



# CHALMERS

---



## **Hållbar dagvattenhantering för fritidsstugeområden**

### **En fallstudie med multikriterieanalys för Lilleby**

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör

LINNEA BERGGREN  
ELISABET NORÉN



EXAMENSARBETE BOMX03-16-37

# Hållbar dagvattenhantering för fritidsstugeområden

En fallstudie med multikriterieanalys för Lilleby

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

LINNEA BERGGREN

ELISABET NORÉN

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
Avdelningen för Vatten Miljö Teknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2016

Hållbar dagvattenhantering för fritidsstugeområden  
En fallstudie med multikriterieanalys för Lilleby

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet  
Byggingenjör*

LINNEA BERGGREN  
ELISABET NORÉN

© LINNEA BERGGREN OCH ELISABET NORÉN, 2016

Examensarbete BOMX03-16-37 / Institutionen för bygg- och miljöteknik,  
Chalmers tekniska högskola 2016

Institutionen för bygg och miljöteknik  
Avdelningen för Vatten Miljö Teknik  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Omslag:  
Illustration av dagvattendamm, gröna tak, regntunnor och makadammagasin  
(Olofsson, 2016)

Chalmers Reproservice, Department of Civil and Environmental Engineering,  
Göteborg, Sweden.



Hållbar dagvattenhantering för fritidsstugeområden

En fallstudie med multikriterieanalys för Lilleby

*Examensarbete i högskoleingenjörsprogrammet*

*Byggingenjör*

LINNEA BERGGREN

ELISABET NORÉN

Institutionen för bygg- och miljöteknik

Avdelningen för Vatten Miljö Teknik

Chalmers tekniska högskola

## SAMMANFATTNING

I denna rapport jämförs olika typer av dagvattensystem ur ett ekonomiskt, miljömässigt och estetiskt perspektiv med hjälp av en multikriterieanalys. Ett planerat stugområde i Lilleby, Göteborg har använts som fallstudie och har legat till grund för de val som gjorts. För att anpassa dagvattensystemet efter området delades det upp i tre delområden: parkering, områdets vägar och hustak. Information har hämtats från litteraturstudier och resultatet har baserats på en multikriterieanalys där forskare, konsulter och tjänstemän på förvaltningar i Göteborgs Stad deltagit i en enkätstudie för att poängsätta olika dagvattensystem. I litteraturstudien har system som i dagsläget använts studerats och därefter har två olika system valts ut, 1) en dagvattendamm och 2) gröna tak i kombination med magasinering och regntunnor, och anpassats till området. Dessa system har sedan studerats mer grundligt och legat till grund för multikriterieanalysen. Resultatet från enkäten visar att dagvattendammen fick markant högst poäng. Litteraturstudiens sammanställning visar dock att skillnaden inte är så stor mellan de två systemen. Detta kan bero på varierande kunskap hos respondenterna, men också otydlighet i enkäten. Vid liknande beslut bör därför flera olika yrkesroller samlas för att utnyttja varje persons kunskap och genom det leda fram till det mest optimala alternativet. Från studiens resultat föreslås som dagvattenlösning för fritidsstugeområdet ett kombinerat system med dagvattendamm, gröna tak och regntunnor då dessa tre system rankades högst.

Nyckelord: Dagvatten, multikriterieanalys (MKA), dagvattendamm, makadammagasin, gröna tak, regntunnor

Sustainable stormwater management for cottage area

A multi-criteria decision analysis case study

*Diploma Thesis in the Engineering Programme*

*Building and Civil Engineering*

LINNEA BERGGREN

ELISABET NORÉN

Department of Civil and Environmental Engineering

Division of Water Environment Technology

Chalmers University of Technology

## ABSTRACT

This report compares different types of stormwater systems from an economic, environmental and aesthetic perspective, with a multi-criteria decision analysis (MCDA). A projected cottage area in Lilleby, Gothenburg, was used as a case-study area and formed the basis of the choices made. In order to adapt the stormwater system to the area, it was divided into three segments: parking lot, roads, and roofs. Information has been gathered from the literature, and the results are based on the MCDA, in which researchers, consultants and department officials from the city of Gothenburg have participated in a survey, where they were to score various stormwater systems. In the literature study, stormwater systems used in current situations were studied, whereupon two different systems were selected and adapted to the area: 1) a stormwater pond, and 2) a combined system with green roofs, gravel-filled infiltration basin and rain barrels. These systems were then studied more thoroughly and formed the basis for the MCDA. The result of the survey shows that the stormwater pond received, by far, the highest score. The literature study summary, however, shows that the difference between the two systems is actually not very large. This might be due to varying knowledge among the respondents, as well as vagueness in the survey. Therefore, similar cases of decision-making should include several different professionals in order to take advantage of each person's knowledge, and thus derive the most optimal option. The study results suggest a combined system of stormwater pond, green roofs and rain barrels as a stormwater solution for the cottage area, as these three systems were ranked the highest.

Key words: Stormwater, multi-criteria decision analysis (MCDA), stormwater pond, gravel-filled infiltration basin, green roof, rain barrels

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	V
BETECKNINGAR	<b>ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.</b>
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Metod	2
1.4 Avgränsningar	3
2 DAGVATTENHANTERINGSSYSTEM	4
2.1 Biofilter	4
2.1.1 Regnbäddar	5
2.1.2 Gröna tak	6
2.2 Genomsläpplig mark	7
2.2.1 Gräsmattor	7
2.2.2 Permeabel beläggning, rasterytor	8
2.3 Magasinerings	8
2.3.1 Dagvattendamm	9
2.3.2 Magasinerings under mark	10
2.3.3 Uppsamlingsstunnor	11
2.4 Öppen avledning	11
3 OMRÅDET LILLEBY	13
3.1 Förutsättningar	14
3.1.1 Parkering	14
3.1.2 Hustak	15
3.1.3 Områdesvägar	15
4 METOD FÖR MULTIKRITERIEANALYS (MKA)	16
4.1 Utförande	17
5 RESULTAT OCH DISKUSSION	18
5.1 Val av dagvattensystem	18
5.1.1 Alternativ 1: Dagvattendamm	18
5.1.2 Alternativ 2: Gröna tak, tunnor och magasin	19
5.2 Resultat av MKA	21
<b>CHALMERS</b> , <i>Bygg- och miljöteknik</i> , Examensarbete BOMX03-16-37	III

5.2.1	Identifiera problemet, syftet med MKA och intressenter	21
5.2.2	Identifiering av möjliga system	21
5.2.3	Identifiering och motivering av de olika kriterierna	22
5.2.4	Förväntad effekt för respektive val av system och kriterium	22
5.2.5	Poängsättning för respektive kriterium	22
5.2.6	Total poängsättning	25
5.2.7	Totalutvärdering av alternativen	25
5.2.8	Känslighetsanalys	29
6	SLUTSATSER	30
	REFERENSER	32
	BILDKÄLLOR	36
	BILAGA 1	37
	BILAGA 2	39
	BILAGA 3	46
	BILAGA 4	47

## **Förord**

Detta arbete är skrivet vid Chalmers tekniska högskola våren 2016 på Avdelningen för Vatten Miljö Teknik. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och är det avslutande examensarbetet på byggingenjörsprogrammet. Arbetet har utförts i samverkan med Göteborgs Stad och fastighetskontoret där vi vill tacka våra handledare Pernilla Hultman och Raimo Keinestam. Vi vill även rikta våra varmaste tack till handledare Karin Björklund och examinator Ann-Margret Hvitt Strömvall för all hjälp och vägledning. Slutligen vill vi tacka alla som tagit sig tid att delta i vår enkät.

Göteborg juni 2016

Linnea Berggren

Elisabet Norén

## Ordlista

Biofilter/regnbäddar – Naturligt filter bestående av vegetation och jord som minskar föroreningar i dagvatten.

