är att gaturummet ska innehålla arkitektoniska värden och fungera som en biologisk maskin som omhändertar dagvatten, gynnar biologisk mångfald och skapar ett gott mikroklimat.

#### Utformning

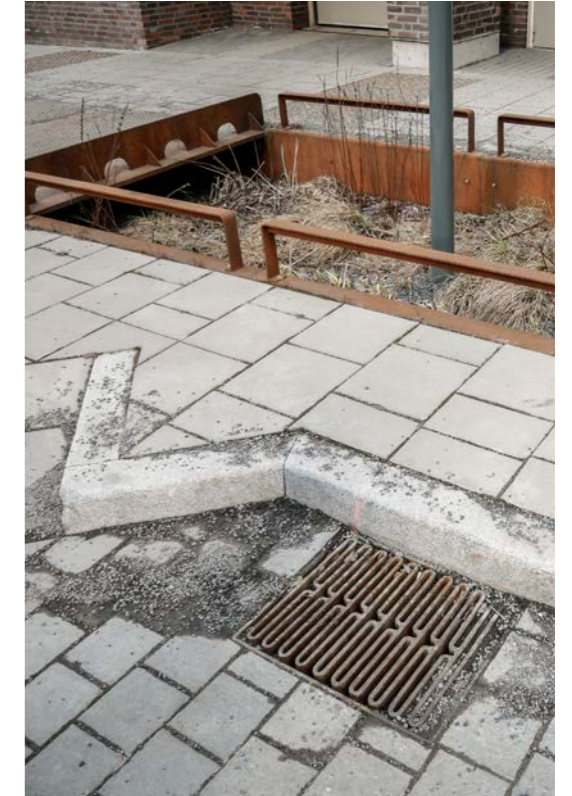
Taxgatan är en kvartersgata med en bredd på 18 meter som innefattar en körbana med bilparkeringar på vardera sida, samt en gång- och cykelväg i gatans båda ytterkanter. Regnbädden som är två meter bred skiljer gång- och cykelväg från körbanan på ena sidan. Bädden sträcker sig längs hela gaturummet i ett sammanhängande system. Gatan lutar och regnbädden är sektionerad i trappliknande sektioner. Bilparkeringar samspelar med träd i hårdgjord yta.

#### Växtmaterial

Gaturummet har flera olika arter av både träd, buskträd och perenner som både varierar i sammansättning och i habitus. Växtmaterialet planteras i förband som blockplantering.

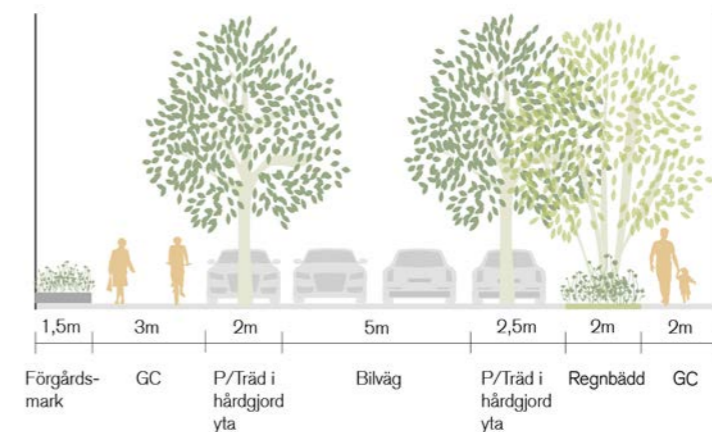
#### Markbeläggning & utrustning

Markbeläggningen varierar beroende på funktion. Bilvägen är asfalterad och parkeringarna markeras med granitkantsten med infälld ramp och betongmarksten på parkeringsytan. Gång- och cykelvägarna utgörs av 30x30 betongplattor. Regnbädden har kantstöd av cortenstål som kommer igen i både markgaller, stamskydd



Figur 56. Inloppsbrunnarna till BGG-systemet är placerade i parkeringsytan medan regnbädden ligger i höjd med gång- och cykelvägen.

och inloppsbrunnar. Kantstöden är öppna och släpper in ljus och vatten. På gatan finns inga sittmöjligheter utan fungerar främst som en passage. Belysningen utgörs av trafikbelysning där gång- och cykelväg samt bilväg prioriteras.



Figur 57. Sektion Taxgatan.

SKALA 1:200/A3

	Styrkor	Svagheter	Möjligheter	Hot
<b>Utformning</b>				
Dimension gata	Stor mängd gröna ytor i förhållande till gaturummets storlek.	Smalt gaturum med höga byggnader minskar möjligheter till GUI.		
Trafiksituation	Många funktioner på liten plats, infarter till garage och bostadsgårdar är integrerade som broar över regnbädden.	Stora ytor används till bilparkering.	Med färre bilparkeringar skulle gångtrafikanter prioriteras högre och mer GUI få plats.	
Dimension regnbädd	Funktionell trots sin storlek.			
<b>Växtmaterial</b>				
Artsammansättning	Många olika arter.			Få soltimmar i gatunivå p.g.a. hushöjderna och det smala gaturummet kan begränsa artsammansättningen.
Träd	Varierande habitus som är rumsbildande.		Bilda barriärer och gröna väggar.	
Buskar	Buskträd ger många skikt och upplevelsemässiga fördelar.	Inget städsegrönt.	Fler låga buskar kan ge struktur och karaktär på vintern.	
Perenner	Hög artrikedom med fokus på växter som renar.	Få blommande perenner.	Plantera fler blommande perenner som gynnar pollinerare	
Lök	-	-	-	-
<b>Utrustning</b>				
Inlopp regnbädd och skelettjord	Diskreta inlopp.	Samlas mycket smuts.		
Markbeläggning gaturum	Tydlighet i funktion.			
Kantsten/mur regnbädd	Estetiskt tilltalande, ser in i regnbädden på håll.		Kantstöd också fungerar som ett breddat inlopp.	
Markgaller träd	Estetiskt tilltalande att det matchar regnbäddens cortenstålsmur.			
Stamskydd träd	Skyddar mot fordonsskador.	Används ofta till cykelställ.	Det finns ett behov av cykelställ i vilket kan integreras i gatumiljön.	
Belysning gaturum	Tryggheten ökar.	Standardiserade belysningsstolpar för trafikmiljö skapar inte karaktär och identitet.		
Sittmöbler gaturum	-	-	-	-
<b>Unika funktioner</b>				
Broar	Estetiskt tilltalande, Tillgängliggör en sammanhängande regnbädd.	Risk för fordonsskador.	Möjliggör för fler växter i regnbädden.	
Hög längslutning	Trots hög längslutning fungerar systemet med hjälp av sektioner.	Kan bli torrt högst upp i systemet.		Växter kan dö högst upp på grund av vattenbrist.



Figur 58. Blommande lökar förlänger växtsäsongen.

### Sammanställning av SWOT-analyserna

Från de fyra referensprojekten och SWOT-analyserna tas följande gestaltningsidéer med till utformningen av Fabriksgatan:

#### Utformning

- Separerad GC-väg från bilväg ökar tryggheten och säkerheten.
- Tydliga inramade övergångsställen ökar säkerheten.
- Överdimensionerade hårdgjorda ytor kan användas till regnbädd.
- Stora regnbäddar ger möjlighet till stor mängd vegetation i gaturummet.
- Sammanhängande breda regnbäddar skapar grön barriär.
- Ubrott i regnbäddar krävs för infarter till privata fastigheter.
- Träd i hårdgjord yta möjliggör GUI utan stort markanspråk.
- Flera regnbäddar i bredd gör att hela gaturummet upplevs som grönt.
- Många parkeringsplatser innebär stora mängder hårdgjord yta.

#### Växtmaterial

- Varierade växter i art och karaktär skapar identitet.
- Buskträd ger intressant och intim rumslighet.
- Träd i rad skapar orienterbarhet i gaturummet.
- Buskar skapar en beständig struktur som skyddar regnbädden från tramp.
- Arter i olika gröna nyanser skapar ett lugn för ögat.
- Blommande perenner ger upplevelsevärden och lockar till sig besökare.
- Blommande lökar förlänger växtsäsongen.
- Lång blomningsperiod.
- Vintergröna växter ger grönt uttryck under vintern och skapar attraktionsvärden under hela året.

#### Markbeläggning & utrustning

- Olika markmaterial utifrån ytans funktion skapar tydlighet för användaren.
- Belysning ökar tryggheten och ger ett estetiskt värde under dygnets mörka timmar.
- Belysningsarmaturer som inte är standard för trafikmiljö skapar identitet och karaktär.
- Sittmöjligheter möjliggör avkoppling och återhämtning.
- Stamskydd minskar risken för fordonsskador på växter.
- I centrala lägen används stamskydd som cykelställ.
- Tydlig inramning av regnbädd gör växterna framträdande i gaturummet.
- Bred och hög mur runt regnbädden ger informella sittplatser i gaturummet.
- Med koncentrerade inlopp hindras skräp från att ta sig in i regnbädden.
- Markgaller och kantstöd av cortenstål är estetiskt tilltalande i ett annars grått gaturum.

# Resultat 1: typsektioner

Arbetets första resultatdel utgår från den vetenskapliga syntesen och visar typsektioner för hur ett BGG-system skulle kunna utformas i kallt klimat.

## Regnbäddar

Regnbäddens botten består av ett öppet förstärkningslager som är 250 millimeter djupt och vilar på en tät terrass. Förstärkningslagret består av makadam (32/90), biokol och kompost och fördelas 75/12,5/12,5. Detta lager fördröjer och magasinerar dagvatten.

Ovan förstärkningslagret finns ett avjämningslager som är 50 millimeter djupt. Avjämningslagret är av makadam (8/11). Detta lager förhindrar partikelvandring mellan förstärkningslagret och växtsubstratet.

På avjämningslagret ligger 600 millimeter växtsubstrat. Detta består av makadam (2/6), biokol och kompost vilket ska rena dagvatten. Detta lager är regnbäddens filter och där dagvattenrening är mest effektiv. Växterna planteras i detta lager.

Högst upp på regnbädden placeras ett täcklager som är 50 millimeter djupt. Detta

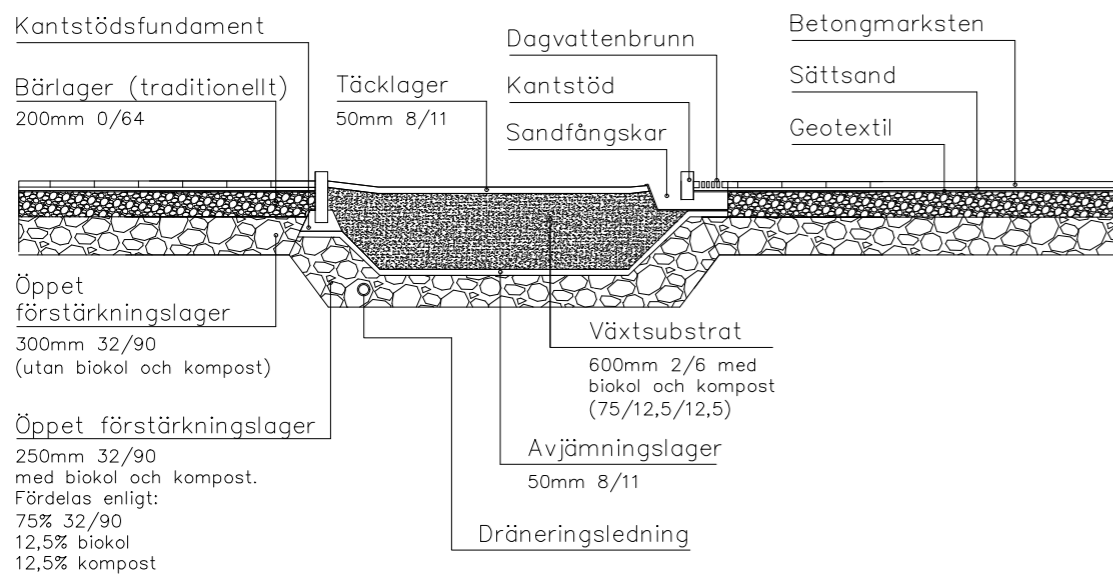
består av makadam (8/11), samma fraktion som avjämningslagret, och ska begränsa avdunstning och ogrästtillväxt.

## Magasin under hårdgjord yta

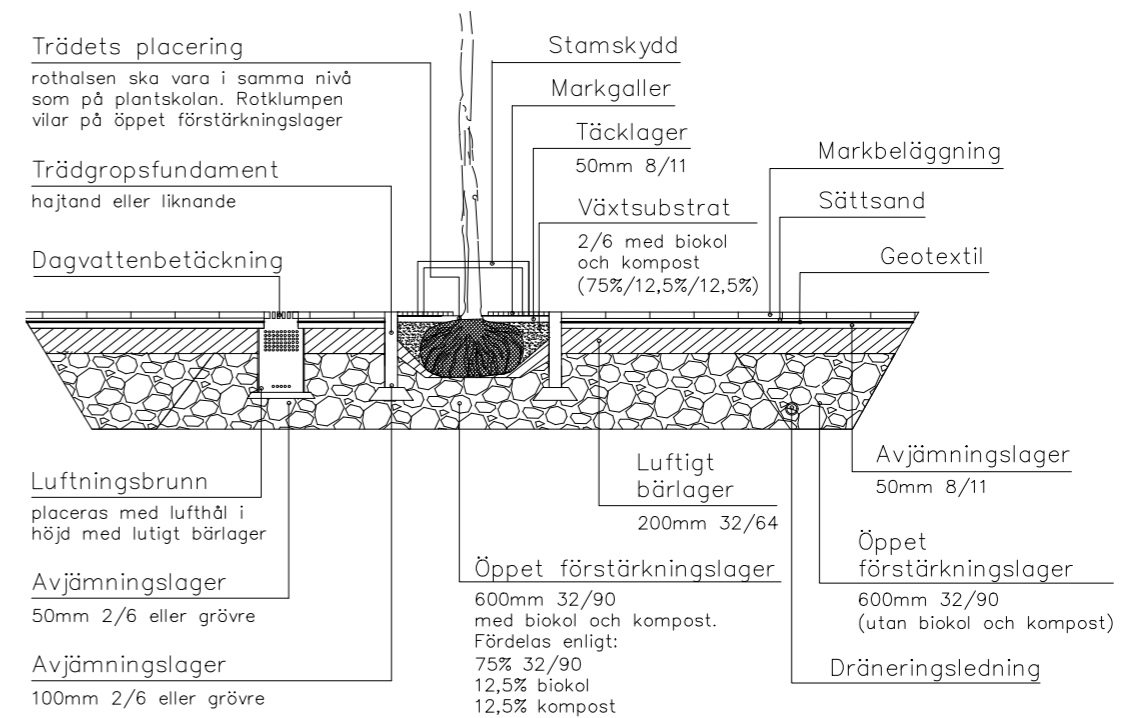
Om avrinningsområdet är stort kan magasinering ske under hårdgjord yta. I det fallet anläggs ett öppet förstärkningslager som är 300 millimeter djupt på en tät terrass. Förstärkningslagret består i det här fallet endast av makadam (32/90). Detta är inte en växtplats, därför är biokol och kompost överflödiga och bidrar endast till att näringsämnen följer med dagvattnet ut i recipienten och förorenar.

Ovan förstärkningslagret anläggs ett traditionellt bärlager som är 200 millimeter djupt. Detta består av makadam med nollfraktion (0/32).

På bärlaget anläggs den hårdgjorda ytan med exempelvis geotextil, sättsand och marksten.



Figur 59. Typsektion för hur en regnbädd och en hårdgjord yta kan konstrueras i kallt klimat.



Figur 60. Typsektion för hur en skelettjord kan konstrueras i kallt klimat.