Erosion – Nötning och transport av material genom kemisk och mekanisk påverkan.

LOD – Lokalt omhändertagande av dagvatten.

Natura 2000 – Områden som skyddas för att hindra utrotning av arter och livsmiljöer.  
Liknande naturreservat.

Perkolations – När vatten tränger ner i markens porer.

Permeabel beläggning – Genomsläpplig beläggning







# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Innan ett nytt område etableras måste ett flertal undersökningar av marken utföras, såsom sondering för att bestämma markens sammansättning, det vill säga lera, silt eller annat material, djupet på varje jordartslager och grundvattenytans läge. Vatten och avlopp måste förberedas och områdets utformning ska bestämmas. En viktig del i projekteringen är att undersöka och bestämma hur dagvattnet ska hanteras, alltså vart regn och smältvatten ska ta vägen, så att oönskat vatten leds bort på ett effektivt sätt (Rhodin, 2014).

Med urbaniseringen har de hårdgjorda ytorna exempelvis hustak och parkeringsytor, blivit fler och större. Tidigare kunde regnvatten infiltreras på de naturliga ytorna men på grund av de hårdgjorda ytorna måste istället vattnet leta sig fram till brunnar och diken. För att motverka översvämningar eftersträvar de nationella miljömålen att inte öka mängden hårdgjorda ytor i tätbebyggda områden (Linderstad, Moback, Andreasson, Olsson, Karlsson, Bergstedt, Eriksson, Ström, Nilsson, Ekman, Gustavsson, Adrian, Johnsson, Ljunggren och Malm, 2003, s. 65). Hårdgörs en yta måste den kompenseras någon annanstans. Ett exempel på sådan kompensering är att asfalt på en befintlig parkering byts ut till en permeabel beläggning (Va-verket, 2001, s. 26).

En studie från Sveriges metrologiska och hydrologiska institut (SMHI) med nederbördsräkningar från 1961 och med simuleringar fram till 2099 visar en ökning av den årliga nederbörden. Detta måste beaktas då nya områden projekteras och byggs för att undvika översvämningar. Bebyggelse förväntas finnas kvar i decennier och om ökade nederbörds mängder beaktas i ett tidigt stadium ökar möjligheten till ett väl fungerande vatten- och avloppssystem (SMHI, 2014).

Dagvatten kan ofta vara kraftigt förorenat och föroreningshalten kan ibland vara likvärdigt avloppsvatten från hushåll. Urbant dagvatten är förorenat av en mängd orsaker. Föroreningar från korrosion och erosion, förbränning, fordon, vägar, byggnader, djur, växter och nedskräpning hamnar förr eller senare i dagvattensystemet. Föroreningar som kväve och fosfor bidrar till försurning och övergödning. Metaller, exempelvis bly, koppar och zink, kan vara giftiga för människa och miljö och bidrar till att försämra slamkvaliteten på reningsverken (Gryaab, 2010). I dagvatten finns också en mängd olika organiska miljögifter exempelvis polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er) som är cancerframkallande och som kan anrikas i näringskedjor (Naturvårdsverket, 2014). Föroreningen av dagvatten varierar beroende på årstid och plats (Butler & Davies, 2007). Påverkan på recipienten beror på flera olika faktorer, exempelvis nederbördens sammansättning och pH-värde, markanvändningen i det berörda området, nederbörds mängd, varaktighet och intervall samt storlek och typ av recipient (Va-verket, 2001, s. 23-25). Detta kräver att dagvattnet omhändertas och renas på ett korrekt sätt för att inte recipienten skall förorenas.

I dagsläget används olika system för att omhänderta dagvatten i städer. En lösning är ett kombinerat system, vilket innebär att både spillvatten och dagvatten leds i samma

ledning till reningsverk, och detta används ofta i stora städer (Butler & Davies, 2007, s. 18-19). Exempelvis är reningsverket i Göteborg inte gjort för att rena dagvatten i första hand. Där bryts inte dagvattnets metaller ner i reningsverket. Metallerna går antingen ut med det renade vattnet eller hamnar i slammet. Vid stora skyfall överbelastas avloppssystemet så att vattnet måste ledas ut genom bräddavlopp, alltså direkt till recipienten. Men inte ens det vatten som kommer till reningsverket blir helt rent då det ökade dagvattenflödet hämmar möjligheten till rening. Regnvattnet blandas med spillvattnet och resultatet blir att det kan innehålla mer föroreningar efter reningsverket än innan det blandades med spillvattnet, enligt Ann Mattsson, avdelningschef på Gryaab. Eftersom reningsverken inte lyckas rena vattnet helt leds föroreningar ut i recipienten och sprids vidare i miljön. Väljs istället lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) minskar risken för överbelastning i ledningsnäten och föroreningsmängden i recipienten minskar då föroreningen förblir lokal. Anläggs till exempel dagvattenhanteringssystem där föroreningen tillåts att sedimentera kan förorenat sediment rensas bort vid behov (Linderstad et al., 2003, s. 46).

Denna rapport fokuserar på att värdera dagvattenlösningar för ett fritidsstugeområde i Lilleby, nordväst om Torslanda. Här planeras byggnation av cirka 80 fritidsstugor samt en gemensamhetslokal (Hjelte, 2014, s. 3). Göteborgs Stad har tagit fram ett förslag till en detaljplan för camping och stugby i Lilleby. Enligt den upprättade genomförandebeskrivningen skall dagvattnet inom området omhändertas lokalt. Detaljplanen innehåller förslag på var dagvattendammar skulle kunna placeras. Göteborgs Stad är dock intresserade av att se vilka andra möjligheter som finns till dagvattenhantering och som skulle kunna appliceras i området.

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med studien är att jämföra olika typer av möjliga lösningar på dagvattenhanteringen för fritidsstugområden, med Lilleby som ett fallstudieområde, samt presentera ett förslag på hållbart dagvattensystem för området.

I rapporten utreds möjliga och hållbara dagvattenlösningar utifrån följande kriterier:

- Ekonomiskt
- Miljömässigt hållbart
- En estetiskt tilltalande gestaltning

Rapporten fokuserar på tre delområden i stugområdet i Lilleby. Dessa är parkeringen, områdets vägar och takavrinning. Hur kan dagvattnet hanteras på bästa sätt i dessa tre delområden, utifrån de tre nämnda kriterierna ovan?

## 1.3 Metod

Studiebesök har genomförts på platsen för att få en bättre uppfattning av området, dess topografi och nuvarande vattenflöden. Genom litteraturstudier har information om olika typer av lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) inhämtats. Den dagvattenutredning som utförts av Ramböll (2012) har också lästs och utvärderats. De beräknade värdena på vattenflöden, utifrån Rambölls rapport, står till grund för denna rapport dimensioneringar. Därefter har en jämförelse gjorts mellan Rambölls förslag på dagvattensystem och det system som författarna sammansatt. Slutligen har

jämförelsen utvärderats med hjälp av multikriterieanalys, MKA, som utfördes genom en enkätundersökning för att resultatet skulle grunda sig på flera olika aktörers kunskande.

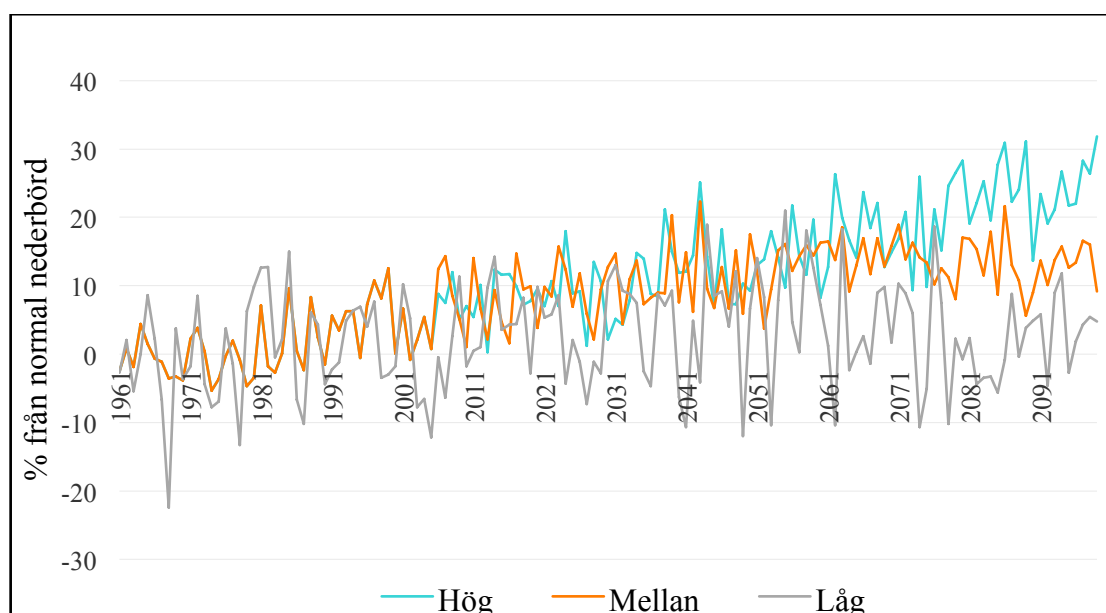
## **1.4 Avgränsningar**

Rapporten redogör för dagvattenhanteringen i det planerade fritidsstugområdet, den östra delen av den föreslagna detaljplanen. Olika alternativ och möjligheter till dagvattenhanteringen i området har studerats och fokus har varit på dagvattnet från parkeringen, områdets vägar och hustak utifrån punkterna som är specificerade i syftet. De dagvattenlösningar som redovisas är sådana system som används i dagsläget. Dessutom har en mindre omfattande ekonomisk jämförelse genomförts för att jämföra liknande system och välja det mest ekonomiskt hållbara. Övriga kriterier som ofta ingår i en MKA såsom kulturellt-, tekniskt- och biologiskt värde har uteslutits i denna rapport.

## 2 Dagvattenhanteringssystem

En anledning till att dagvattenhantering är viktigt är den globala uppvärmningen som leder till förändrat klimat, exempelvis temperatur- och nederbördsförändringar. Huvudorsaken till denna förändring beror i stor utsträckning på koncentrationsökning av växthusgaser, som till viss del beror på naturliga orsaker, men mest på mänsklig aktivitet (Butler & Davies, 2007, s. 90-91).

Tre olika nederbördssimuleringar med hög, mellan och låg miljöpåverkan har gjorts av SMHI. Hög innebär att nuvarande klimatpolitik fortgår, mellan innebär att ta fram strategier för att stabilisera växthuseffektsförändringen, och låg innebär att drastiska åtgärder genomförs för en avtagande klimatpåverkan från 2020 (SMHI, 2016a). Hög och mellan är baserade på nio olika klimatmodeller, låg endast på tre, och därför skiljer sig mätvärdena före 2005. Trenden i samtliga simuleringar visar på en trolig ökning av nederbörd i Sverige (Figur 1).



Figur 1: Beräknad förändring av årsnederbörden, vid låg, mellan och hög klimatpåverkan, i förhållande till det normala medelvärdet (1961-1990) i % från år 1961 till 2100. En sammanställning av data från SMHI.

I följande avsnitt beskrivs de dagvattensystem som omnämns i den studerade litteraturen utifrån dess funktion och effekt på kvantitet och kvalitet på dagvattnet.

### 2.1 Biofilter/regnbäddar

De dagvattenhanteringssystem där växter hjälper till att rena dagvattnet kallas ofta biofilter eller regnbäddar. Denna typ av rening sker genom att växterna tar upp och/eller bryter ner föroreningar. Vegetation ökar avdunstningen och har positiva effekter på områdets biologiska mångfald (Lindfors, Bodin-Sköld, Larm, 2014, s. 8). Dagvattenföroreningar är ofta bundna till partiklar och avskiljs effektivt i biofilter genom sedimentering och filtrering genom jordbädden.

I biofilter står växterna för 5–10 % av reningen och resterande rening sker genom infiltration. Därför är det viktigt att välja växter efter klimatzon snarare än ur reningssynpunkt. Växterna är ändå nödvändiga då de motverkar erosion och bevarar infiltrationskapaciteten. De rekommenderade växterna är robusta grässorter som klarar både stora vattenmängder och torka. Reningensgraden minskar något då låga temperaturer råder och då salthalten i dagvattnet är högt, men enligt studier kan reningensgraden av metaller uppgå till 80–90 % (Adielsson, 2015).

Biofilter renar fosfor väl men är sämre på att rena dagvattnet från kväve. Kväverening kräver att syrefria förhållanden råder i vattnet vilket det oftast inte gör i biofilter (Lindfors et al., 2014, s. 8). Reningen i biofilter sker på naturlig väg genom, fysikaliska-, biologiska-, kemiska- och mekaniska processer och effektiviteten för ett specifikt biofilter påverkas av dagvattnets kvantitet och kvalitet (Luleå Tekniska Universitet, 2010).

### 2.1.1 Regnbäddar

Denna dagvattenlösning har många olika benämningar exempelvis rain gardens och bioretention, men i denna rapport kommer termen regnbäddar att användas. Regnbäddar är en typ av biofilter där dagvatten renas genom infiltrering, sedimentering, sorption till jordpartiklar, upptag av vegetation samt mikroorganismer. Det finns system som både liknar gräsmattor eller rabatter och som är på marknivå eller som är upphöjda (Figur 2). Tanken är att vattnet leds till regnbädden där det infiltreras och renas (Cuaran & Lundberg, 2015). Beroende på jordens kvalitet finns det flera varianter på system men funktionen är likvärdig. Anläggningen är gjord för att kunna ta emot stora mängder vatten som också kan bli stående i bädden. För att regnbädden inte ska förstöras vid extrema vattenmängder installeras ett bräddavlopp som leder bort det överskottsvatten som systemet inte kan omhänderta (Lindfors et al., 2014, s. 33-39). Tillgången på vatten kan variera kraftigt och därför bör växter och jord väljas med omsorg.



Figur 2: Regnbädd. Författarnas egen bild.

## 2.1.2 Gröna tak

För att fördröja avrinningen från hustak kan de täckas med vegetation (Figur 3). Utformningen av gröna tak kan variera i växtlighet och tjocklek. Gröna tak kan vara beklädda med exempelvis sedum, gräs, olika typer av mossor, buskar och träd (Werthmann, 2007). De olika växttyperna tål uttorkning olika bra och beroende på vilken typ av vegetation som används påverkas takets tjocklek. Ett sedumtak är vanligtvis 30–40 mm tjockt och är placerat på en tät bitumenmatta. På den tjocka bitumenmattan ligger ett dränerande lager och därpå växer någon typ av vegetation.

Förutsättningar för att kunna ha grönt tak är att taklutningen inte är för brant, för att vattnet skall hinna infiltrera samt för att undvika erosion. Infiltrationsförmågan för olika taklutningar har i studier visat sig variera stort (Getter, Rowe, Andresen, Jeffrey, 2007). Enligt tillverkaren Vegtech är den rekommenderade lutningen för gröna tak 0–27 grader. Gröna tak kräver också att byggnadens bärande konstruktion tillåter det. Vikten för ett sedumtak skiljer sig inte markant från konventionella tak. Ett normalt sedumtak väger 40–60 kg/m<sup>2</sup> vilket kan jämföras med betongtakpannor som väger ca 50 kg/m<sup>2</sup> (Stahre, 2006, s. 24).