## Skelettjord

I botten av skelettjorden ligger ett öppet förstärkningslager som är 600 millimeter djupt. Detta lager anläggs i två typer beroende på hur långt det ligger från trädklumpen. Inom två meter från trädklumpen består det öppna förstärkningslagret av makadam (32/90), biokol och kompost i fördelningen 75/12,5/12,5.

Längre än två meter från trädklumpen är biokol och kompost inte nödvändig och där läggs därför förstärkningslagret endast med makadam (32/90). Övan förstärkningslagret anläggs ett luftigt bärlager som är 200 millimeter djupt. Detta består endast av makadam (32/64) och hålls därmed luftigt för att säkra trädets rotandning.

På det luftiga bärlaget läggs ett avjämningslager som är 50 millimeter djupt. Detta lager består av makadam (8/11) och ger en jämn yta. Detta tillsammans med en geotextil hindrar partikelvandring ned till det luftiga bärlaget.

Ovanpå avjämningslagret och geotextilen anläggs den hårdgjorda ytan, exempelvis med sättsand och marksten.

## Trädgrop

På det öppna förstärkningslagret läggs ett avjämningslager i en kvadrat som ett

trädgropsfundament sedan placeras på. Trädgropsfundamentet ska ha stora hål där materialet från det öppna förstärkningslagret kan rasa in i trädgropen.

Trädklumpen är placerad i mitten av trädgropsfundamentet på det öppna förstärkningslagret.

Runt trädklumpen (ovanpå det nedrasade förstärkningslagret) ligger växtsubstrat. Detta består av makadam (2/6), biokol och kompost i fördelningen 75/12,5/12,5%.

Ett täcklager som är 50 millimeter djupt ligger på växtsubstratet för att begränsa avdunstning och ogrästtillväxt.

På trädgropsfundamentet är ett markgaller placerat som håller marken närmast trädstammen luftig och samtidigt ger stabilitet på ytan.

## Luft- & vattenflöde

En luftbrunn är placerad på ett avjämningslager i förstärkningslagret. Denna ska ha några få hål i botten så att dagvattnet kan infiltrera in i förstärkningslagret. Brunnen ska dessutom ha många hål i höjd med det luftiga bärlaget för att säkerställa luftflödet in och ut ur skelettjorden.



Figur 61. "Grönt vatten" är en inspiration och kan bli ett nytt ledord för hållbar dagvattenhantering som främjar grön urban infrastruktur.

## Resultat 2: gestaltungsförslag

Arbetets andra resultatdel utgår från de tekniska typsektionerna, platsknutna syntesen samt designsyntesen. Förslaget presenteras först med ett koncept och gestaltungsprinciper sedan illustrativa planer och sektioner som sammanvävs i en visionsbild. Presentationen av förslaget avslutas med en planteringsplan och en markplaneringsplan.

### Koncept: grönt vatten

Konceptet för Fabriksgatan är "grönt vatten" som ger svar på grundproblematiken på platsen gällande dagvattenhantering och grön urban infrastruktur. Konceptet är inspirerat av hur dagvatten kan interagera med vegetation samt speglar hur städernas dagvatten kan bli en resurs för ekosystemtjänster och därmed göra dem mer hållbara. "Grönt vatten" är en lösning på samhällets behov av nya metoder för dagvattenhantering och grönare städer. Frasen "grönt vatten" är därmed ledordet i arbetet samt något att sträva efter för mer klimatanpassade samhällen.

### Gestaltungsprinciper

Gestaltungsprinciperna ligger som grund för utformningen av gestaltungsförslaget. Den första delen av gestaltungsprinciperna, som utgår från blågröngrå systemet, ställs som ett krav på gestaltungsformen utifrån arbetets syfte. Den andra delen, som utgår från människans vistelse, är ett tillägg för att skapa ett gaturum med en god helhet för alla som vistas i det. De båda delarna tillsammans ska göra Fabriksgatan till ett mer trivsamt, trafiksäkert och ett mer klimatanpassat gaturum.

#### Gestaltungsprinciper

##### Utifrån det blågröngrå systemet:

- Gestaltungsformen ska främja grön urban infrastruktur och därmed säkra ekosystemtjänster på Fabriksgatan.
- Gestaltungsformen ska bidra till större infiltrationsmöjligheter för dagvatten och därmed reducera avvattningen i avrinningsområdet.
- Gestaltungsformen ska bidra till rening av dagvatten i gaturummet och inte skicka förorenat vatten direkt till Strandparken.
- Gestaltungsformen ska möjliggöra magasinering av dagvatten för att avlasta det befintliga dagvattensystemet och därmed minska risken för översvämningar i staden.

##### Utifrån människans vistelse:

- Gestaltungsformen ska bidra till att föra människor urbana miljöer närmare naturen och de ekosystemtjänster vi är beroende av, detta genom attraktiva platser i direkt koppling till växter.
- Gestaltungsförslaget ska prioritera fotgängare och cyklister med tillräckligt stora ytor att vistas, gå eller cykla på.
- Gestaltungsförslaget ska öka tryggheten för fotgängare vid infarter som passerar gång- och cykelvägen samt vid gatövergångar.
- Gestaltungsförslaget ska göra Fabriksgatan mer tillgängligt vad gäller rörelse, belysning och vistelse.





Figur 62. Illustrationsplan Fabriksgatan

### Grönt vatten på Fabriksgatan

Fabriksgatan är i gestaltningsförslaget utrustat med ett blågröngrått system med regnbäddar och skelettjordar. Fabriksgatans BGG-system är konstruerat för att fungera i kallt klimat och baseras på typsektionerna från sidan 48-49. Genom att använda dagvattnet och främja vegetation blir fabriksgatan det första klimatanpassade gaturummet och får därmed "grönt vatten".

Regnbäddarna utgör 787 kvadratmeter av gatans totala 3400 kvadratmeter, alltså består 23% av markytan av regnbäddar. Därtill finns träd i hårdgjord yta (i skelettjordar) vilket innebär en ännu större grön procentsats ovan mark.

Formspråket är inspirerat av Örnsköldsviks rutnätsstruktur och följer trafikflödet med raka linjer som ger orienterbarhet och skapar siktlinjer.

### Fabriksgatans grå element

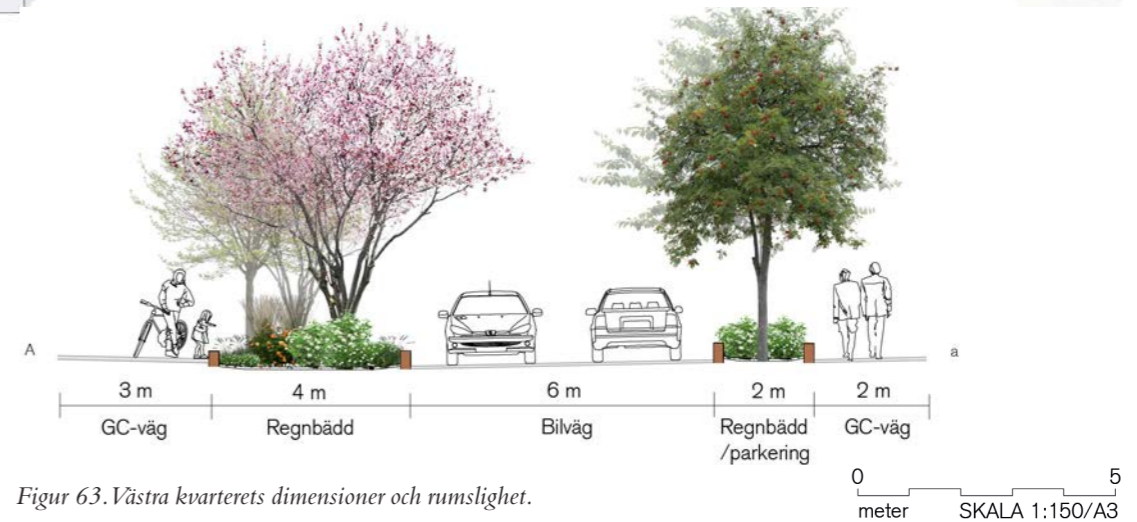
I följande del behandlas gestaltningsförslaget grå del med förändrad trafiksituation och materialval på Fabriksgatan.

### Förändrad trafiksituation

Den nya trafiklösningen på Fabriksgatan fokuserar på alla trafikanter, inte bara bilister. Genom större tillgänglighet och trafiksäkerhet främjar gestaltningen även fotgängare, cyklister. För att uppnå detta föreslås dessa åtgärder:

- Gång- och cykeltrafikanterna avskärmas från biltrafiken med vegetation och gaturummet blir därmed säkrare att vistas i.
- De två gång- och cykelbanorna på Fabriksgatan blir bredare, detta ger större möjligheter att röra sig och vistas där.
- Alla korsningar får övergångsställen som ramas in med regnbäddar, detta möjliggör fotgängares rörelse samtidigt som exponeringen i trafikrummet blir säker.
- Infarterna, där bilar korsar gång- och cykelbanan, är tydligt markerade med regnbäddar och träd. Detta uppmärksammar både bilister och fotgängare om korsande trafik.

Med dessa åtgärder förändras Fabriksgatans nuvarande funktion, men bilisterna är ändå



Figur 63. Västra kvarterets dimensioner och rumslighet.

inte bortprioriterade. Det finns fortfarande möjligheter att både ta sig fram och parkera sin bil på Fabriksgatan. Skillnaden är att bilisterna nu delar ytorna med gång- och cykeltrafikanter på ett mer balanserat sätt.

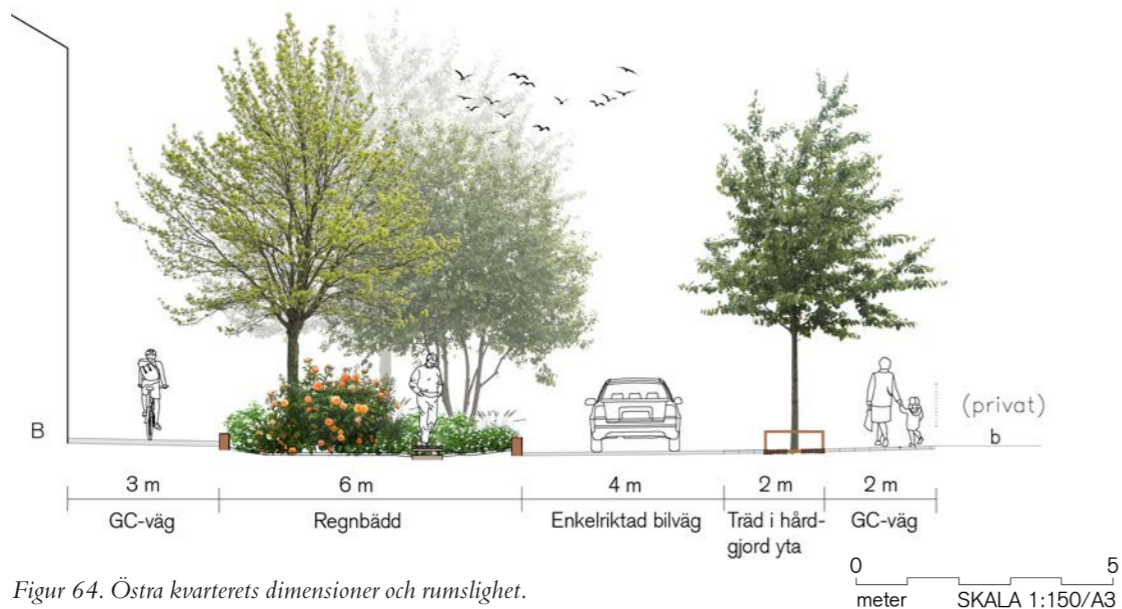
### Körbana & parkeringsplatser

För att ge större plats till dagvatten och vegetation på Fabriksgatan föreslås smalare körbana och färre parkeringsplatser.

I dagsläget är körbanan för bilister nio meter

bred men föreslås nu bli sex meter bred i västra kvarteret och fyra meter bred i östra kvarteret. Detta skulle innebära att körbanan i östra kvarteret blir enkelriktad. En enkelriktad gata kan passa i områden där trafikflödet är lågt, vilket överensstämmer med det östra kvarteret som främst består av bostäder. Det västra kvarteret har däremot flera verksamheter och mötande trafik behålls därmed i en sex meter bred körbana.

Från att hela gatan erbjuder parkeringar reduceras antalet platser till 14 i förslaget, detta



Figur 64. Östra kvarterets dimensioner och rumslighet.

eftersom de är ytkrävande och andra funktioner behöver samexistera på Fabriksgatan. I förslaget varierar parkeringsytornas storlek mellan två till tre platser och de varvas med vegetation i både regnbäddar och i skelettjordar. Parkeringsytorna som hamnar ovan skelettjordar är exempel på multifunktionella ytor då trädrötter och dagvatten tar plats under de hårdgjorda parkeringsytorna.

#### Materialval

Fabriksgatan varierar i utformning men består av samma blågröngrå principer. Eftersom regnbäddarna och körbanorna är olika stora och har olika funktion hålls gatans intryck samman med hjälp av materialvalen.

#### Markbeläggning

Fabriksgatans olika funktioner speglas i markmaterialen.

På körbanan, där hastigheten är som störst i gaturummet, är ytan asfalterad. Parkeringsfickorna består av betongmarksten med en fris i smågatsten mot körbanan. Detta används för att visa att både bilar och fotgängare är välkomna på den platsen. Tio centimeter upp ligger gång- och cykelvägen som har samma betongmarksten som parkeringsfickorna. Nivåskillnaden tas upp med



Figur 65. Markbeläggningsplan.

ett granitkantstöd och skiljer fotgängare från biltrafiken. Detta gäller för både norra och södra gång- och cykelvägen.

#### Inramning

Alla regnbäddar ramas in med en cortenstålsmur som är 20 centimeter bred och 15-30 centimeter hög. Muren byggs upp med sammansvetsade armeringsnät fyllda med makadam, en gabionmur, som sedan kläs med cortenstål. Inramningen med cortenstålsmuren är tänkt att lyfta fram och prioritera växterna i gaturummet.

#### Regnbäddarnas inlopp

Utifrån regnbäddens storlek används olika inlopp. I de stora regnbäddarna sitter en dagvattenbrunn på utsidan av cortenstålet och vattnet leds därifrån till ett sandfångskar som sitter på insidan. Brunnen består av järn och sandfångskaret matchar muren i cortenstål. I de små regnbäddarna rinner vattnet in i bädden genom en bred inloppstunnel i cortenstålsmuren.