Figur 3: Grönt tak på cykelskjul. Författarnas egen bild.

Ett grönt tak ger även isolerande effekter och växterna skyddar den underliggande bitumenmattan från UV-strålning vilket ger taket en förbättrad livslängd. Ett problem som ofta nämns i samband med gröna tak är dock risken för fuktskador vilket det, enligt Stahre, inte finns några bevis för (Stahre, 2006, s. 24).

I en studie av Lindfors et al. (2014, s. 17) har gröna tak visat sig vara ett effektivt sätt att fördröja avrinningen. Enligt rapporten kan ett 50 mm tjockt sedumtäckt tak fördröja den årliga avrinningen med ca 50 %. En förutsättning för att gröna tak skall fungera i längden är att följa tillverkarens anvisningar och skötselråd.

## 2.2 Genomsläpplig mark

Det effektivaste sättet att omhänderta dagvatten är att maximera genomsläppliga ytor (Booth & Charlesworth, 2014, s. 258). I permeabel eller genomsläpplig mark kan vatten infiltrera i marken och ytavrinning från hårdgjorda ytor minskar. Beläggningsen har ingen renande funktion, om den inte delvis består av gräs. Ett sätt att öka reningsgraden är att anlägga makadammagasin och dräneringsrör under beläggningsen för att möjliggöra uppsamling och rening av dagvattnet. Det bidrar även till att spridningen av föroreningar minskar. Olika markbeläggningar har olika typer av funktioner såsom rening, infiltration, avdunstning, erosion och påfyllnad av grundvatten (Lindfors et al., 2014, s. 17).

### 2.2.1 Gräsmattor

För dagvattenhantering i exempelvis villaområden, där de flesta tomter har gräsmattor runt huset, kan man utnyttja dessa ytor för infiltrering av takvatten. Gräsmattor har en god förmåga att infiltrera dagvatten och jämnar ut flödet och minskar mängden vatten till recipienten (Lindfors et al., 2014, s. 15). Beroende på jordens sammansättning under gräsmattan varierar infiltrationsgraden. Enligt Stahre (2006) behövs det cirka två gånger så stor yta gräs som tak för att infiltrera dagvattenmängden. Några saker som bör beaktas, enligt Stahre, är att vattnet från taket måste ledas bort minst två meter från huset, för att inte skapa fuktproblem. Ledningen behöver också ha en lutning på 1:10 av samma anledning. Det dagvatten som inte infiltreras vid långvarig nederbörd bör ledas bort från gräsmattan för att undvika pölar och erosion. Det är då viktigt att det bortledda vattnet inte blir till olägenhet för grannar.



## 2.2.2 Permeabel beläggning, rasterytor

En permeabel beläggning är en infiltrationsvänlig yta, såsom gräs eller grus som samtidigt är en hård och lättframkomlig yta, såsom asfalt. Det finns flera varianter av permeabla beläggningar, till exempel armerat gräs bestående av plastgaller som man låter gräset växa emellan och som klarar laster från fordon. En liknande beläggning är betongplattor i olika geometriska former som skapar hålrum där gräs ofta tillåts växa (Stahre, 2006, s. 28) (Figur 4).



Figur 4: Rasteryta. Författarnas egen bild.

Permeabel asfalt är en annan typ av genomsläpplig beläggning där den fina fraktionen tagits bort i asfalten så att den blir porös. På grund av porositeten släpps vattnet genom och infiltreras i den underliggande marken, som oftast är en underbyggnad av grus eller annat infiltrationsvänligt material. Permeabel asfalt har något sämre hållfasthet än vanlig asfalt och klarar därmed inte lika tunga fordon. Därför fungerar det bättre att använda på mindre trafikerade vägar. Livslängden för permeabel asfalt är ca 15–20 år (Stahre, 2006, s. 40). En annan permeabel beläggning är grusbelagda vägar. Ytskiktet bör ta hänsyn till tillgängligheten för exempelvis rullstol och rollator.

## 2.3 Magasinering

Magasineringssystem har som primär funktion att samla upp och behålla vatten vid kraftiga skyfall och därmed minska risken för översvämning. Magasinering under mark kan också ha en renande effekt beroende på val av magasin och genom sedimentation. Från de underliggande magasinerna leds sedan vattnet till recipienten genom ett utlopp som är dimensionerat för att skapa ett tillfredsställande flöde i det efterkommande diket eller ledningen. För en ökad rening kan man förse utloppet med reningsfilter och därmed omhänderta föroreningar (Lindfors et al., 2014, s. 25). Magasinering ovan mark har som primär uppgift att lagra vatten men vattnet kan med fördel användas till bevattning (Stahre, 2006, s. 36).



### 2.3.1 Dagvattendamm

Dagvattendammar är en öppen och synlig systemlösning (Figur 5). Det finns både dammar som torkar ut mellan regnperioderna och dammar som alltid har en vattenspegel. När dagvattendammar projekteras är säkerheten viktig för att förhindra olyckor. Som exempel på olycksförebyggande åtgärder anger Stahre (2006) flacka strandkanter och någon typ av barriär närmast vattnet om en vägsträckning är placerad nära kanten.

Ett vanligt problem i dagvattendammar är uppkomsten av algväxter. Stahre (2006, s. 46) föreslår flertalet förebyggande åtgärder:

- Möjlighet att kunna tömma dagvattendammen genom bottenutsläpp
- Genom biofilter vid inloppet avskilja näringsämnen
- Installera cirkulationspump eller fontän för att öka syresättningen
- Plantera buskar och träd runt dammen för att minska solinstrålning direkt på vattenytan

Dagvattendammar har en renande funktion genom sedimentation av partiklar och därtill bundna föroreningar. För att få en så effektiv damm som möjligt är utformningen viktig (VA-verket, 2001, s. 27-28).

Man strävar också efter att skapa avlånga dammar då dessa är mer effektiva jämfört med cirkulära dammar. Utifrån studier på dagvattendammar har man kommit fram till att vattnet hinner renas till högre grad om det passerar en långsträckt damm jämfört med en cirkulär då delar av den cirkulära dammen har "döda zoner", det vill säga zoner där vattnet inte rör sig och bidrar därmed inte till rening och sedimentering av nytt dagvatten (Pettersson, 1999, s. 35).

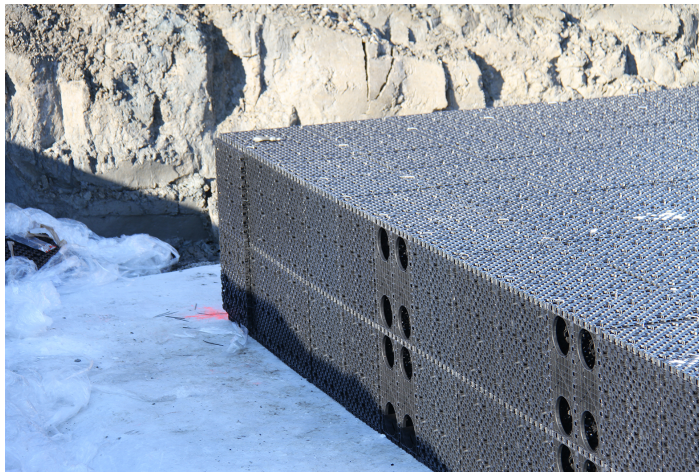


Figur 5: Dagvattendamm. Författarnas egen bild.

### 2.3.2 Magasinering under mark

Ett effektivt sätt att omhänderta kraftiga och ihållande regn som skapar stora vattenflöden kan vara att magasinera dagvatten under markytan i kassettmagasin, makadammagasin eller dagvattenkammare. De tre systemens huvudfunktion är densamma; att fördröja och förvara dagvatten men reningen varierar.

Kassettmagasin är kassetter i polypropen omslutna av geotextil som tillåter vatten att röra sig mellan den omgivande marken och magasinet, textilen förhindrar jord att tränga in i kassetterna (Figur 6). Systemet är utrymmeseffektivt då man räknar med att det kan omhänderta 96 % vatten av sin fulla volym. Ingen rening sker (Lindfors et al., 2014, s. 25-27).



Figur 6: Kassettmagasin med spolkanaler (Bick, 2016).

Dagvattenkammare är kammare, liknande stora rör i polypropen, ofta omslutna av en geotextil och placerade på ett hårt packat makadamlager som sedan täcks över av makadam (Figur 7). Detta bildar en mycket stabil yta som kan bära stora laster genom de makadampelare som bildas mellan rören. Denna typ av magasineringssystemlösning renar eller filtrerar inte dagvattnet, dock kan slam som samlas i magasinen efter en tids användning komma att filtrera vattnet (Lindfors et al., 2014, s. 26).



Figur 7: Dagvattenkammare/rörmagasin (Bick, 2016).

Makadammagasin är en annan typ av magasinering under mark. De installeras på samma sätt som ovan nämnda magasin, med en omslutande geotextil och består därefter endast av makadam. Denna typ av magasin är inte lika platseffektiv då de endast kan omhänderta 30 % vatten av sin totala volym. Däremot sker rening av dagvattnet i denna typ av magasin, då det infiltreras i omkringliggande mark och sedimenteras (Adrian, 2015, s. 6).

### 2.3.3 Regnvattentunnor

Uppsamlingsstunnor för avvattning av tak är en metod som gör att dagvattnet kan användas som en extra resurs exempelvis till bevattning, toalettpolning eller som resurs vid brand (Stahre, 2006, s. 36). Vid stora regn är kapaciteten för regnvattentunnor inte tillräcklig för att omhänderta allt takvatten. Därför måste ett bräddavlopp finnas i tunnan som gör att vattnet inte skadar huset vid stora dagvattenmängder. För att minska flödestoppar måste regntunnorna tömmas, vilket med fördel görs genom ett utlopp i tunnans nedre kant. Önskas möjlighet att använda dagvattnet till bevattning kan detta utlopp placeras högre upp i tunnan (Figur 8). Regnvattentunnor kombineras med fördel med andra dagvattensystem, såsom gröna tak och/ eller infiltrering i gräsmatta.



Figur 8: Regnvattentunnor (Plast inject watersystem, 2016).

## 2.4 Öppen avledning

Öppen avledning innebär att vatten leds ovan mark över ytor och i kanaler, i motsats till traditionella slutna system med ledningar i mark (Stahre, 2006). Avledning kan ske mot ett gemensamt dike eller liknande, och därifrån leds vattnet vidare till recipienten. Denna yta kan både vara permeabel eller hårdgjord. Öppen avledning kan också ske i naturliga och anlagda bäckar, diken, rännor och kanaler. Denna rapport har valt att fokusera på avledning i form av ett anlagt dike. Ett dike kan utformas både med och utan stående vatten. Vattnet kan till viss del renas vid infiltration och sedimentation men vid stora regnmängder är flödet för högt för att föroreningar ska kunna sedimenteras. Diket skapar också fördröjning av vattnet och önskas större

fördröjning kan man förse diket med hinder eller på annat sätt strypa framfarten av vattnet (Lindfors et al., 2014, s. 28).

Diken lämpar sig bra för att avvattna stora ytor. Viktiga faktorer för att avvattningen skall fungera optimalt är att avvattningsytan har en lutning mot diket som säkerställer ett jämnt flöde för att undvika erosion. Normalt absorberar diken allt dagvatten men vid stor och ihållande nederbörd kan dikena vattenfyllas (Stahre, 2006, s. 50).

När diken bildas i naturen letar de sig fram för att hitta den mest naturliga vägen till recipienten. När man exploaterar mark och skapar hårdgjorda ytor kommer det ökade dagvattenflödet i stor utsträckning vilja ta samma väg som de ursprungliga flödena. Det finns dock vissa aspekter man måste beakta, en befintlig bäck har sällan kapacitet att transportera ett ökat flöde, ökar flödet för mycket kan det leda till att marken eroderar och att bäcken svämmar över längre nedströms. Man måste alltså observera hela bäcken och inte bara den del som leder genom ett nytt område (Stahre, 2006, s. 52).

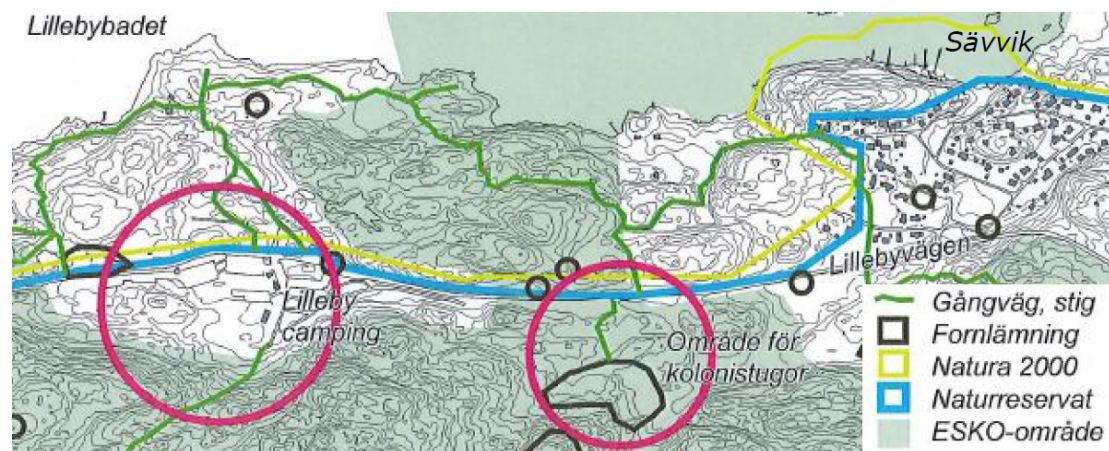
En bäcks positiva kvalitéer är också det naturliga och fridfulla i att se vatten glida fram och höra det porla. Vattnet ger en rofylld känsla och det skapar en vacker brytning i terrängen (Stahre, 2006, s. 52).

Anlagda diken kan utformas på olika sätt och de har därför också många olika benämningar, till exempel svackdike, resorbtdike och biodike. Gemensamt är att rening sker genom infiltration, växtupptag och biologiska processer, liknande biofilter. Uppbyggnaden av de nämnda dikena är lika på det sätt att de alla är täckta med någon typ av vegetation med underliggande jordlager och makadamlager med dräneringsrör. Vegetationen som täcker diket har förmåga att fördröja och rena dagvatten. För att undvika erosion och för att möjliggöra skötsel av gräsbeklädda diken med maskin bör diket ha en maximal lutning på cirka 7 grader (Stahre, 2006, s. 50). Jordlagrets tjocklek varierar i olika typer av systemutformning och ett tjockare lager ger en ökad rening. Det underliggande makadamlagret varierar också i tjocklek och avvattningen härifrån sker via dräneringsrör eller perkolation, det vill säga att vattnet tränger ner genom porer och sprickor i marken (Lindfors et al., 2014, s. 11-12).