#### Fabriksgatans gröna element

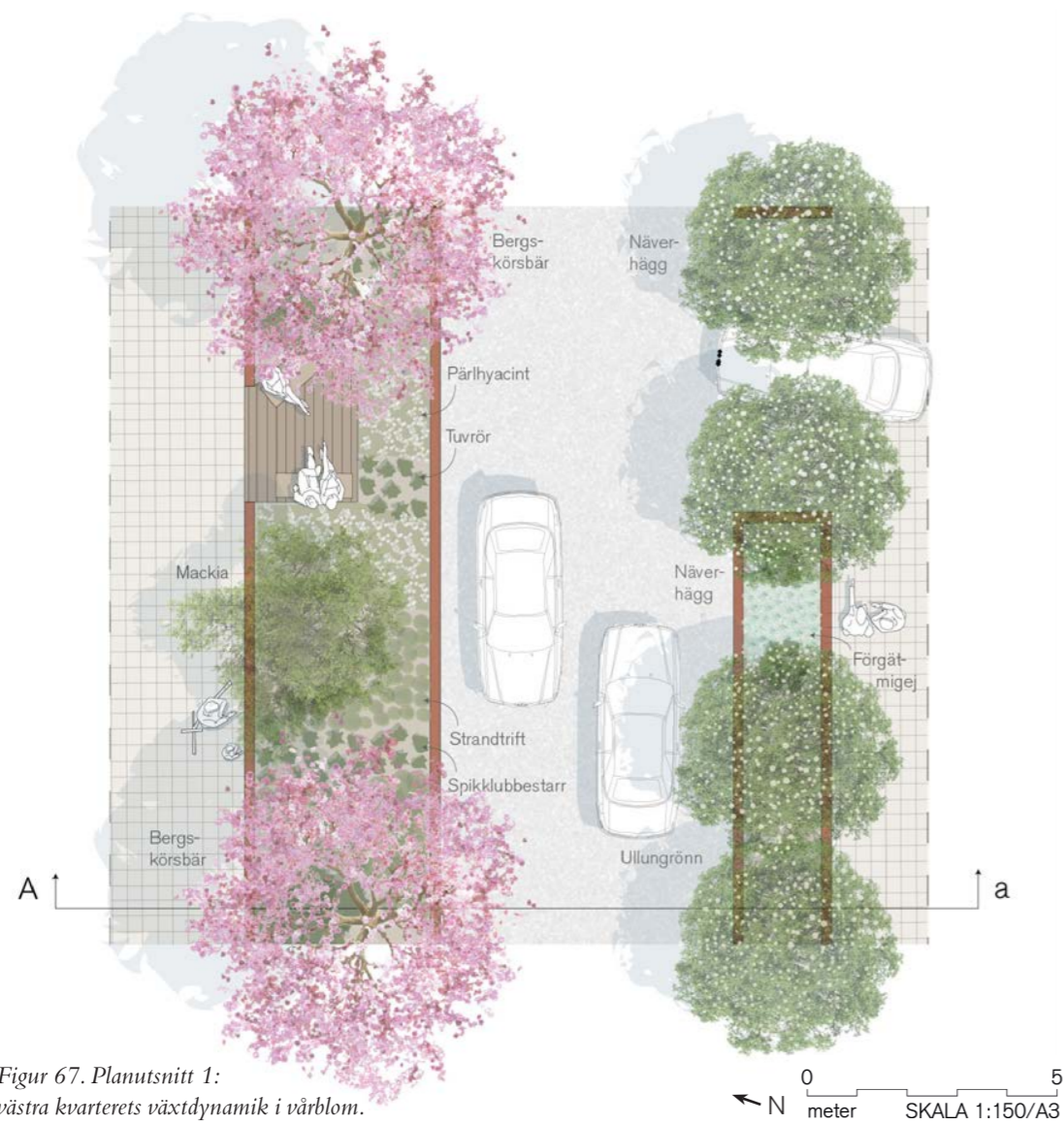
Växterna i gestaltningsförslaget är anpassade utifrån, hårdighet, ståndort, funktion och upplevelsevärden

#### Hårdighet

För att klara förhållandena i växtzon 5 valdes generellt arter med hög hårdighet till Fabriksgatan. Några arter har lägre hårdighet men valdes för att testa om BGG-systemens dränerande förmåga tillfredställer växtrötternas syreupptagning under vintern. Ett fåtal sådana arter valdes för att främja den biologiska mångfalden och eftersom enstaka växter enkelt kan bytas ut om de inte skulle klara hårdigheten.

Figur 66. Vision över hur Fabriksgatan kan se ut om gestaltningsförslaget appliceras. Fabriksgatan går ifrån att vara ett hårdgjord gaturum till en plats som använder dagvatten som en resurs för grönska i städer som främjar ekosystemtjänster. På bilden visas en vy över det östra kvarteret. Växterna längst fram i regnbädden ingår i växtgrupp 3.





Figur 67. Planutsnitt 1: västra kvarterets växtodynamik i vårblom.

#### Ståndort

För växter i ett BGG-system kommer ståndorten generellt vara torr. Detta eftersom perioderna mellan regn varierar och när det väl regnar är systemet så dränerande att vattnet endast stannar i systemet en kort stund. På grund av detta föreslås främst torktåliga växter till Fabriksgatan.

I Fabriksgatans östra kvarter lutar marken och BGG-systemet 4,5% vilket innebär att dagvattnets flödes hastighet blir stor. I och med detta dräneras dessa regnbäddar ännu snabbare och därför föreslås bevattningsslangar i dessa som kan komplettera dagvattnet och tillfredsställa växternas behov av vatten. Med bevattning i östra kvarterets regnbäddar kan växter som har högre vattenbehov stå där och en större artrikedom kan skapas.

Solexponeringen är större på Fabriksgatans norra sida än den södra och därför föreslås främst skuggtåliga växter på södra sidan medan norra har större variation.

#### Funktion

Växterna som föreslås på Fabriksgatan bidrar till ekosystemtjänster och dessutom olika funktioner i gaturummet.

#### Träden

Sex olika träd (katsura, maackia, japansk magnolia, näverhägg, bergskörbär och ullungrönn) bidrar till högre biologisk mångfald på Fabriksgatan samtidigt som träden ger många andra ekosystemtjänster.

På norra sidan placeras träden oregelbundet och omlott för att skapa olika typer av rumslighet, både sett till gaturummet i stor skala och sett till regnbädden i liten skala. För gaturummet bildar träden i sig en grön barriär mellan gång- och cykelvägen och körbanan medan stammarna och träd Kronorna ger intima rum och spännande miljöer i själva regnbädden.

På den södra sidan är träden (ullungrönn

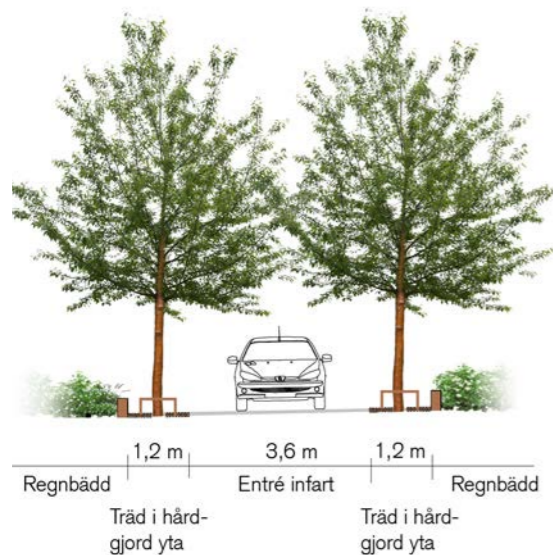
## Växtförteckning

Littera	Vetenskapligt namn	Svenskt namn	Zon & ståndort
<b>Träd</b>			
T1	Cercidiphyllum japonicum FK GÖTEBORG E	katsura	4(5) ☀️ ☀️ 💧
T2	Maackia amurensis	maackia	5 ☀️ ☀️ 💧
T3	Magnolia kobus	japansk magnolia	3 ☀️ ☀️ 💧
T4	Prunus maackii 'Honey' E	näverhägg	7 ☀️ ☀️ 💧
T5	Prunus sargentii	bergskörbär	5 ☀️ ☀️ 💧
T6	Sorbus ulleungensis LEGEND E ('Erik'PBR)	ullungrönn	5 ☀️ ☀️ 💧
<b>Buskar</b>			
B1	Berberis thunbergii 'Orange Rocket'	häckberberis	4 ☀️ ☀️ 💧
B2	Euonymus alatus 'Compactus'	vingbenved	5 ☀️ ☀️ 💧
B3	Pinus mugo var. pumilio FK SAUHERAD E	bergtall	6 ☀️ ☀️ 💧
B4	Rosa (Moderna Buskros-Gruppen) CROWN PRINCESS MARGARETA ('Auswinter'PBR)	modern buskros	4 ☀️ ☀️ 💧
B5	Spiraea japonica 'Albiflora'	höstspirea	5 ☀️ ☀️ 💧
<b>Perenner</b>			
P1	Achillea 'Terracotta'	gyllenröllika	A ☀️ ☀️ 💧
P2	Allium angulosum 'Summer Beauty'	rysslök	A ☀️ ☀️ 💧
P3	Anaphalis triplinervis	ulleternell	A ☀️ ☀️ 💧
P4	Armeria maritima 'Alba'	strandtrift	A ☀️ ☀️ 💧
P5	Armeria pseudarmeria (Ballerina-Serien) 'Ballerina Red'	bredbladig trift	B ☀️ ☀️ 💧
P6	Asarum europaeum	hasselört	A ☀️ ☀️ 💧
P7	Brunnera macrophylla 'Jack Frost'PBR	kaukasisk förgätmigej	A ☀️ ☀️ 💧
P8	Calamintha nepeta	stenkyndel	B ☀️ ☀️ 💧
P9	Convallaria majalis 'Rosea'	liljekonvalj	A ☀️ ☀️ 💧
P10	Dryopteris affinis 'Crispa'	raggträjon	A ☀️ ☀️ 💧
P11	Galium odoratum	myskmadra	A ☀️ ☀️ 💧
P12	Hylotelephium spectabile 'Stardust'	kinesisk kärleksört	B ☀️ ☀️ 💧
P13	Kalimeris incisa 'Madiva'	fjäderaster	A ☀️ ☀️ 💧
P14	Lamium maculatum 'White Nancy'	rosenplister	A ☀️ ☀️ 💧
P15	Lychnis coronaria 'Alba'	purpurklätt	A ☀️ ☀️ 💧
P16	Papaver (Orientale-Gruppen) 'Helen Elizabeth'	jättevallmo	A ☀️ ☀️ 💧
<b>Gräs</b>			
G1	Calamagrostis acutiflora 'Karl Foerster'	tuvrör	A ☀️ ☀️ 💧
G2	Carex grayi	spikklubbstarr	A ☀️ ☀️ 💧
G3	Festuca mairei	atlassvingel	B ☀️ ☀️ 💧
G4	Sesleria heufferiana	vårlväxing	A ☀️ ☀️ 💧
<b>Lök</b>			
-	Crocus vernus Jeanne d'Arc	krokus	
-	Muscari botryoides 'Album'	pärlhyacint	
-	Narcissus x incomparabilis 'Palmares'	stjärnnarciss	



Figur 68. Vilka färger som träder fram i växterna på Fabriksgatan varierar under året.

och näverhagg) ordnade i en trädrad som löper i gaturummets riktning. De två trädarterna i trädraden har liknande habitus, storlek och blomfärg, detta ger trädraden ett sammanhållet uttryck som i sin tur bidrar till orienterbarhet på Fabriksgatan. Att använda fler arter än en i trädraden bidrar till högre biologisk mångfald samtidigt som näverhaggens kopparfärgade stam markerar infarter till de privata fastigheterna. Dessa näverhaggplanter planteras i skelettjord utanför regnbäddarna vilket mjukar upp mötet mellan gatans hårda och mjuka element.



Figur 69. Entré till infart markeras med två näverhagg i hårdgjord yta.

### Buskarna

Fem olika buskar (häckberberis, vingbenved, bergtall, modern buskros och höstspirea) bidrar till en bestående lägre struktur i regnbäddarna på Fabriksgatan. Buskarna bildar en barriär mellan gång- och cykelvägen och körbanan vilket skyddar gång- och cykeltrafikanter samtidigt som de olika trafikrummen definieras tydligt.

Korsningen och övergångsställena definieras av regnbäddar med höstspirea. I dessa regnbäddar föreslås endast denna art eftersom vegetationen i korsningar måste hållas låg för att skapa överblickbarhet. Samtidigt är dessa regnbäddar placerade ovan befintliga ledningar vilket innebär att regnbäddarna kan behöva grävas upp vid eventuella ledningsreparationer, då kan en regnbädd med samma art underlätta återställandet.

### Perennerna, gräsen & lökarna

16 arter av perenner, fyra prydnadsgräs och tre löksorter bidrar till varierande karaktär under året i regnbäddarnas olika rum.

### Upplevelsevärden

Växtgestaltningen är utformad för att skapa värden under hela året och för att människor i staden ska kunna uppleva vegetationen på nära håll.

### Växtdynamik

Arternas blomningsperiod överlappar varandra under hela växtsäsongen och buskar skapar tillsammans med prydnadsgräs och perenna vinterståndare struktur under vintern. Färgtemat matchar cortenstålets varma färg och övergår från vitt och rosa på våren till gult, orange och rött under senare delen av växtsäsongen.

Våren startas med krokus, pärlhyacinter och stjärnnarcisser tillsammans med liljekonvaljer, våralväxing, kaukasisk förgätmigej, myskmadra, bergskörbär, magnolia och många fler. Under sommaren tar bland annat strandtrift, jättevallmo, gyllenrölleka och maackia över stafettpinnen. Sensommaren erbjuder karaktär med kärleksört, ulleternell och de fullvuxna gräsen för att sedan vingbenved och häckberberis tar över och skapar sprakande höstfärger tillsammans med ullungrönn, katsura och bergskörbär.

För att skapa harmoni och ett sammanhållet uttryck bland många växter grupperas växterna i sex olika grupper beroende på ståndort och estetisk uttryck tillsammans. Grupperingen ligger som grund för placeringen och artsammansättningen i planteringsplanen.

**Grupp 1:** katsura, brebladig trift, kinesisk kärleksört, våralväxing & atlassvingel

**Grupp 2:** mackia, hasselört, strandtrift, kinesisk kärleksört, tuvrör & spikklobbestarr

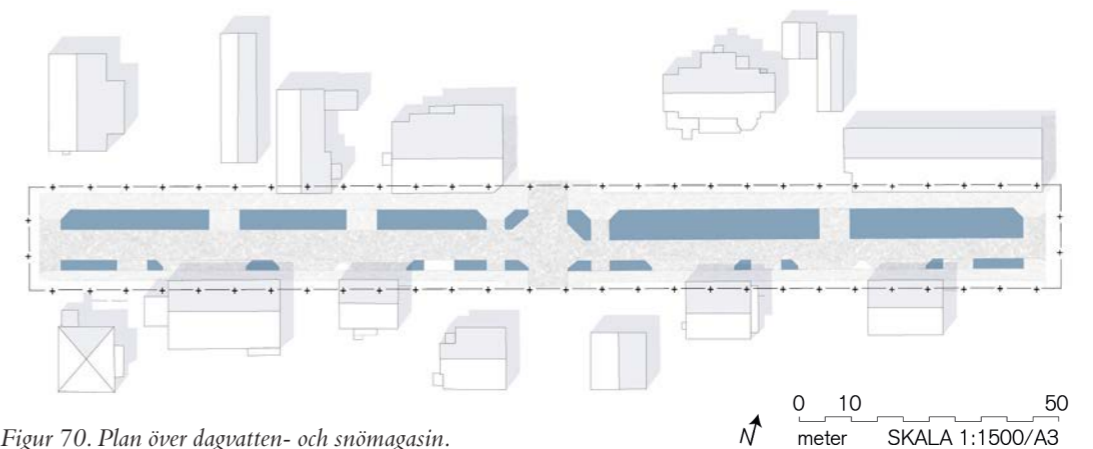
**Grupp 3:** magnolia, ulleternell, bredbladig trift, raggräjon & jättevallmo

**Grupp 4a:** näverhagg, bergtall, myskmadra, rosenplister, & modern buskros

**Grupp 4b:** näverhagg, höstspirea, rysslök, kaukasisk förgätmigej, raggräjon & atlassvingel

**Grupp 5:** bergskörbär, bergtall, gyllenrölleka, liljekonvalj, purpurklätt, atlassvingel

**Grupp 6:** ullungrönn, häckberberis, stenkyndel, fjäderaster, rosenplister & atlassvingel



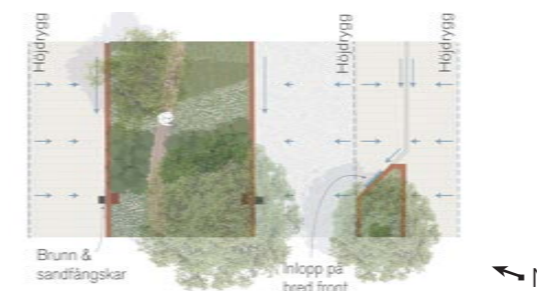
Figur 70. Plan över dagvatten- och snömagasin.