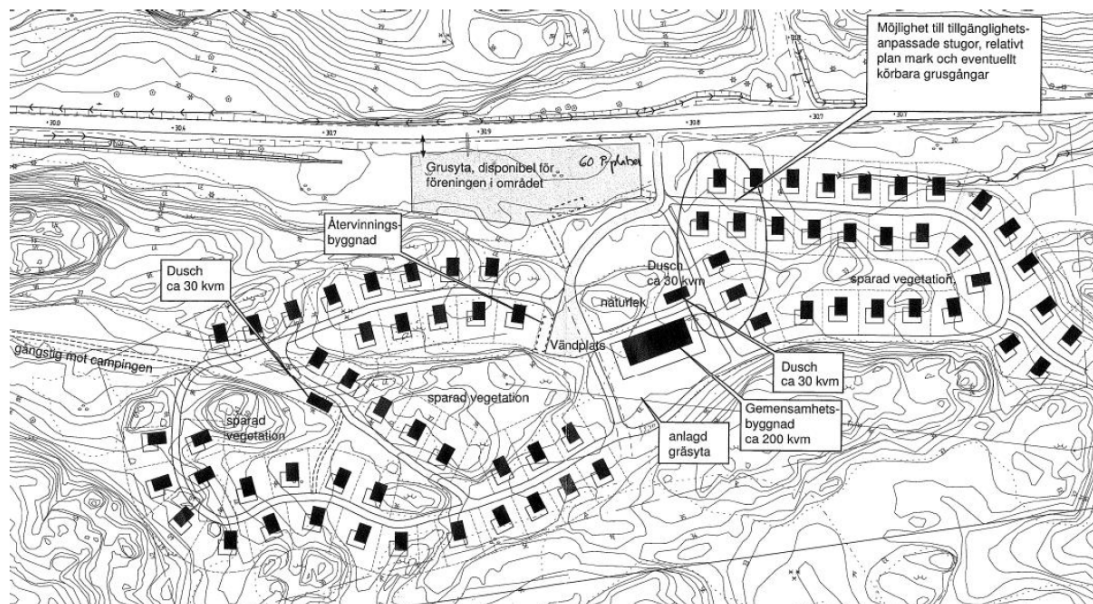
### 3 Fallstudieområdet Lilleby

Lilleby är ett litet samhälle beläget cirka två mil nordväst om centrala Göteborg, i nära anslutning till havet och en badplats. Nordost om området finns ett villaområde. Planområdet består i dagsläget av en camping i väster, där möjlighet för husvagnsplatser och tältning finns. De östra delarna av planområdet, som denna rapport behandlar, består i dagsläget av skog. Under vinterhalvåret är det få utomstående som besöker platsen medan det under sommaren är en märkbar ökning av antalet fordon och människor. I området finns flera fornlämningar och närliggande omgivning innefattas av både naturreservat och Natura 2000 eftersom det är ett naturkänsligt område (Figur 9). I utloppet från Nordre älv, som mynnar ut i havet strax norr om området, finns skyddsvärda sötvattens- och havsvattendjur då mötet mellan det söta och salta vattnet skapar en speciell miljö (Länsstyrelsen, 2016).



Figur 9: Översiktskarta där bland annat Natura 2000-område, naturreservat, ekologiskt särskilt känsliga områden (ESKO) är markerade (Ramböll, 2012)

Exploateringen kommer innebära att den naturliga marken förses med cirka 4300 m<sup>2</sup> hustak, en parkering för 80 bilar vilket motsvarar 2000 m<sup>2</sup>, vägar inom området samt trädgårdar (Figur 10). En förutsättning för exploatering är att vattenflödet i områdets befintliga dike inte får öka (Ramböll, 2012). Det innebär att dagvattnet måste fördröjas inom området innan det leds till diket, som leder vattnet till recipienten.



Figur 10: Skiss över planerat fritidsstugeområde, Lilleby (Ramböll, 2012)

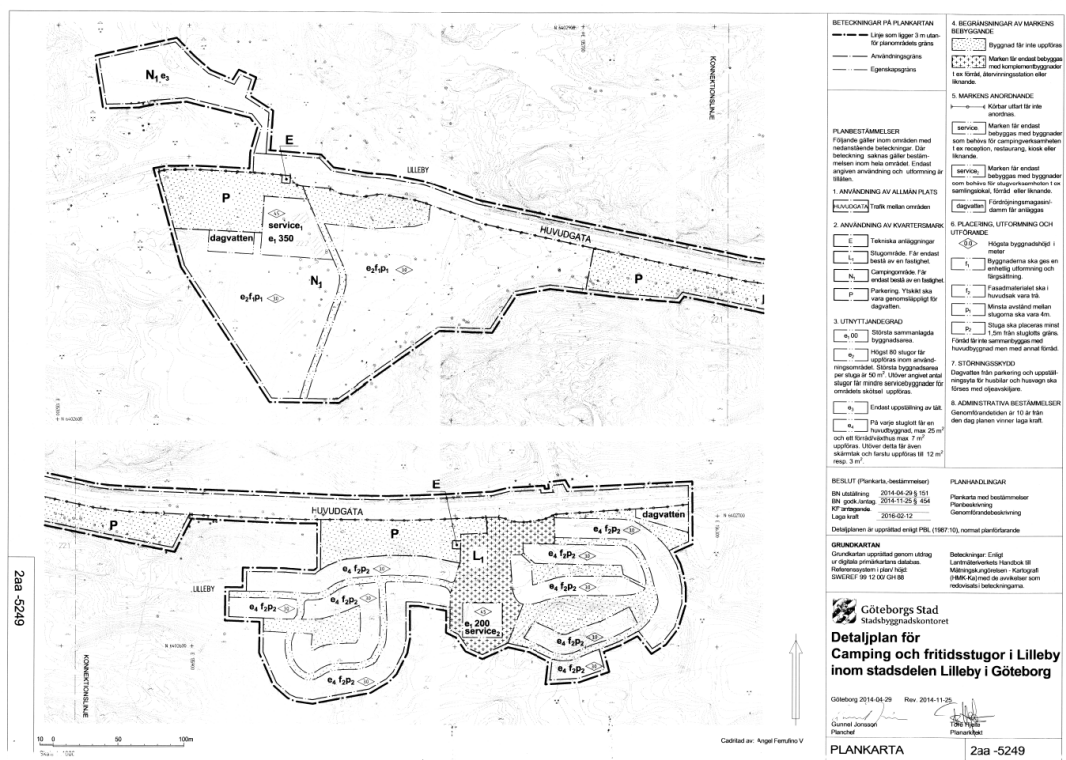
### 3.1 Områdets förutsättningar

En geoteknisk undersökning som genomförts av WSP visade att marken består av några decimeter mulljord och därefter 0–1 meter sand innan lera, i den lägst belägna delen av området, närmast vägen. Provboringar i området visade att det är mellan 5–8 meter lera innan berg påträffas i de norra delarna, medan det i den södra delen av området finns flera partier med berg i dagen. Området är lätt kuperat och beklätt med buskar och träd (Engström, 2011).

En dagvattenutredning för området har tagits fram av Ramböll. Där har fastställts att flödet i bäcken som leder till recipienten inte får öka. Med ett 10-års regn och de ökade hårdgjorda ytorna är volymen vatten som måste fördröjas  $295 \text{ m}^3$ , detta med en inkluderad marginal på 25 %. Rambölls förslag är att anlägga en öppen dagvattendamm och svackdiken som leder vattnet till dammen för att skapa fördröjning och därmed naturlig rening genom sedimentation och växters rening (Ramböll, 2012).

#### 3.1.1 Parkering

Parkeringen, som kommer att placeras närmast vägen, ska rymma cirka 80 bilar, vilket motsvarar cirka  $2000 \text{ m}^2$ , eftersom ett bilfritt område eftersträvas (Göteborgs Stad, 2014a). Enligt Rambölls rapport behöver avrinningen från parkeringen renas med oljeavskiljare innan det leds vidare mot recipienten (Ramböll, 2012). Enligt detaljplanen skall parkeringen förses med permeabel beläggning (Figur 11).



Figur 11: Detaljplan (Göteborgs Stad, 2014b).