### Fabriksgatans blå element

I följande del behandlas gestaltningsförslagets blå del som innefattar dagvatten- och snöhantering.

### Dagvattenhantering

En stor del av den befintliga hårdgjorda ytan på Fabriksgatan ersätts med regnbäddar i den nya gestaltningen. Detta betyder att en stor del av nederbörden landar i regnbäddar och kan infiltreras direkt. Dagvatten från de hårdgjorda ytorna (bilvägen och gång- och cykelvägen) leds in i regnbäddar och skelettjord. Marken är höjdsatt så att en ny höjdrygg skapas längsgående med bilparkeringarna och regnbäddarna på södra sidan som får dagvattnet att flöda in i brunnar både på södra och norra sidan av gatan. Hur mycket vatten som leds in i respektive system beror på regnbäddens och skelettjordens storlek. Exempelvis är regnbäddarna på norra sidan, som är bredare än de i söder, höjdsatt i lågpunkt för att maximera vattenintaget. Eftersom de östra kvarteret har en hög längslutning på 4,5% kommer vattenflödet att vara högt och därför placeras fler inlopp i rännalar intill cortenstålsmuren. På så sätt riskeras inte vattnet att passera förbi om vattenflödet är högt.



Figur 71. Fabriksgatan får tre höjdryggar som leder vattnet till regnbäddarna.

Systemen är konstruerade för att omhänderta ett 10-årsregn. För Fabriksgatans avrinningsområde innebär ett 10-årsregn att 219 m<sup>3</sup> dagvatten faller under tio minuter och behöver hanteras (se tabell 1). Det betyder i förlängningen att porositeten i BGG-systemets öppna förstärkningslagret behöver vara 219 m<sup>3</sup>. Detta uppfylls med god marginal eftersom gestaltningsförslagets BGG-system har en porositet på 306 m<sup>3</sup>. Detta avlastar det befintliga dagvattennätet, reducerar risker för översvämningar och renar dagvattnet lokalt.

**Fabriksgatans magasinvolym**  
för dagvatten i systemet = 306 m<sup>3</sup>  
för snö på ytan = 472 m<sup>3</sup>

### Snöhantering

I dagsläget bortforslas all snö på Fabriksgatan, det behövs inte om gestaltningsförslaget förverkligas. Snö kan inte skottas till regnbäddarna och lagras på det viset eftersom växternas vitalitet då riskeras och eftersom sand och grus från halkbekämpning följer med snön vilket kan bidra till igenslamning. Eftersom gestaltningsförslaget föreslår att drygt en femtedel av gaturummet (23%) ska rustas med regnbäddar kommer snö att falla direkt i dem. Utifrån Örnsköldsviks medelsnödjup i februari innebär det att 472 m<sup>3</sup> snö då kommer att lagras i regnbäddarna utan att behöva transporteras bort som det tidigare gjorts. Dessutom kan träbryggorna som är utplacerade i regnbäddarna fungera som tillfälliga eller långvariga snöupplag från gång- och cykelvägen om behovet finns. Att en stor mängd snö kan infiltreras och smältvattnet renas i regnbäddarna ger ett mer klimatanpassat och hållbart gaturum.

## Människans vistelse på Fabriksgatan

I följande del behandlas människors vistelse på Fabriksgatan utifrån det nya gestaltningsförslaget.

### Möbler

I regnbäddarna längs norra sidan i både västra och östra kvarteret finns olika sittmöjligheter. Norra delen av gaturummet har flest soltimmar och därför placeras sittbänkar i den delen. Sittbänkarna är placerade på träbryggor i havet av grönska, det gröna vattnet, och fortsätter med en spång som leder människor ut i regnbädden och närmare växterna. Bryggorna har olika uttryck vilket skapar olika rum, en del avskilda och slutna och en del öppna och inbjudande. Rummen erbjuder sittplatser för både större och mindre sällskap och är alla tillgängliga med plats för rullstol bredvid sittbänkarna. Möbleringen består både av vanliga sittbänkar med armstöd och ryggstöd samt en solbädd i den soligaste delen i östra kvarteret.

### Belysning

För att göra gaturummet tryggt under hela året och alla dygnets timmar är belysning viktigt.

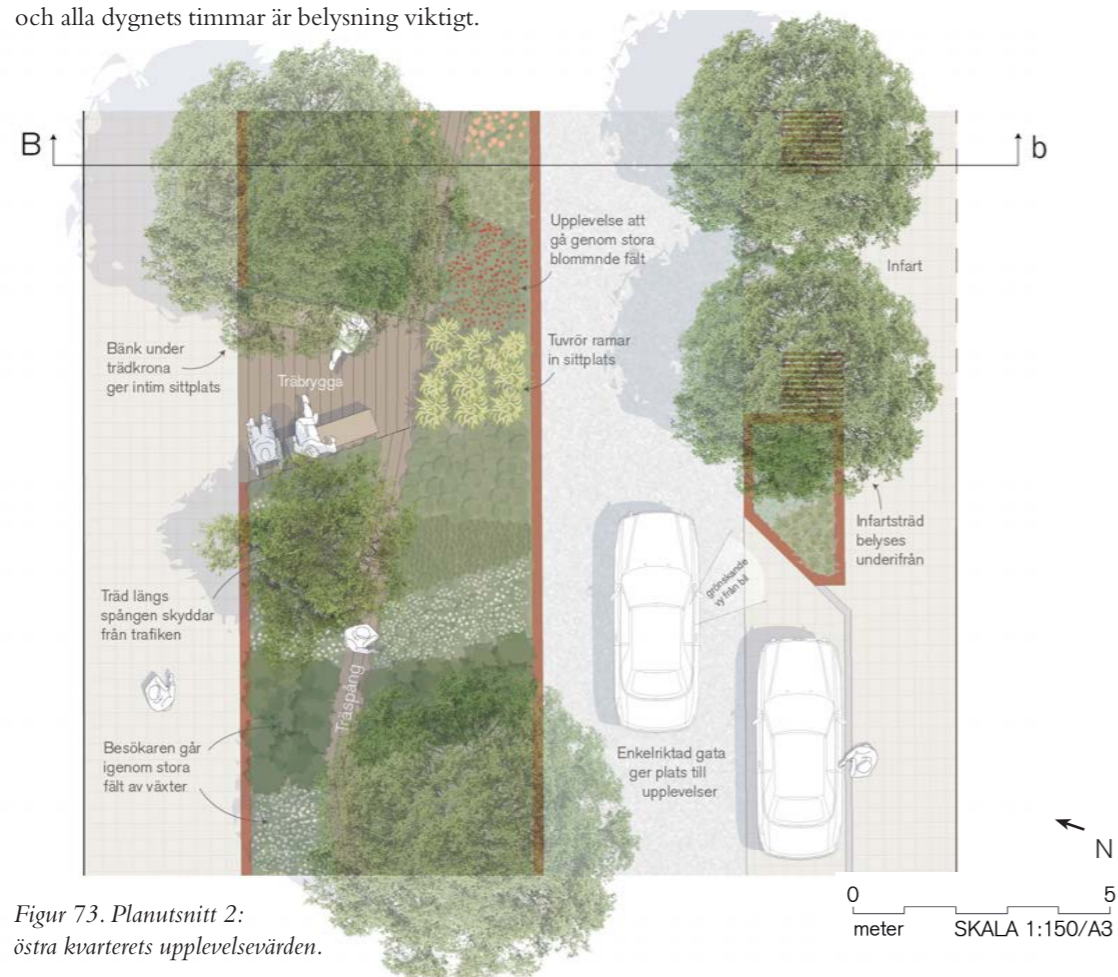


Figur 72. Belysningsplan.

0 10  
meter skala 1:600/A3

Gaturummet har befintlig traditionell trafikbelysning på södra sidan som kompletteras på norra sidan för att öka trygghetsfaktorn vid den tillkomna växtligheten. Alla sittbänkar är belysta underifrån för att markera användningsområdet men inte de människor som vistas där. Träspången som löper genom regnbädden i östra kvarteret samt alla infarter belyses även underifrån för att ge ett estetiskt värde samtidigt som tryggheten ökar.

Alla infarter har markinfällda belysningsarmaturer som belyser trädets krona underifrån för att både skapa trygghet, orienterbarhet samt ett estetiskt värde under dygnets mörka timmar.



Figur 73. Planutsnitt 2:  
östra kvarterets upplevelsevärden.

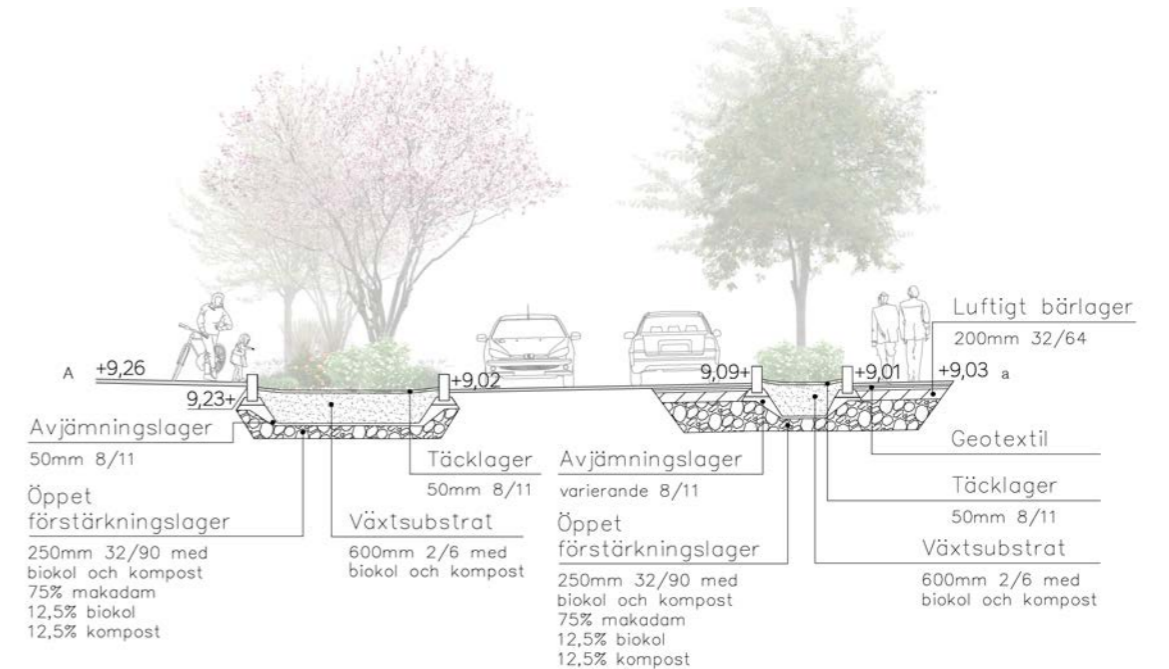
0 5  
meter SKALA 1:150/A3

## Tekniska handlingar

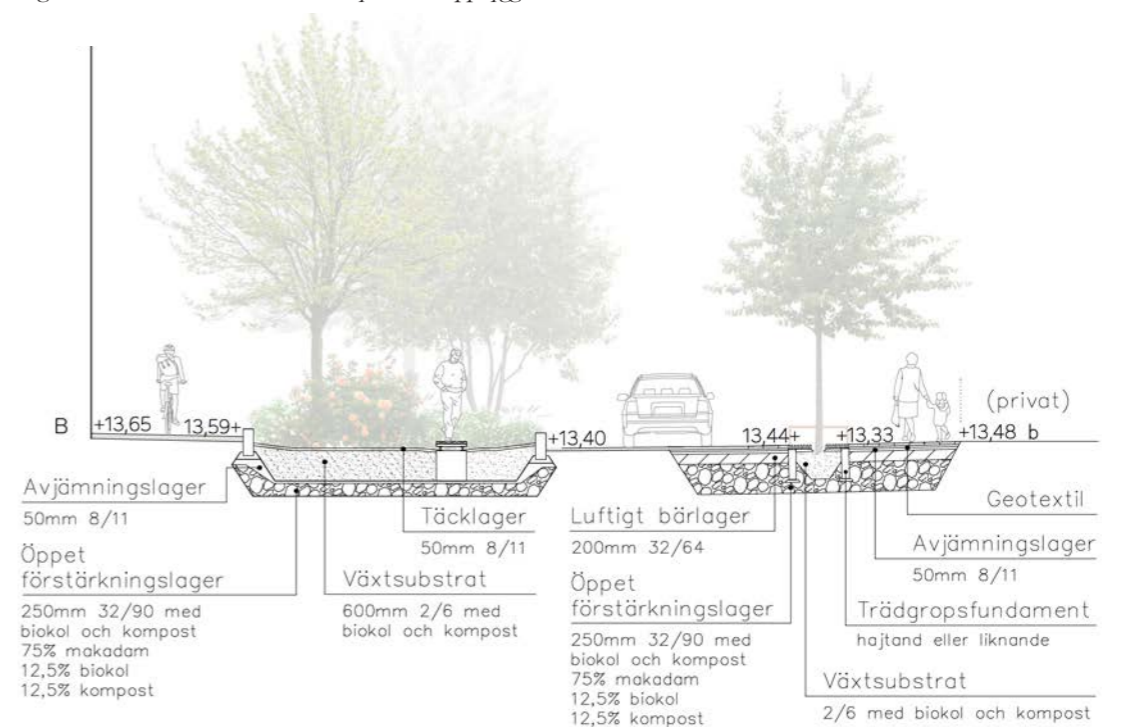
I följande del presenteras Fabriksgatans utformning i tekniska beskrivningar, i sektioner, markplaneringsplan och planeringsplan.

## Sektioner

Det blågröngrå systemet på Fabriksgatan är uppbyggt utifrån typsektionerna i det här arbetet. Följande sektioner visar BGG-systemet i förhållande till gestaltningsförslaget.



Figur 74. Sektion A-a med BGG-systemets uppbyggnad.



Figur 75. Sektion B-b med BGG-systemets uppbyggnad.

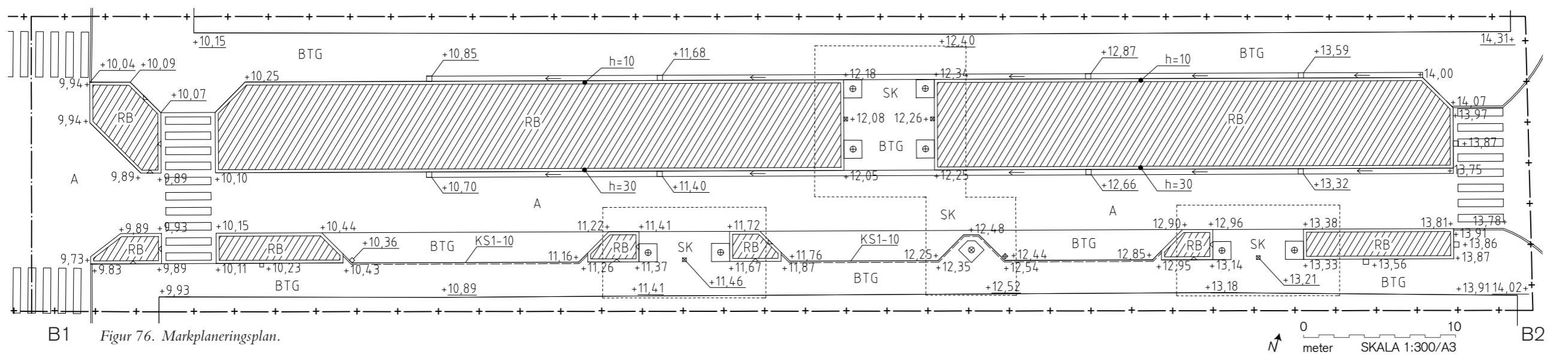
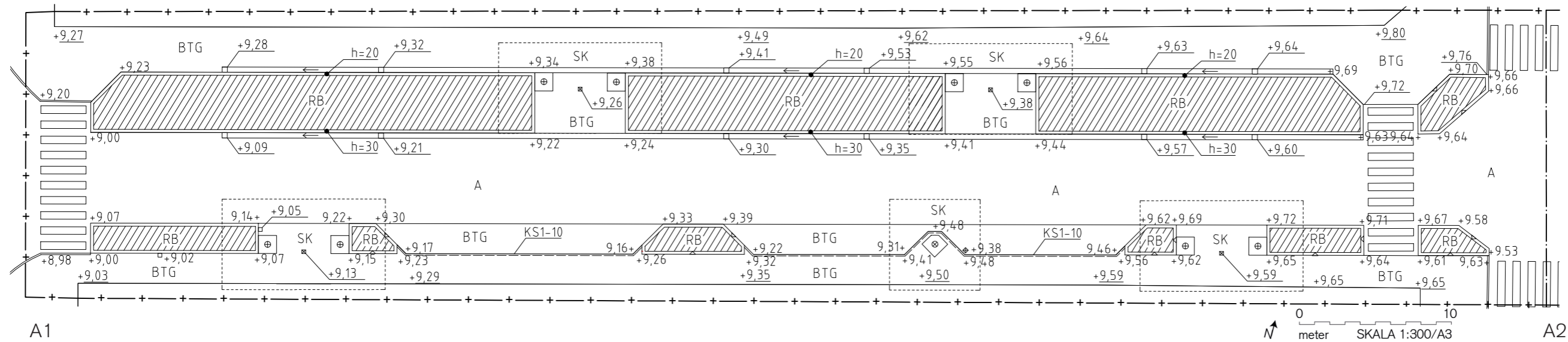
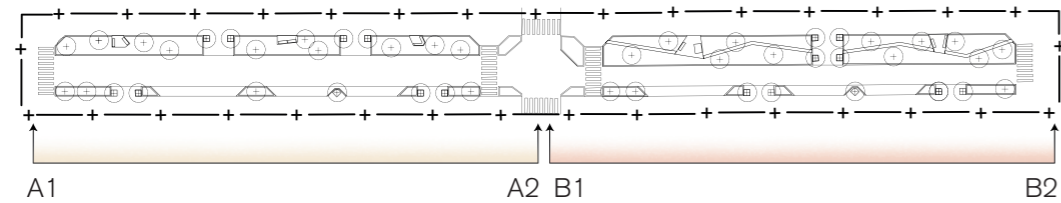
### Markplanering på Fabriksgatan

Följande plan visar Fabriksgatans markplanering utifrån gestaltungsförslagets utformning och typsektionerna för BGG-systemets uppbyggnad.

Gatan är uppdelad i två planer med västra (A1-A2) och östra kvarteret (B1-B2) och delas av i korsningen (se konnektionslinje i plan).

### Teckenförklaring

	A	Asfalt	+00,00	Markhöjd		Arbetsområdesgräns
	BTG	Betongmarksten	+00,00	Befintlig markhöjd som behålls		Konnektionslinje
	SK	Skelettjord	■+00,00	Luftningsbrunn till skelettjord		Kantstöd av granit med höjdangivelse
	RB	Regnbädd	□+00,00	Dagvattenbrunn till sandfångskar		Cortenstålsmur med angiven höjd ovan mark
		Rännal		Inlopp för dagvatten i mur		



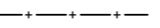

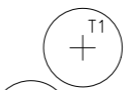
Figur 76. Markplaneringsplan.

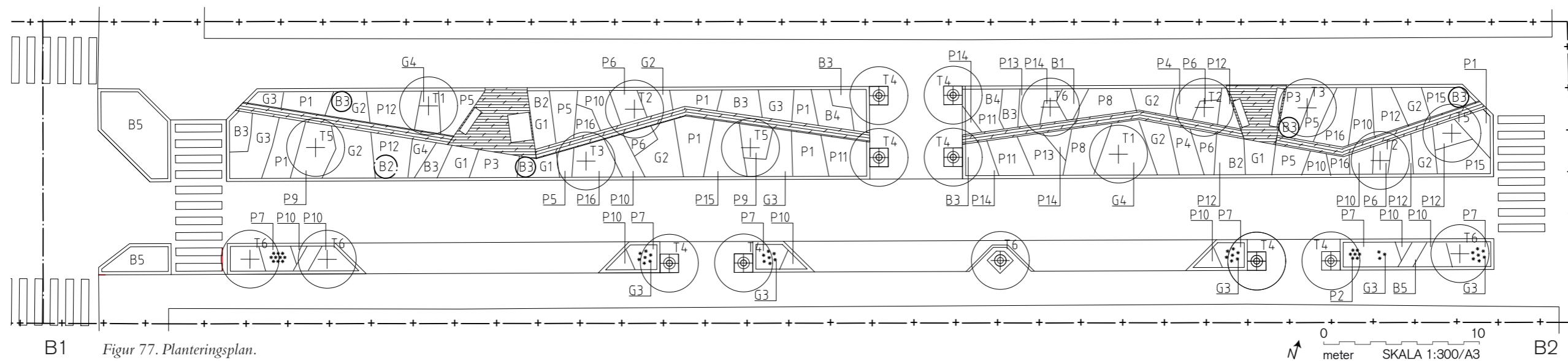
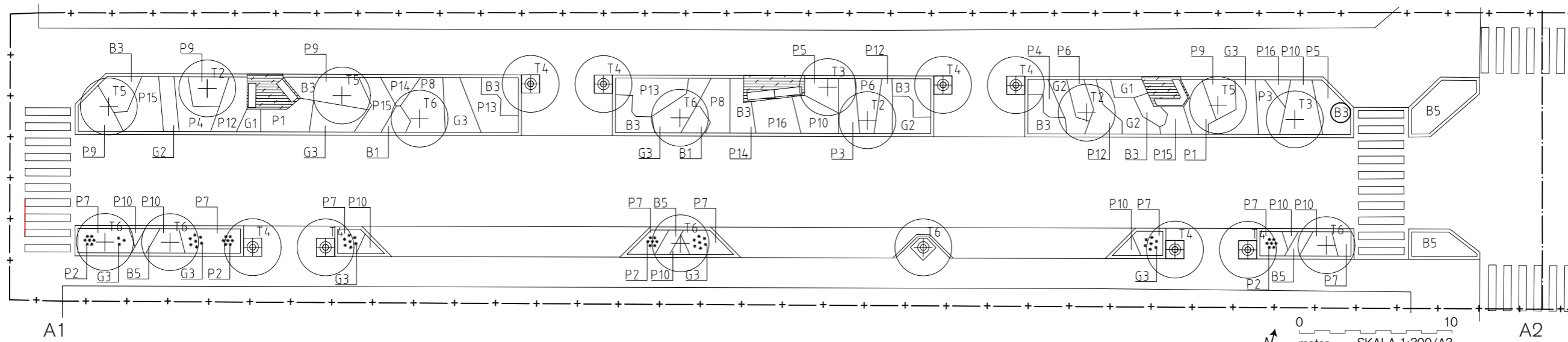
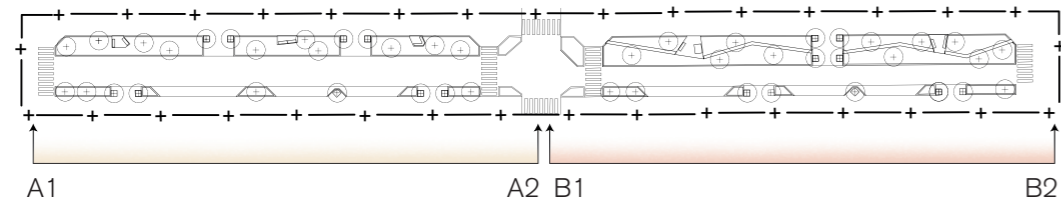
### Planteringsplan på Fabriksgatan

Följande plan visar Fabriksgatans planteringsplan utifrån gestaltungsforlaget utformning. Gatan är uppdelad i två planer med västra (A1-A2) och

östra kvarteret (B1-B2) och delas av i korsningen (se konnektionslinje i plan).

### Teckenförklaring

	ARBETSOMRÅDESGRÄNS		SOLITÄR PLANTA; ART
	GRÄNS ANLÄGGNINGSDELAR	P1	PROJEKTERAD PERENN; ART
	TRÄD SOM PLANTERAS	G1	PROJEKTERAD GRÄS; ART
	TRÄD MED STAMSKYDD	L1	PROJEKTERAD LÖK; ART



Figur 77. Planteringsplan.



## Diskussion

I följande avsnitt diskuteras de största konsekvenserna av resultatet, valda metoder samt vidare tankar inför framtiden.

### Resultatdiskussion

Resultatet av arbetet innefattar ett gestaltungs-förslag för hur Fabriksgatan, ett gaturum med kallt klimat, kan utformas med ett blågröngrått system utifrån typsektionerna för att stärka dagvattenhanteringen och den gröna urbana infrastrukturen.

### Klimatanpassning av gaturum i kallt klimat

Eftersom det stora markanvändningstrycket från urbaniseringen reducerar urbana vegetationsytor och ger större mängd dagvatten (Hallegatte & Corfee-Morlot 2011; Andersson et al. 2014) är det av stor vikt att arbeta för att integrera GUI och hållbar dagvattenhantering i våra urbana miljöer. Arbetet behöver följa urbaniseringens takt och med tanke på den förväntade befolkningsökningen, en miljard människor på tio år (Forman & Wu 2016), är det bråttom att inleda arbetet i städer som ännu inte kommit igång.

GUI är grunden till de livsavgörande ekosystemtjänsterna (Wei et al. 2018; Malaviya & Sharma 2021) och därför är vegetation en av de viktigaste resurserna i urbana rum. För att kunna skapa en hållbar samhällsutveckling bör gaturummen därför inte vara utformade efter gamla ideal med endast hårdgjorda ytor. En stads gaturum bör snarare ha stor mängd grönstruktur och därför är det mycket viktigt att värna om den befintliga grönstrukturen och även addera ny vegetation i urbana miljöer. Eftersom många urbana växter idag har undermåliga växtbäddar och därmed bristande vitalitet (Stockholms stad 2017) behöver både de befintliga växterna och ny vegetation stå i växtbäddar som tillgodoser deras behov på utrymme, syre och vatten. Med en ny typ av urbana växtbäddar kan grönstrukturen säkras och även de ekosystemtjänster vi människor utvinner från vegetationen.

Eftersom vatten är en förutsättning för vegetation menar Haghigatafshars (2019) att

BGG-system, som gör dagvatten till en resurs och främjar urban vegetation, är ett hållbart alternativ till dagvattenhantering. Att fortsätta ha låg mängd GUI i en stad samtidigt som en ökad nederbördsintensitet förväntas (Bates et al. 2008) är inte ett hållbart alternativ eftersom ekosystemtjänsterna uteblir och dagvattnet då inte infiltreras, fördröjs eller renas. Detta skulle troligtvis innebära att staden riskerar översvämningar och fortsatt förorenade recipienter med låg vattenkvalitet. Att kunskap om tekniken kring BGG-system i kallt klimat saknas är därför problematiskt och inte hållbart. Det är därmed av stor betydelse att kunskap om systemen sprids så att tekniken kan etableras.

Örnsköldsvik strävar efter att vara en mer miljömedveten och hållbar stad (Örnsköldsviks kommun 2011) och om dessa mål ska uppnås krävs åtgärder för den gröna urbana infrastrukturen och dagvattnet. Detta eftersom Örnsköldsvik har förlorat stora mängder GUI (figur 40) och enligt Gustafsgård (2021) baserar sin dagvattenhantering på en end-of-pipe-lösning i Strandparken, något som Svenskt vatten (2016) pekar ut som ej hållbart. Samtidigt står nu Örnsköldsvik inför förtätningar av stadens centrum (Örnsköldsviks kommun 2012) vilket innebär ytterligare markanspråk som riskerar dagens GUI (Andersson et al. 2014). Arbetets resultat visar hur ett mer hållbart dagvattensystem och större mängd GUI skulle kunna möjliggöras i Örnsköldsvik. Resultatet överensstämmer med kommunens mål om gröna dagvattenlösningar, lösningar som påvisar positiva inslag i livsmiljön för invånarna och samtidigt gynnar ekosystemtjänster (Örnsköldsviks kommun 2018b).

Edholm (2021) beskriver att det i Örnsköldsvik uppstår problem med isbildning när det regnar, eller när snön smälter, samtidigt som det är fruset i marken. Men eftersom ett BGG-system enligt



Nilsson (2021) och Stål (2021) har hög porvolym och är dränerande kommer vattnet inte att stanna kvar i systemet och därmed rinner vattnet undan på de hårdgjorda ytorna. Detta innebär att iskakor inte borde bildas. Dessutom är risken för tjälskjutning mycket liten eftersom kapillär stigning av vattnet inte är möjlig i system som har hög porvolym och stora partiklar (Nilsson 2021; Stål 2021). När flödet sedan reducerats och systemet inte är lika belastat dräneras vattnet bort från BGG-systemet och det vatten som stannar kvar längst ned i skelettjordens magasin ska enligt Stål (2021) inte kunna stiga med kapillärkraften så att det bidrar till tjälskjutning. Alltså kan BGG-system erbjuda en ändamålsenlig dagvattenhantering, även när marken i övrigt är frusen. Detta förutsätter dock att fraktionsstorlekarna i systemet ger en porvolym på minst 30%, uppfylls inte detta är systemets funktion inte lika säker.

Blecken (2019) understryker i samtycke med Haghigatafshars (2019) att det finns en generell brist på kunskap om hur BGG-systemen fungerar. Att föra aktuell kunskap och information vidare från vetenskapliga artiklar och experter är därför viktigt för att den framtida samhällsutvecklingen ska bli hållbar. Typsektionerna och gestaltningsförslaget i detta arbete kan bidra till att stänga kunskapsglappet för hur BGG-system fungerar i kallt klimat om det når ut och inspirerar samhällsplanerare.

#### Typsektionernas utformning

Typsektionerna tillgängliggör information och kunskap som kan underlätta för landskapsarkitekter, projektörer och andra samhällsplanerare att förstå och planera in BGG-system i gaturum med kallt klimat.

Eftersom typsektionerna är anpassade efter kallt klimat, med större fraktioner i regnbäddens växtsubstrat än Blecken (2016) menar är lämpligt för dagvattenrening, kan vi inte veta med säkerhet hur väl reningsfunktionen kommer fungera. Blecken (2016) beskriver att sand (0,6-2 millimeter i diameter) renar dagvatten effektivt med många små partikelytor som föroreningarna adsorberas till. Att vi inte föreslår sand kan innebära att en viss mängd föroreningar släpps igenom växtsubstratet, vilka därefter kan fångas upp i det öppna förstärkningslagret men händer inte det kommer föroreningarna färdas

till recipienten. För att skapa dagvattenrening i växtsubstratet och samtidigt säkra porositeten i systemet valdes en småskaligt sorterad makadam (2/6), en storlek större än sand som har också många små partikelytor, tillsammans med biokol och kompost. Denna sammansättning är anpassad efter kallt klimat för att inte riskera kapillär vattenstigning och motiveras dessutom av att användning av sand inte är hållbart då det är en ändlig resurs (UNEP 2019).