### 3.1.2 Hustak

Enligt detaljplanen får 80–85 stugor uppföras inom området (Figur 11). Största tillåtna yta på huvudbyggnaden är  $25 \text{ m}^2$  på respektive tomt. Utöver detta är det tillåtet att uppföra förråd eller växthus med en yta på  $7 \text{ m}^2$ , ett skärmtak/altan på  $12 \text{ m}^2$  och en farstu på maximalt  $3 \text{ m}^2$ . Förråd skall vara en separat byggnad och får inte slås ihop med annan byggnad. Högsta tillåtna byggnadshöjd är 3 m och torpargrund rekommenderas som grundläggningsmetod för stugorna. Fasadmaterial skall i huvudsak vara trä (Göteborgs Stad, 2014b).

En servicebyggnad med maximal byggnadsarea på  $200 \text{ m}^2$  kommer att uppföras. Högsta tillåtna byggnadshöjd är 6 m. I anslutning till parkeringen tillåts kompletterande gemensamhetsbyggnader uppföras, exempelvis återvinningsstation och förråd (Göteborgs Stad, 2014b).

### 3.1.3 Vägar

Området skall vara tillgänglighetsanpassat och vägarna skall vara körbara för brandfordon. Möjlighet för i- och urlastning vid stugorna skall också finnas. Något som framkommit under litteraturstudien är att vägarna enligt detaljplanen skall bestå av ett permeabelt ytskikt (Figur 11). Med detta krav anses inte vägarna behöva utrustas med något kompletterande dagvattensystem och har därför inte studerats vidare i denna rapport.

## 4 Metod för multikriterieanalys (MKA)

Multikriterieanalys (MKA), eller Multi-criteria decision analysis (MCDA), används för att rangordna olika alternativa lösningar på ett problem, i förhållande till varandra. MKA är ett verktyg för att strukturera ett komplext problem och utvärdera en valsituation. Genom att dela upp problemet eller valsituationen i flera mindre delar, som kopplas ihop med fakta och omdömen, ges en mer övergripande bild av problemet (DCLG, 2009, s.46). För att åstadkomma ett korrekt resultat är det viktigt att kriterierna och underkriterierna är oberoende av varandra för att inte dubbelräknas (Naturvårdsverket, 2009). Resultatet från en MKA beror på vilka beslutsfattare, experter, forskare etcetera som deltar med sin bedömning och kunskap i undersökningen. En multikriterieanalys kan göras på flera olika sätt. Vilken metod som väljs beror på vilka olika valmöjligheter som finns, tillgång av data, tid att genomföra analysen och analytiska färdigheter (DLGC, 2009, s. 19).

En MKA görs vanligen i ett antal steg. Denna studie har valt att ha Department for Communities and Local Government (DLGC) process som grund men viss modifiering har gjorts för att anpassa analysen till denna studie. Analysen består av åtta steg vilket kortfattat beskrivs nedan (DLGC, 2009).

### 1 Identifiera problemet och syftet med en multikriterieanalys. Vilka intressenter och andra nyckelpersoner finns?

Projektet startas med att ta reda på vad problemet är och varför det väljs att lösas med en MKA. Det tas också reda på vilka som påverkas av projektet på något sätt, både beslutsfattare och privatpersoner.

### 2 Identifiera möjliga lösningar

Utifrån litteraturstudier tas flertalet möjliga lösningar för problemet fram. Varje alternativ studeras övergripande och de lösningar som kommer att undersökas vidare i MKA:n väljs ut i detta steg.

### 3 Identifiera och motivera de olika kriterierna

I en MKA kan flera olika kriterier studeras samtidigt och viktas mot varandra. I denna punkt väljs de kriterier ut som anses speciellt betydelsefulla för problemet. För att begränsa arbetet väljs ett hanterbart antal kriterier ut och motiveras.

### 4 Beskriv förväntad effekt för respektive val av lösning och kriterium

I detta steg i MKA:n utvärderas och beskrivs varje lösning och dess kriterier för att stå till grund för poängsättningen av de olika kriterierna. Utifrån kriteriernas beskrivning görs en sammanfattning av varje lösning.

### 5 Ge varje kriterium poäng för att avgöra dess värde/viktighet

I enkätundersökningen får den utvalda förfrågningsgruppen, med kunskaper om dagvatten, ge respektive lösningar och kriterier poäng på skalan -2 till +2. Skalans siffror kan i ord beskrivas som, mycket negativ effekt, negativ effekt, neutral, positiv effekt och mycket positiv effekt.



## **6 Beräkna den totala poängsättningen**

Från enkätutskickets inhämtade data sammanfattas förfrågningsgruppens totala poängsättning och bedömning för respektive dagvattensystem. Utifrån resultatet ges en bild av intervjugruppens samlade bedömning av de olika systemen.

## **7 Redovisa och utvärdera resultaten**

Den totala poängsättningen från enkätundersökningen redovisas i överskådliga diagram och utvärderas. Är förfrågningsgruppens bedömning samstämmig, varför/varför inte? Syns några mönster i respondenternas svar?

## **8 Gör en känslighetsanalys**

I analysarbetet jämförs alla kriterier, det vill säga de anses ha samma vikt. Genom att ge de olika kriterierna olika vikt och fördela faktorer för de olika kriterierna kan en känslighetsanalys genomföras.

# **4.1 Utförande**

För att kartlägga olika aktörers erfarenheter och kompetenser har ett urval av konsulter, forskare på Chalmers tekniska högskola och tjänstemän på berörda förvaltningar i Göteborgs Stad valts ut i samråd med handledare från Chalmers och Göteborgs Stad. De tillfrågade fick delta i en enkätstudie och bidra med sin expertis (Bilaga 1). Totalt har sju personer svarat på enkäten.

## 5 Resultat och diskussion

### 5.1 Val av dagvattensystem

Utifrån litteraturstudien har två system som kan ge hållbar dagvattenhantering i Lilleby valts ut: 1) dagvattendamm och 2) en kombination bestående av gröna tak (sedumtak), regntunnor samt makadammagasin. Nedan beskrivs varje system och deras effekt för kriterierna ekonomi, miljömässig hållbarhet och estetik. Kostnaderna för systemen är ungefärliga. Kostnadsberäkningar finns redovisade i Bilaga 4.

I databasen StormTac har mätvärden för reningsgraden sammanställts för olika dagvattenreningstekniker och i Tabell 1 ses ett utdrag ur databasen. Varje enskild anläggnings förmåga att rena dagvattnet beror på en mängd olika faktorer, exempelvis geografisk placering, utförande, dagvattenflöden samt anläggningens ålder. Därför skall värdena beaktas som schablonvärden.

Tabell 1: Sammanställning av generell reningseffekt (%) för några olika typer av dagvattenanläggningar. Data hämtad från StormTac databas, v. 2014-05 och nyare referenser. Fosfor (P), kväve (N), bly (Pb), koppar (Cu), zink (Zn), kadmium (Cd), krom (Cr), nickel (Ni), polycykliska aromatiska kolväten (PAH16).

Anläggning	Reningseffekt (%)								
	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	PAH16
Våt damm:	55	35	75	65	50	80	60	85	70
Makadamfyllt underjordiskt magasin:	35	45	75	70	70	60	70	55	55
Grönt tak:	-220 <sup>a</sup>	-120 <sup>a</sup>	65	-100 <sup>a</sup>	20	20	25	35	<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Negativ reningseffekt innebär ökning av föroreningar i dagvattnet.