Att konstruera ett BGG-system för kallt klimat genom att sätta samman lager och fraktioner som ska tillgodose dagvattenrening och GUI har varit utmanande eftersom information och referenser alltid är anpassad efter lokala förhållanden. Det finns inget universellt BGG-system som fungerar felfritt överallt. Utformningen behöver anpassas utifrån lokala förhållanden vilket fortsatt betyder att resultatet inte behöver vara den enda rätta lösningen för BGG-system i kallt klimat. Typsektionerna är utformade efter det aktuella forskningsläget 2021 och ger en generell bild på vad som bör fungera ändamålsenligt, men eftersom kunskaper om detta hela tiden utvecklas kan typsektionerna vara inaktuella i framtiden. Därför kan den som använder typsektionerna behöva göra vissa informationssökningar och uppdatera sig kring ämnet och eventuellt nya rekommendationer. Utifrån ny forskning eller gators lokala förhållanden kan alltså typsektionerna behöva justeras i framtiden.

#### Gestaltningsförslagets utformning

Gestaltningsförslaget är den del av resultatet som har påverkats av alla tre synteser i arbetet och består av många gestaltningsaspekter som påverkar upplevelsen på Fabriksgatan. Syftet för arbetet har dock varit att föreslå klimatanpassade åtgärder för gaturum i kallt klimat gällande dagvattenhantering och grön urban infrastruktur. Därför diskuteras gestaltningsförslagets utformning främst utifrån grön urban infrastruktur och dagvatten i kallt klimat.

#### Grön urban infrastruktur

Gestaltningsförslaget möjliggör, via BGG-systemet, för fler och nya växter i Örnsköldsvik. Detta är positivt eftersom biologisk mångfald är en stödjande ekosystemtjänst och eftersom artvariation i sin tur är en förutsättning för andra ekosystemtjänster (Boverket 2019a). Nilsson

(2021), Stål (2021) och Embrén (2021) menar att växternas härdighetszoner kan utmanas när de planteras i BGG-system, detta på grund av att vinterfukten hålls borta från växternas rötter och riskeras då inte bli vattenmättade. Växtvalen på Fabriksgatan har därför anpassats och några exotiska arter föreslås (ned till zon 3-växter) tillsammans med mer härdiga växter som har Örnsköldsviks härdighetszon 5. De mindre härdiga växterna bidrar med utökad artvariation i Örnsköldsvik men eftersom dessa sannolikt inte prövats i liknande förhållanden tidigare finns det en risk att dessa arter inte överlever. Om växter dör innebär det ekonomiska belastningar för kommunen när nya behöver planteras och skulle kunna ge en negativ bild av regnbäddar. Trots detta valdes vissa växter som har lägre härdighetszoner på Fabriksgatan, detta som ett experiment med stöd i att både Nilsson (2021) i Uppsala och Embrén (2021) i Stockholm har goda erfarenheter av att utmana växters härdighetszoner i BGG-system. Om det finns en medvetenhet kring härdighetsexperimentet borde den dessutom förhindra en negativ bild av just regnbäddar vid det eventuella utbytet av växter.

Samtidigt som de dränerande regnbäddarna möjliggör växtval med lägre zoner bidrar den höga porositeten till utmaningar för växterna då deras vattentillgång kan bli begränsad. Blecken (2021) beskriver att strandvegetation, som är torktålig, är vad som passar bäst i regnbäddar. Detta eftersom regnbäddarna kan stå tomma och torra långa perioder vilket är negativt för en fuktkrävande växt. Att växterna måste klara av långa perioder av torka begränsar utbudet i växtval. Stora lutningar i gaturummet medför dessutom högt vattenflöde och om lutningen är över 5% blir inte BGG-systemet effektivt (Fridell et al. 2020). Det östra kvarteret av Fabriksgatan lutar 4,5% vilket ligger nära övre gränsen och det innebär att vattenflödet genom BGG-systemet där kommer vara snabbare än i västra kvarteret. För att motverka torka kan BGG-systemet sektioneras upp, trots att lutningen i gaturummet inte är över 5%. Men växterna i östra kvarteret riskerar alltså att stå i torka mer ofta och därför föreslås bevattningsslangar i täcklagret i det östra kvarterets stora regnbädd. Bevattningen bidrar till större valmöjligheter kring växter och främjar därmed både artvariationen och människors vistelse i och omkring regnbädden. Bevattning av regnbäddar är

dock en resurskrävande åtgärd, både ekonomiskt och miljömässigt, som i de flesta fall inte behövs eftersom dagvattnet tillgodoser behovet om höjdsättningen är ändamålsenlig och växtvalen har anpassats. I regnbäddar i gaturum med stor lutning och i regnbäddar där stor artvariation och upplevelse är prioriterat kan bevattning dock vara motiverat.

Stor mängd grön urban infrastruktur bidrar till hög biologisk mångfald men kan också reducera den upplevda tryggheten i gaturummet. På Fabriksgatan ligger bostäder samt verksamheter som inte har öppet kvällstid, det betyder att gatans livlighet kan sänkas under kvällarna. När kvällarna då är mörka kan gatan upplevas otrygg. På grund av detta är den gröna urbana infrastrukturen delvist belyst med svag belysning på spången och sittplatserna samt lampor som belyser trädkronorna vid infarterna. Att belysa trädkronor kan dock vara negativt för den biologiska mångfalden då miljön i trädkronorna inte blir lika inbjudande för fåglar. Majoriteten av trädkronorna är inte belysta (16 av 46 är belysta) och därmed har en avvägning mellan upplevd trygghet och biologisk mångfald gjorts i tron om att förslaget kan tillfredsställa båda aspekterna.

Om förslaget blir verklighet tillförs stor mängd GUI och Fabriksgatans funktion förändras. Antalet parkeringsplatser blir färre till förmån för regnbäddar vilket minskar parkeringsmöjligheterna för bilister. Detta kan vara negativt för enskilda bilsiter när de vill utnyttja gatan till parkering. I förslaget finns dock parkeringsmöjligheter på den södra sidan och de privata fastigheterna intill Fabriksgatan erbjuder parkeringar i anslutning till de verksamheter och bostäder som ligger där.

#### Dagvattenhantering

Att regnbäddar och vegetation integreras i det annars hårdgjorda gaturummet innebär att mer vatten infiltreras direkt och inte blir dagvatten. Dessutom fördröjer växterna, och särskilt träden, regn som faller och landar på bladen. BGG-systemet på Fabriksgatan har kapacitet att infiltrera och magasinera 306m<sup>3</sup> vatten. Detta system förlänger vattnets väg till det traditionella dagvattensystemet vilket innebär att det avlastas och översvämningsrisken längre ned i systemet reduceras. Översvämningsrisken lär dock fortsatt uppstå i Örnsköldsvik eftersom förslaget endast

behandlar två av stadens alla kvarter, men med inspiration från gestaltningsförslaget och typsektionerna kan det bli fler BGG-system i Örnsköldsvik på sikt.

Idag har 0,85 km<sup>2</sup> av Öviksfjärdens ytvatten otillfredsställande ekologisk status och 187 km<sup>2</sup> har en måttlig ekologisk status (VISS 2021). Om gestaltningsförslaget blir verklighet kommer majoriteten av gatorna i Örnsköldsvik fortfarande avvattnas till Strandparkens end-of-pipe-lösning och dagvatten från vissa delar av staden kommer fortsatt inte genomgå någon reningsprocess. Därför är det inte sannolikt att tänka sig en stor förbättring i föroreningsgrad i recipienten. För att förbättra ytvattnets kvalitet krävs därmed att fler gator i Örnsköldsvik klimatanpassas med BGG-system. Gestaltningsförslaget och typsektionerna kan dock vara ett värdefullt verktyg i den utvecklingen.

Den höga lutningen i det östra kvarteret innebär att avvattningen mot lågpunkterna kommer ske i hög hastighet och att vattnet skulle kunna rinna förbi regnbäddarnas inlopp. Denna risk innebär i sin tur att det kan bli hög belastning på andra ställen och att de högt belägna inloppen inte tar in vatten i regnbäddarna. För att motverka detta infiltreras dagvattnet i regnbädden genom brunnar som placerades rännalor i den hårdgjorda ytan på respektive sida om regnbäddarna. Genom höjdsättningen leds dagvattnet då till rännaldalen som i leder dagvattnet mer kontrollerat till brunnen. Vattnet går genom dessa brunnar genom ett sandfångskar innan det infiltreras i själva regnbädden. Detta är fallet i gestaltningsförslaget stora regnbäddar och lösningen ska rena dagvattnet och motverka erosion (Fridell et al. 2020) I de mindre regnbäddarna på södra sidan valdes däremot att skapa ett brett inlopp i cortenstålsmuren framför brunn och sandfångskar. Detta gjordes för att sandfångskaret tog upp en stor del av regnbädden och därmed stor plats från växterna. Det riskerade att göra stora delar av de små regnbäddarna kala. Detta innebär att de små regnbäddarna är utsatt för större erosionsrisk och att större partiklar inte fångas upp i ett sandfångskar. I förlängningen kan alltså de små regnbäddarna slammas igen snabbare än de stora.

### *Snöhantering*

Eftersom gestaltningsförslaget innebär regnbäddar i en yta på 787 m<sup>2</sup> kommer snöhanteringen att förändras. Idag slungas all snö på Fabriksgatan

enligt Lind (2021) mot den norra sidan för att sedan forslas bort. Med gestaltningsförslaget förändras snöhanteringen på Fabriksgatan. Om snö skottas ned i regnbäddarna riskerar växterna att skadas och regnbädden att slammas igen, därför rekommenderas inte snöupplag i regnbäddarna. Däremot kommer snön som faller i regnbäddarna att lagras och inte behöva röjas från platsen. Utifrån Örnsköldsviks medelsnömängd på 50–70 centimeter i februari (SMHI u.å.) innebär det att cirka 470m<sup>3</sup> snö kommer hamna i regnbäddarna, vilket är innebär drygt en femtedel av all snö i gaturummet, vilket avlastar den befintliga snöhanteringen som under vintrarna kan vara högt belastad (Holmström 2021a). Om möbleringszonerna utrustas med flyttbara möbler finns dessutom möjligheter att lagra viss mängd snö på dem och att snön, som är högt förorenad (Reinosdotter 2007), vid snösmältningen renas direkt i gaturummet. Snöhögar i gaturummet skulle dock kunna locka till lek vilket inte är negativt i sig, det kan vara problematiskt att lek i snö med hög föroreningsgrad förekommer och dessutom ökar det risken att barn kliver i regnbäddarna och skadar växter.

### *BGG-system i befintlig miljö*

Gestaltningsförslaget utformning kan stå i viss konflikt med det befintliga ledningsnätet. Ledningsunderlagen från Örnsköldsviks kommun angav geografiskt läge men saknade djup. Utifrån dialogen med Örnsköldsviks kommun framkom att vissa ledningar ligger djupt och att de flesta ledningarna bör vara på minst 60 centimeters djup och ska kunna ligga djupare. Nilsson (2021) menar att det är fördelaktigt att inte ha ledningarna i delar av BGG-systemet som tar emot vatten. I befintlig miljö kan ledningar komma i konflikt med BGG-systemet eftersom regnbäddar är mellan 60–90 centimeter och skelettjordar är cirka 90 centimeter djupa. Viss anpassning har gjorts i resultatet utifrån ledningskartan, exempelvis har övergångssällen och därmed traditionell överbyggnad placerats ovanför ledningar. För att gestaltningsförslaget BGG-system ska fungera krävs dock ytterligare ledningsundersökningar för att förverkliga gestaltningsförslaget. Dessa undersökningar kan utföras på förhand om underlag med djupangivelser tillgodoses, alternativt på plats när projektet byggs. Om ledningarna ligger för grunt, och konkurrerar med BGG-systemet

om utrymme, kan ledningsvallar byggas med avskärmande lager som hindrar dagvattnet från att ta sig till ledningarna. Detta behöver exempelvis göras på södra sidan där det ligger ledningar under den befintliga trottoaren som i förslaget delvis utrustas med skelettjordar. Att inte ha kännedom om ledningars djup vid projekteringsstillfället kan innebära att överbyggnaden kan behöva ändras på plats vid byggnation. Det kan i sin tur leda till att gestaltningen kan komma att förändras och inte bli som den först var tänkt. Plötsliga ändringar kan även bidra till höga ekonomiska kostnader. Ett annat alternativ är att flytta på de befintliga ledningarna om möjligheten finns, det är dock väldigt kostsamt.

### **Metodens påverkan på resultatet**

Arbetets metodstruktur är konstruerad av oss författare och består av en sammansättning av sex olika metoder för att nå fram till de tre synteserna som därefter mynnar ut i resultaten. Vår sammansättning av metoder är färgades av vår uppfattning om vad som krävdes för att uppnå syftet med arbetet och besvara frågeställningen. Hade en annan redan etablerad metod används hade möjligtvis resultatet sett annorlunda ut. Nedan beskrivs vad som har utmärkt sig mest under arbetet inom respektive syntes.

### **Vetenskaplig syntes**

Den vetenskapliga syntesen har legat till grund för den teoretiska bakgrunden.

### *Litteratursökningens betydelse*

För att få en grundläggande förståelse för ämnets tekniska och vetenskapliga grund var litteratursökningen nödvändig. Metoden har framförallt givit en tydlig översikt kring problemen med urbaniseringens markanspråk som leder till reducerad GUI och ökad mängd dagvatten. Sökningen har dessutom varit viktig för att förstå hur uppbyggnad och konstruktion av ett BGG-system kan skilja sig beroende på platsens förutsättningar, prioriteringar samt landskapsarkitektens färdigheter och kunskaper. Det gav också en stor inblick i hur frekvent ny forskning tillämpas och hur viktigt det är att vara uppdaterad med den senaste informationen för att planeringen av våra städer ska förbli hållbara.

Eftersom BGG-system i kallt klimat är ett relativt nytt ämne gav litteratursökningen få

resultat om ämnet och gjorde att de källor som fanns fick stor betydelse för arbetet.

### *Gruppintervjuns betydelse*

För att komplettera litteratursökningen och få en fördjupad förståelse för hur BGG-system fungerar och vilka komplikationer som kan uppstå i ett gaturum med kallt klimat var gruppintervjun av stor vikt för arbetets fortgång. Experterna i gruppintervjun kunde, precis som SBU (2017) menar, komplettera litteratursökningen och bidra med information och begrepp som lyfte och hjälpte arbetet framåt. Om Anna Pettersson Skog hade deltagit i fokusgruppen hade resultatet kunnat se annorlunda ut. Pettersson Skog arbetar med Svensk Byggtjänst referensverk AMA och besitter särskilda kunskaper inom anläggning. Hennes tankar och åsikter hade varit intressanta att ta del av då hennes erfarenheter och kunskap om BGG-system kan skilja sig från de andra experterna i fokusgruppen.

Den semistrukturerade intervjun hade vissa begränsningar när den applicerades på en fokusgrupp med fyra experter. Utifrån frågorna samtalade och beskrev de fritt vilket var syftet och positivt eftersom experternas kunskap då ledde intervjun. Däremot fanns tillfällen då experterna ville säga något men kunde inte eftersom någon annan pratade just då. På det viset kan värdefull kunskap ha gått förlorad för arbetet.

Efter gruppintervjun hölls fortsatt mejlkontakt för att diskutera fortsatta funderingar som uppstod under arbetet. I och med få resultat i litteratursökningens kring ämnet fanns kunskapsluckor som Embrén och Stål kunde fylla utifrån deras praktiska erfarenhet av att arbeta med BGG-system även efter gruppintervjun.

När intervjun var avslutad uttryckte fokusgruppen att denna metod var givande även för dem inom deras yrkesverksamhet. De beskrev att denna metod skapade en djupare förståelse hos alla deltagande experter eftersom de i gruppintervjun fick möjlighet att samtala med andra som arbetar inom samma område men med annat fokus. De menade att fler sådana möten bör äga rum och vara ett vedertaget arbetssätt för att utvecklas tillsammans och få ett hållbart resultat.

### **Platsknuten syntes**

Den platsknutna syntesen har givit värdefull information om Örnsköldsvik och Fabriksgatan

gällande grön urban infrastruktur samt snö- och dagvattenhantering.

### *Val av arbetsområde*

Syftet med arbetet hade kunnat uppfyllas även om ett annat gaturum i kallt klimat används. Platsen i sig är dock ett lämplig arbetsområde på grund av att Fabriksgatan är aktuell för ombyggnation. Den lämpar sig också bra eftersom den gröna urbana infrastrukturen på kommunens mark är obefintlig på Fabriksgatan samt att dagvattenhanteringen enligt Gustafsgård (2021) är behov av åtgärder. När ett gaturum som helt saknar GUI blir en förändring med stor mängd GUI markant och på så sätt lyfts resultatet tydligt och skapar nyfikenhet vilket kan ändra människors inställning till ideal gestaltning av gaturum. Genom att använda ett befintligt äldre gaturum och inte ett nyexploaterat område visar resultatet också att möjligheterna i att bygga om och förändra vägkroppen trots redan etablerad gatumiljö.

### *Dialog med kommunen*

Arbetet förhöll sig till att visa Örnköldsvik kommuns hur ett BGG-system skulle kunna utformas i kallt klimat och eftersom vi delade liknande målbild fanns inga tydliga begränsningar som påverkade arbetets resultat. Hade Örnköldsviks kommun exempelvis haft ekonomiska förhållningspunkter som gestaltningsförslaget behövt förhålla sig till hade förmodligen resultatet sett annorlunda ut, möjligtvis mer ekonomiskt anpassat eller mer begränsat vad gäller idéer kring utformning. Att inte ha en budget i det här skedet i utvecklingen av BGG-system i kallt klimat ses dock som positivt eftersom arbetet fokuserar mer på idéer och möjligheter istället för ekonomiska begränsningar. Att behöva kompromissa och vara begränsad i vissa situationer kan dock också föda idéer. Om typsektionerna och gestaltningsförslaget inspirerar till framtida gestaltningsförslag med BGG-system på gator i kallt klimat kommer dock ekonomiska aspekter behöva behandlas för att förankra projekten i verkligheten.

### *Inventering och analys av Fabriksgatan*

För att få en förståelse och lära känna platsen behövde en inventering och analys utföras. Eftersom den rådande covid-19-pandemin

innebar reserestriktioner och avrådan från att resa till andra län kunde inte detta utföras av författarna tillsammans på plats. Inventeringen och analysen baserades därför på två besök som en av författarna hade möjlighet att göra, ett under hösten vid ett kraftigt regn och ett vid vinterns slut när snösmältningen orsakat stora isbildningar på Fabriksgatan. Att inte båda författarna hade möjlighet att besöka Fabriksgatan under arbetet är en uppenbar brist eftersom förståelse för platsen kan upplevas annorlunda på platsen jämfört med bilder från platsen. Att Fabriksgatan besöktes under två olika tillfällen ökade dock förståelsen för den problematik som Örnköldsviks kommun uttryckt finns kring dagvattenhantering i Örnköldsvik.

### **Designsyntes**

Designsyntesen har legat som grund för den visuella utformningen ovan mark i gestaltningsförslaget och bestod av fyra referensprojekt samt en inventering och analys av Fabriksgatan som slutligen mynnade ut i programpunkter för gestaltningsförslaget.

### *Fallstudie av referensprojekt*

I fallstudien var det viktigt att välja referensprojekt som hade relevans för arbetets syfte och att de skulle komplettera Fabriksgatans gestaltning med designinspiration. Eftersom arbetet syftar till att undersöka BGG-system i kallt klimat var det väsentligt att studera gator med sådana system i Svenska städer med så lika förutsättningar som Örnköldsvik som möjligt. Strandbodkilen, Rosendal, Jaktgatan samt Taxgatan är alla gaturum med BGG-system i mellersta Sverige. Det hade varit intressant att studera etablerade regnbäddar i högre växtzoner men vi kunde inte hitta några sådana exempel och experterna i gruppintervjun kunde inte heller nämna något sådant projekt. Hade vi kunnat studera ett sådant projekt hade vi fått ett verkligt exempel på hur ett BGG-system kan utformas i kallt klimat och konfirmation på att det fungerar men nu tillgodoses endast teoretisk information. Att BGG-system saknas i kallt klimat understryker dock vikten av arbetets syfte.

Att fallstudien bestod av en inventering och efterföljande SWOT-analys var nödvändigt för att kunna förstå hur gestaltningen påverkar

respektive gata och dess BGG-system. Genom att identifiera referensprojektens olika styrkor, svagheter, möjligheter och hot skapade en förståelse för vad som kunde tas med och vad som inte togs med i gestaltningen på Fabriksgatan. Det hade varit intressant att utföra samma typ av analys på Fabriksgatans gestaltningsförslag men eftersom det fortfarande är ett förslag utan yttre påverkan i gaturummet kan det vara svårt att få en verklighetstrogen bild. En sådan analys hade dock kunnat förändra resultatet om uppenbara brister upptäcktes.

### **Distansarbete**

På grund av den rådande coronapandemin har även vi författare arbetat på distans från varandra. Detta har varit möjligt med hjälp av ett digitalt mötesrum där vi kunnat prata och dela vår datorskärm med den andra för att diskutera olika frågor utifrån bilder, källor och ritningar. En ständig dialog mellan oss författare har under hela arbetet varit en nyckelfaktor för att driva arbetet framåt och utan de digitala verktygen hade arbetet inte kunnat utföras i par på distans.

### **Resultatet vänt mot omvärlden**

Att bygga helt nya typer av dagvattensystem innebär alltid en risk eftersom vetenskapen om hur framtiden kommer te sig inte finns. Möjligtvis kan regnbäddarnas reningsfunktion bli försämrad över tid på grund av igenslamning av sediment i de olika lagren och de kan behöva bytas ut. Att växter binder in mängder med föroreningar genom fytoemediering och därefter dör kan skapa frågor i hur det biologiska materialet ska hanteras.

Att undersöka hur BGG-systemen fungerar över tid är frågor för fortsatta studier men som bara kan utföras om BGG-systemen faktiskt byggs. Argumenten för att använda BBG-system, med förbättrad dagvattenhantering och GUI, väger tungt eftersom klimatanpassningar behövs i takt med att klimatförändringarna ökar. Även om vi riskerar stora ekonomiska kostnader när vi testar nya system, som vi inte kan garantera fungerar, måste vi utveckla våra metoder för att skapa en hållbar utveckling. Experimenterar vi inte och testar nya tekniker kommer vi aldrig få nya svar.

I stadsbyggnadsprojekt ingår många aktörer med olika intressen som ska samverka för att skapa

en så bra helhet som möjligt. Genom att tidigt förmedla kunskap och betydelsen för hållbar dagvattenhantering och grön urban infrastruktur i gatumiljö för alla aktörer kan det det blir en naturlig del i samhällsplaneringen. Det är viktigt att andra aktörer inom samhällsbyggnad har förståelse för BGG-systemen och dess fördelar för att öka chanserna att få igenom projekt som är klimatanpassade. Som landskapsarkitekt är det därför viktigt att kunna förmedla denna kunskap och peka på problem med dagens dagvattenhantering och reducerad grön urban infrastruktur. Inom landskapsarkitektur är klimatanpassning av gaturum ett mycket aktuellt ämne och vi landskapsarkitekter kan föreslå gröna lösningar för våra stadslandskap och våra medmänniskor.

Resultatet av det här arbetet ska förhoppningsvis kunna inspirera landskapsarkitekter att fokusera på dagvattenhantering och GUI i deras projekt. Detta kan bidra till att stort fokus läggs på “grönt vatten” i städer och få dagvatten att bli en hållbar resurs. Vilken betydelse arbetet får för andra landskapsarkitekter är svårt att säga men för oss författare kommer det följa med i vårt framtida arbetsliv och influera våra framtida gestaltningsförslag.

### **Slutsats**

Det finns stora möjligheter och behov att kombinera urbaniseringens markanspråk med grön urban infrastruktur och därmed säkra en hållbar dagvattenhantering samt många andra ekosystemtjänster som vi människor är beroende av. Även i kallt klimat, där tjäle tidigare har försvårat dagvattenhanteringen på vintern, kan detta genomföras med BGG-system vilket bidrar till en mer hållbar stadsutveckling genom klimatanpassade gaturum.

### **Fortsatt forskning**

Nästa steg skulle kunna vara att anlägga blågröngrå system i kallt klimat och utvärdera hur vattnet i gaturummet ter sig under vinterhalvåret samt hur väl de exotiska växterna, med lägre hårdighetszon än den lokala, utvecklas. Dessutom behövs framtida forskning på arbetes typsektioner kring hur väl dagvattnet renas och vilken påverkan detta har på recipientens vattenkvalitet.

# Referenser

## Vetenskapliga artiklar

Alyaseri, I., Zhou, J., Morgan, S.M. & Bartlett, A. (2017). Initial impacts of rain gardens' application on water quality and quantity in combined sewer: field-scale experiment. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 11 (4), 19. <https://doi.org/10.1007/s11783-017-0988-5>

Andersson, E., Barthel, S., Borgstrom, S., Colding, J., Elmqvist, T. & Folke, C. (2014). Reconnecting Cities to the Biosphere: Stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services. *AMBIO* 43, 445–453. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0506-y9>

Aryal, R., Vigneswaran, S., Kandasamy, J. & Naidu, R. (2010). Urban stormwater quality and treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 27 (5), 1343–1359. <https://doi.org/10.1007/s11814-010-0387-0>

Bakhshipour, A.E., Dittmer, U., Haghighi, A. & Nowak, W. (2019). Hybrid green-blue-gray decentralized urban drainage systems design, a simulation-optimization framework. *Journal of Environmental Management*, 249, 109364. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109364>

Berland, A. (2017). The role of trees in urban stormwater management. *Landscape and Urban Planning*, 162, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.017>

Björklund, K. & Li, L. (2017). Removal of organic contaminants in bioretention medium amended with activated carbon from sewage sludge. *Environ Sci Pollut Res*, 24, 19167–19180. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9508-1>

Blecken, G. (2010). *Biofiltration technologies for stormwater quality treatment*. Diss. Luleå tekniska universitet. Luleå: Luleå tekniska universitetet. <https://cutt.ly/NbOr7Yk>

Davis, A.P., Shokouhian, M. & Ni, S. (2001). Loading estimates of lead, copper, cadmium, and zinc in urban runoff from specific sources. *Chemosphere* 44, 997–1009. Tillgänglig: <https://cutt.ly/qbOtaEu> [2021-05-09]

Demuzere, M., Orru, K., Heidrich, O., Olazabal, E., Geneletti, D., Orru, H., Bhave, A.G., Mittal, N., Feliu, E. & Faehnle, M. (2014). Mitigating and adapting to climate change: Multi-functional and multi-scale assessment of green urban infrastructure. *Journal of Environmental Management*, 146, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.025>

Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, S., Coe, M., Daily, G., Gibbs, H., Helkowski, J., Holloway, T., Howard, E., Kucharik, C., Monfreda, C., Patz, J., Prentice, C., Ramankutty, N. & Snyder, P. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309 (5734), 570–574. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

Forman, R. T. T. & Wu, J. (2016). Where to put the next billion people. *Nature news*. Volym 537, 608. doi:10.1038/537608a

Haghighatafshar, S. (2019). *Blue-green stormwater systems for citywide flood mitigation: Monitoring, conceptualization, modeling, and evaluation*. Lund: Lund University (Media-Tryck). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20007.91043>

Hallegatte, S. & Corfee-Morlot, J. (2011). Understanding climate change impacts, vulnerability and adaptation at city scale: an introduction. *Climatic Change*, 13 104:1–12 DOI 10.1007/s10584-010-9981-8

Jiang, S.C., Lim, K.-Y., Huang, X., McCarthy, D. & Hamilton, A.J. (2015). Human and environmental health risks and benefits associated with use of urban stormwater. *WIREs Water* 2015, 2:683–699. doi: 10.1002/wat2.1107

Laforteza, R., Davies, C., Sanesi, G. & Konijnendijk, C. (2013). Green Infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 6 (3), 102–108. <https://doi.org/10.3832/ifer0723-006>

Lee, J.H. & Bang, K.W. (2000). Characterization of urban stormwater runoff. *Water Research* 34 (6), p 1773–1780. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(99\)00325-5](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(99)00325-5)

Liao, K.-H., Deng, S. & Tan, P.Y. (2017). Blue-Green Infrastructure: New Frontier for Sustainable Urban Stormwater Management. Greening Cities. Singapore: *Springer Singapore*, 203–226. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4113-6\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4113-6_10)

Lucke, T. & Nichols, P.W.B. (2015). The pollution removal and stormwater reduction performance of street-side bioretention basins after ten years in operation. *Science of The Total Environment*, 536, 784–792. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.142>

Malaviya, P. & Sharma, R. (2021). Management of stormwater pollution using green infrastructure: The role of rain gardens. *WIREs Water*, 8 (2). <https://doi.org/10.1002/wat2.1507>

Mamun, A.A., Shams, S. & Nuruzzaman, Md. (2020). Review on uncertainty of the first-flush phenomenon in diffuse pollution control. *Applied Water Science*, 10 (1), 53. <https://doi.org/10.1007/s13201-019-1127-1>

Muthanna, T.M., Viklander, M., Blecken, G. & Thorolfsson, S.T. (2007). Snowmelt pollutant removal in bioretention areas. *Water Research*, 41 (18), 4061–4072. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.05.040>

Müller, A., Österlund, H., Marsalek, J. & Viklander, M. (2020). The pollution conveyed by urban runoff: A review of sources. *Science of The Total Environment*, 709, 136125. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136125>

Ophori, D., Firor, C. & Soriano, P. (2019). Impact of road deicing salts on the Upper Passaic River Basin, New Jersey: a geochemical analysis of the major ions in groundwater. *Environmental Earth Sciences*, 78 (16), 500. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8500-0>

Razzaq Tchekhim, S. (2019). *Vatten i vägkonstruktioner, en analys av brister och åtgärder*. Lunds Universitet. Institutionen för teknik och samhälle. <https://cutt.ly/5b2wM2F>

Reinosdotter, K. (2007). *Sustainable Snow Handling*. Diss. Luleå Tekniska Universitet. Luleå: Luleå Tekniska Universitet. <https://cutt.ly/Pb0QRJB>

Salmond, J.A., Tadaki, M., Vardoulakis, S., Arbuthnott, K., Coutts, A., Demuzere, M., Dirks, K.N., Heaviside, C., Lim, S., Macintyre, H., McInnes, R.N. & Wheeler, B.W. (2016). Health and climate related ecosystem services provided by street trees in the urban environment. *Environmental Health*, 15 (S1), S36. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0103-6>

Sfakianakis, D.G., Renieri, E., Kentouri, M. & Tsatsakis, A.M. (2015). Effect of heavy metals on fish larvae deformities: A review. *Environmental Research*, 137, 246–255. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.014>

Sun, Y., Deng, L., Pan, S.-Y., Chiang, P.-C., Sable, S.S. & Shah, K.J. (2020). Integration of green and gray infrastructures for sponge city: Water and energy nexus. *Water-Energy Nexus*, 3, 29–40. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2020.03.003>

Wei, J., Qian, J., Tao, Y., Hu, F. & Ou, W. (2018). Evaluating Spatial Priority of Urban Green Infrastructure for Urban Sustainability in Areas of Rapid Urbanization: A Case Study of Pukou in China. *Sustainability*, 10 (2), 327. <https://doi.org/10.3390/su10020327>

Westerlund, C. & Viklander, M. (2006). Particles and associated metals in road runoff during snowmelt and rainfall. *Science of The Total Environment*, 362 (1–3), 143–156. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.06.031>

Zakrisson, T. (2020). *Analys av lösningar för att minska tillskott av dräneringsvatten till spillvattensystem, en fallstudie i Örnsköldsviks kommun*. Uppsala Universitet. Institutionen för geovetenskaper. <https://cutt.ly/Tb0ZRmW>

## Rapporter

Bates, B., Kundzewicz, Z. W. & Palutikof, J. P. (2008). *Climate change and water*. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.

Bernes, C. (2016). *En varmare värld, Växthuseffekten och klimatets förändringar* (ISBN 978–91–620–1300–4) Stockholm: Naturvårdsverket. <https://cutt.ly/Db0CA1u>

Blecken, G. (2016). *Kunskapssammanställning Dagvattenrening*. (2016–05). Bromma: Svenskt Vatten AB. <https://cutt.ly/4bOrs6X>

Djodjic, F., Hellgren, S., Futter, M. & Brandt, M. (2012). *Suspenderat material – transporter och betydelsen för andra vattenparametrar*. (102 2012). Norrköping: Svenska Miljöemiddionsdata på uppdrag av Havs och vattenmyndigheten. <https://cutt.ly/Nb0Rw5P>

Green Nylen, N. & Kiparsky, M. (2015). *Accelerating Cost-Effective Green Stormwater Infrastructure: Learning from Local Implementation*. Berkeley: Center for Law, Energy & the Environment, U.C. Berkely School of Law. <https://cutt.ly/7b0TLVz>

Larm, T. & Blecken, G. (2019). *Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten* (2019–20). Bromma: Svenskt Vatten AB. <https://cutt.ly/ob05qjj>

Länsstyrelsen Västernorrland (2014). *Konsekvenser och behov av åtgärder, klimatförändringar i Örnsköldsviks kommun*. (2014:18 ISSN 1403–624X). Länsstyrelsen Västernorrland. <https://cutt.ly/ab0Yuoc>

Svenskt vatten (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten, publikation P110 – Del 1*. (ISSN 1651–4947). Svenskt vatten AB. <https://cutt.ly/Cb0KTXx>

UNEP (2019). *Sand and Sustainability: Finding new solutions for environmental governance of global sand resources* (ISBN 979–92–807). Geneva: GRID Geneva, United Nations Environment Programme. <https://cutt.ly/tb0K4KA>

Wiklander (2017). *Föreningar i dagvattnet*. Naturvårdsverket, Luleå tekniska universitet. <https://cutt.ly/tb0TkX4>

## Böcker

Alloway, B.J. (2013). *Heavy Metals in Soils*. Tredje upplagan, London, Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>

Bruhn, F. & Fridell, K. (2019). *Grävningssmanual för BGG-system - instruktioner för grävning i eller nära Blågröngrå system i gaturum*. Version 1.0, Edge. <https://cutt.ly/xb2rheV>

Bryman, A. & Bell, E. (2011). *Företagsekonomiska forskningsmetoder*. 3:e upplagan. Liber AB, Stockholm.

Cuypers, A. & Vangronsveld, J. (2017). *Phytoremediation*. 1:a upplagan, London: Academic Press

Fridell, K., Thynell, A., Bruhn, F., Fors, J., Sixtensson, S. & Vysoky, M. (2020). *Levande Gaturum – en handbok i blågröngrå system*. Version 2.0. Edge. <https://bluegreengrey.edges.se/>

Kingsbury, N. (2006). *Seedheads in the garden*, Portland, Oregon: Timber press inc

Kågström, O. (2002). *Örnsköldsvik vid tiden omkring 1908*. Första upplagan, Örnsköldsvik: Johan Ödbergsällskapetets hembygdsförening i Örnsköldsvik

SBU (2017). Litteratursökning (red.) *Utvärdering av metoder i hälso- och sjukvården och insatser i socialtjänsten*. Stockholm: Statens beredning för medicinsk och social utvärdering (SBU). <https://cutt.ly/tb0LFjr>

Stockholms stad (2017). *Växtbäddar i Stockholms stad – en handbok 2017*. Stockholm: Stockholms stad. <https://cutt.ly/Fb07ERn>

Thomas, G. S. (1994). *Colour in the winter garden*. London: Weidenfeld and Nicolson

## Dataset

Länsstyrelsen (u.å.). *Tabell 1: Bilinnehav per 1000-invånare, baserat på personbilar i trafik i län och kommuner efter ägande m.m. vid årsskiftet*. <https://cutt.ly/Lb0ZpBJ>

## Kommundokument

Örnsköldsviks kommun (2011). *Grönplan för Örnsköldsviks centralort*. Örnsköldsvik. <https://cutt.ly/nb2SNQU>

Örnsköldsviks kommun (2012). *Översiktsplan 2012 för Örnsköldsviks kommun*. <https://cutt.ly/Yb2tqkL>

Örnsköldsviks kommun (2018a). *Dagvattenpolicy för Örnsköldsviks kommun*. Örnsköldsvik: Samhällsbyggnadsförvaltningen. <https://cutt.ly/2b2ewej>

Örnsköldsviks kommun (2018b). *Dagvattenstrategi för Örnsköldsviks kommun*. Örnsköldsvik: Samhällsbyggnadsförvaltningen. <https://cutt.ly/xb2eWNC>

Örnsköldsviks Kommun (2020). *Fördjupad översiktsplan Örnsköldsviks centralort, antagandehandling*. Örnsköldsvik: Örnsköldsviks kommun <https://cutt.ly/Vb0Mlds>

## Broschyrer

Stockholm Vatten och Avfall (u.å.). *Nedsänkt växtbädd*. [Broschyr] Stockholm: Stockholm Vatten och Avfall. <https://cutt.ly/kb0KrQB> [2021–04–02]

## Elektroniska källor

Climate Institute (2016). *Green Urban Infrastructure: Assessing Potential Ecosystem Services in Urban Cities*. <https://cutt.ly/Ab05S7z> [2021–05–19]

Boverket (2019a). *Olika grupper av ekosystemtjänster*. <https://cutt.ly/vb2JQLQ> [2021–03–15]

Boverket (2019b). *Kulturella ekosystemtjänster*. <https://cutt.ly/xb2JUIO> [2021–03–15]

Boverket (2019c). *Reglerande ekosystemtjänster*. <https://cutt.ly/Kb2JFjk> [2021–03–15]

Boverket (2019d). *Stödande ekosystemtjänster*. <https://cutt.ly/tb2JG5r> [2021–03–15]

Boverket (2019e). *Urbana träd och ekosystemtjänster*. <https://cutt.ly/Zb2JJBa> [2021–03–15]

Boverket (2020a). *Ekosystemtjänster i den byggda miljön*: <https://cutt.ly/mb2JLoh> [2021–03–15]

Boverket (2020b). *Ekosystemtjänster i den byggda miljön - vägledning och metod*: <https://cutt.ly/rb2JZKE> [2021–03–15]

Byggfakta (u.å.). *Alla planerade byggprojekt i Örnsköldsvik*. <https://cutt.ly/Lb02mYX> [2021–02–10]

EEA (2015). *Grön infrastruktur - bättre livsbetingelser genom naturbaserade lösningar*. <https://cutt.ly/Hni80h4> [2021–04–06]

Europeiska kommissionen (u.å.). *The forms and functions of green infrastructure*: <https://cutt.ly/Lb2JCRA> [2021–03–03]

Holmström, V. (2021a). Politikern sågar Ö-viks snöhantering – ifrågasätter lagkraven: ”Vill se lite civil olydnad”. *Örnsköldsviks Alledhanda*, 2021-01-18. <https://cutt.ly/Kb2DNt8> [2021-01-29]

Holmström, V. (2021b). Efter kritiken – nu ska Ö-viks snö kastas i havet igen: ”De tänkte till”. *Örnsköldsviks Alledhanda*, 2021-01-22. <https://cutt.ly/Kb2DNt8> [2021-01-29]

Lundquist, A. (2017). *Är människan ett djur? Om biologi, evolution och etik*. <https://cutt.ly/Yb06Euc> [2021-03-03]

Naturvårdsverket (2020a). *Dagvatten*. <https://cutt.ly/ib2qsU4> [2021-05-19]

Naturvårdsverket (2020b). *Ekosystemtjänster är grunden för vår välfärd*. <https://cutt.ly/4b2JNGi> [2021-04-08]

Naturvårdsverket (2020d) *Utsläpp i siffor, bly*. <https://cutt.ly/Sb2qc10> [2021-05-17]

Naturvårdsverket (2021). *Biologisk mångfald*: <https://cutt.ly/Lb2JMZR> [2021-04-01]

NRM (2020). *Ekosystem, naturtyper och naturområden*. <https://cutt.ly/0b06GZ6> [2021-02-20]

SMHI (2016). *Tjäle*. <https://cutt.ly/7b2tM1e> [2021-04-04]

SMHI (2021). *Vegetationsperiod*. <https://cutt.ly/sb2tiAG> [2021-04-04]

SMHI (u.å.). *Snödjup*. <https://cutt.ly/Yb2tNqX> [2020-02-10]

St: Eriks Betong (u.å.). *Dimensionering markbetong*. <https://cutt.ly/Hb2AOVU> [2021-02-20]

Svensk trädgård (u.å.). *Zonkartan över 100 år - fungerar fortfarande*. [http://www.tradgard.org/svensk\\_tradgard/zonkarta/index.html](http://www.tradgard.org/svensk_tradgard/zonkarta/index.html) [2021-06-21]

Uppsala kommun (2019). *Rosendals grönbå dagvattensystem*. <https://cutt.ly/eb01MkN> [2020-05-19]

VA-guiden (2015). *Översiktligt om föreningar i dagvatten*. <https://cutt.ly/sb2J0Ik> [2021-03-01]

VISS (2021). *Örnsköldsvik - kommun*. <https://cutt.ly/Vb017Nn> [2021-02-26]

## Muntliga källor

Bartholdsson, Anneli (2021). *Landskapsarkitekt*, Örnsköldsviks kommun. Mail- & muntlig kommunikation.

Blecken, Godecke (2021). *Biträdande professor inom VA-teknik*, Luleå tekniska universitet. Gruppintervju 2021-02-19.

Edholm, Ann-Charlotte (2021). *Utredningsingenjör*, Örnsköldsviks kommun. Mail- & muntlig kommunikation.

Embrén, Björn (2021). *Trädspecialist & universitetsadjunkt*, Stockholms stad, Arbor konsult AB & SLU. Gruppintervju 2021-02-19, mailkommunikation.

Fällström, Stefan (2021). *Drift- och underhållschef*, Ö-viks Energi, muntlig kontakt.

Gustafsgård, Fredrik (2021). *VA-utredare*, Miljö och Vatten i Örnsköldsvik, mailkommunikation.

Grantah, Magnus (2021). *Enhetschef*, Trafik- och parkenheten vid Örnsköldsviks kommun. Mail- & muntlig kommunikation.

Lind, Annika (2021). *Karttekniker & trafikhandläggare*, Örnsköldsviks kommun. Mailkommunikation.

Malmström, Anna-Sofia (2021). *Stadsträdgårdsmästare*, Örnsköldsviks kommun. Mail- & muntlig kommunikation.

Nilsson, Ronnie (2021). *Landskapsarkitekt*, Uppsala kommun. Gruppintervju 2021-02-19.

Stål, Örjan (2021). *Trädgårdstekniker & universitetsadjunkt*, VIÖS AB & SLU. Gruppintervju 2021-02-19 & mailkommunikation.

# Bilaga 1

Inför gruppintervjun den 19:e februari 2021 skickades fyra intervjufrågor ut på mail till fokusgruppen som bestod av Godecke Blecken, Björn Embrén, Örjan Stål och Ronnie Nilsson. Efter mailsvar med förtydligande utvecklades och formulerades frågorna till gruppintervjun om.

Följande frågor ställdes inför gruppintervjun:

- Vad är viktigt att tänka på när man planerar ett system med regnbäddar och skelettjordar?
- Hur kan man gestalta regnbäddar och konstruera skelettjordar för att få en så effektiv rening av föroreningar som möjligt?
- Behövs några särskilda åtgärder kring regnbädd och skelettjord i en lutande gata?
- Hur fungerar en lerjord som terrass för BGG-system i kallt klimat?

Efter att ha fått svar på frågorna från Blecken, Embrén och Stål formulerades nya mer utvecklade frågor till gruppintervjun. Till fokusgruppen ställdes följande frågor under gruppintervjun den 19:e februari 2021:

- Är det rimligt att anlägga BGG-system i sammanhängande stråk när den befintliga miljön har många ledningar eller behöver BGG-system då sektioneras upp? Och hur bör det öppna förstärkningslagret utformas utifrån VA-systemet?
- Vilka växtsubstrat och fraktioner är mest effektiva i en regnbädd och skelettjord för att tillgodose rening och magasinering i kallt klimat? Hur betar sig tjälen?
- Hur kan en lutande gata gestaltas med ett BGG-system när regnbäddar bör vara horisontella?
- Hur kan man gestalta gaturummet för att tillgodose skötsel kring växterna, snön etc och samtidigt skapa ett användbart gaturum för fler än bara bilister?

Under samtalen i gruppintervjun ställdes spontana frågor för att leda diskussionen mot olika riktningar. Dessa ställdes både av experter i fokusgruppen och från arbetets författare. De spontana frågorna var:

- Vad tror ni om det här med växtzoner och köld, vad är det som är problemet för växten? Är det att knopparna fyrser? Rotsystemet? Vad är det som gör att trädet inte klarar sig i kallare klimat?  
- Örjan Stål
- Vad är syftet med BGG-systemet?  
- Godecke Blecken
- Björn, ni sa att ni förenklat lagren i regnbäddar, vad har ni då använt och hur har det sett ut?  
- Erika Tjernberg
- Har ni tips kring växtval? Kan man sätta växter som har zon 3-4 när det är zon 4-5?  
- Jennika Jädernäs
- Vilka växtkvaliteter ska man rita in?  
- Jennika Jädernäs
- Hur viktig är etableringsskötseln och vattning efter anläggning?  
- Erika Tjernberg

Informationen som framkom under gruppintervjun redovisas i arbetet.

# Bilaga 2

För att ta reda på magasinvolymen på Fabriksgatan gjordes beräkningar för både utrymmet för dagvatten i BGG-systemet och för snön på regnbäddarnas yta.

## Beräkningar dagvattenmagasin

Area x djup x porositet = volym vatten

Dagvattenflöde till Fabriksgatan under ett 10 årsregn är 365 L/sekund

$365 \text{ L/sekund} = 365 \text{ dm}^3$   
 $10 \text{ min} = 600 \text{ sekunder}$   
 $600 \times 365 = 219\,000 \text{ L/10 min} = 219 \text{ m}^3$   
behöver magasinet vara för att tillgodose dagvattenflödet

Regnbäddars Area:  $787 \text{ m}^2$   
 $87 \times 0,25 = 197 \text{ m}^3$  öppet förstärkningslager i regnbäddar  
 $197 \times 0,3 = 59 \text{ m}^3$  vattenmagasin i regnbäddar

Skelettjordar Area:  $1370 \text{ m}^2$   
 $1370 \times 0,6 = 822 \text{ m}^3$  öppet förstärkningslager i skelettjordar  
 $822 \times 0,3 = 247 \text{ m}^3$  vattenmagasin i skelettjordar

$59 + 247 = 306 \text{ m}^3$  vattenmagasin på Fabriksgatan

## Beräkningar snömagasin

Area x snömängd = volym snö

Regnbäddars Area:  $787 \text{ m}^2$   
Medeltal snödjup i Örnsköldsvik är 60 cm

$787 \times 0,6 = 472 \text{ m}^3$  snö kommer lagras i regnbäddar och behöver inte transporteras bort



SCIENCE AND  
EDUCATION **FOR**  
**SUSTAINABLE**  
**LIFE**