<sup>b</sup> Ingen uppgift

#### 5.1.1 Alternativ 1: Dagvattendamm

Den planerade dagvattendammen, enligt Rambölls dagvattenutredning, föreslås vara 12x36 m, vilket upptar 432 m<sup>2</sup> (Ramböll, 2012). Med en kapacitet att kunna fördröja 295m<sup>3</sup> vatten och alltid ha ett minsta vattendjup på 0,5 m krävs ett medeldjup på 1,2 m, och detta motsvarar en total volym på 520 m<sup>3</sup>. Enligt Ramböll (2012) kostar en dagvattendamm cirka 1200 kr/m<sup>3</sup> att anlägga, vilket motsvarar 624 000 kr i fallet Lilleby. Göteborgs Stad (2016) beräknar däremot kostnaden till ca 500–1000 kr/ m<sup>2</sup>. Detta skulle innebära en anläggningskostnad på 216 000–432 000 kr i Lilleby (Bilaga 4). Underhållskostnaden för en damm uppgår till cirka 20 000 kr/ha och år eller 5–8 % av anläggningskostnaden (VISS, 2015). Den beräknade livslängden för en dagvattendamm är cirka 25 år.

De olika kostnaderna som angetts ovan skiljer sig och kan bero på när och var uppgifterna är inhämtade. Faktorer som markens beskaffenhet kan vara orsaker till att schablonvärdena varierar.

Beroende på dammens utformning, placering och omgivande miljö varierar reningseffekten. I en studie, genomförd av Pettersson m.fl. (1999) vid Chalmers tekniska högskola, undersöktes reningseffekten för två dagvattendammar. Resultatet av studien visade att reningen för kväve varierade mellan 7–33 % och för fosfor 40–74 % mellan olika avrinningstillfällen. Databasen StormTac anger att fosfor renas <55 %, och kväve <35 %. Variationen av reningen av metallerna zink, koppar, kadmium och bly i dammarna som Pettersson m.fl. studerade (1999) var stor. Den ena dammen visade en reningsförmåga för metaller på 30–48 % och den andra 75–88 % (Pettersson, German, Svensson, 1999). StormTac anger att reningen av metaller i en våt dagvattendamm varierar mellan 60–85 %. I en annan studie genomförd vid dagvattendammen i Järnbrott varierade reningseffekten av polycykliska aromatiska kolväten (PAH:er) mellan 30–70 % (Lavieille, 2005). StormTac anger reningen av PAH:er i dammar till <70 % (Tabell 1).

En dagvattendamm ger en vattenspegel som kan bidra till ett naturskönt område. Även den biologiska mångfalden påverkas positivt och bidrar till ett rikare djurliv. Att synliggöra vattnet bidrar även till en ökad förståelse för dagvatten. För att integrera dammen i området och skapa mötesplatser kan exempelvis sittmöjligheter och stigar anläggas i anslutning till dammen.

#### Positivt

- Synligt vatten kan tillföra estetiskt och socialt värde till området
- Bidrar till den biologiska mångfalden
- Relativt billig anläggningskostnad

#### Negativt

- Gör anspråk på yta som skulle kunna nyttjas av de boende eller bebyggas
- Metaller och organiska miljögifter ansamlas i dammen och utgör på sikt en risk för det biologiska livet
- Utgör en risk med öppen vattenyta för barn

### **5.1.2 Alternativ 2: Gröna tak, tunnor och magasin**

Alternativ 2 är ett likvärdigt alternativ till alternativ 1 där samma fördröjningskapacitet är dimensionerat men där makadammagasin är valt i kontrast till den öppna dagvattendammen. För att ändå få in grönska kompletteras magasinet med gröna tak och regntunnor som dessutom är effektiva för att minska flödestoppar. Förslaget är sammansatt av författarna.

Kostnaderna för sedumtak uppgår till ca 300–400 kr/m<sup>2</sup> (Vegtech, 2011). Den takyta som föreslås förses med sedumtak uppgår till 2200 m<sup>2</sup>, vilket innefattar gemensamhetslokalen och 80 hus á 25 m<sup>2</sup>. Det motsvarar en totalkostnad på ungefär 660 000–880 000 kr (Bilaga 4). Olika typer av gröna tak kräver olika mycket underhåll (SMHI, 2016b). Generellt för sedumtak är att de kräver årlig tillsyn och eventuell gödning vilket inte är något komplicerat underhåll enligt tillverkaren Vegtech. Som nämnts tidigare, ger gröna tak isolerande effekt och växterna skyddar den underliggande bitumenmattan från UV-strålning, vilket ger taket en förbättrad livslängd i förhållande till konventionella tak (Stahre, 2006, s. 24). Dagvattentunnor kostar cirka 350 kr styck och varje hus beräknas behöva två tunnor, vilket motsvarar en kostnad på 56 000 kr för hela området.

Livslängden för ett makadammagasin är 15–30 år men det skall underhållas under denna tid med exempelvis bortspolning av sediment. Eftersom makadammagasinet som föreslås i Lilleby är belagt med en permeabel yta är möjligheterna för rengöring begränsad. Mängden slam och sediment som genereras över tid är olika för olika typ av markanvändning (Nilsson, 2013). Göteborgs Stad anger ett schablonpris på 1 000–1 500 kr/m<sup>3</sup> för ett makadammagasin. Det motsvarar en kostnad på 990 000–1 485 000 kr i Lilleby (Göteborgs Stad, 2016) (Bilaga 4). I en utredning från Sweco har kostnaden uppskattats till 500 kr/m<sup>3</sup> för ett makadammagasin (Adrian, 2015) vilket innebär en kostnad på 495 000 kr för Lilleby (Bilaga 4).

Makadammagasin har valts för att undvika användning av plast, som kassetmagasin består av, samt eftersom viss sedimentation och rening sker i makadammagasinet men inte i kassetmagasinet. Utifrån antagandet att kassetmagasin och makadammagasin anläggs på snarlika sätt kan en jämförelse av kostnader göras. Kostnaden varierar mellan 10–80 % för att anlägga makadammagasin i jämförelse med kassetmagasin (Bilaga 4). Det stora spannet på kostnadsförslagen gör det svårt att veta vilket alternativ som är mest kostnadseffektivt. Livslängden för makadammagasin är cirka 25 % av ett kassetmagasins livslängd (Göteborgs Stad, 2016).

Sedumtak och regntunnor bidrar inte till någon nämnvärd rening utan fördröjer endast dagvattnet och minskar flödestopparna. De mätvärden för gröna tak som är negativa i Tabell 1 kan kopplas samman med takets ålder och om och hur mycket det gödslas. Tillförsel av gödning som innehåller kväve och fosfor bidrar till att urlakningen av dessa ämnen från taket inte minskar med tiden (Rydlinge & Widetun, 2014). Likaså har flera metaller förmågan att binda till löst organiskt material (DOC) som lätt urlakas från jordbädden med regnvatten, vilket bidrar till att koncentrationen av koppar ökar i vattnet som rinner av taket (Mullane, Flury, Iqbal, Freeze, Hinman, Cogger, Shi, 2015) (Tabell 1). Däremot sker rening av metaller, PAH:er och näringsämnen, såsom kväve och fosfor i makadammagasinet. I en studie genomförd av Chalmers tekniska högskola i samarbete med Norconsult fastställs att reningsgraden för makadammagasin kan likställas med den rening som sker i dagvattendammar (Nilsson, 2013). I undersökningen visade sig makadammagasin, som testades vid en parkeringsplats i Kungsbacka, rena metaller och kväve med minst 50 %. Reningsförmågan för PAH:er uppgick till 70 % och fosfor 50 % (Novamark AB, 2014, s. 21). Databasen StormTac anger att reningen av fosfor för makadammagasin är <35 % och kväve <45 %, vilket alltså är lägre än Novamarks studie. Likaså anger StormTac ett lägre reningsvärde <55 % för PAH:er.

För det sociala kriteriet bidrar makadammagasin inte till någon förändring, eftersom det kommer att vara dolt under parkeringsytan. Inte heller tunnor kommer att bidra till någon försköning eller mötesplats, men kan ses som en tillgång för bevattning i området om tunnan anpassas för detta. Sedumtaken kan däremot upplevas som trivselhöjande för området, medvetandegöra dagvattenhanteringen samt främja den biologiska mångfalden.

Detta alternativ baseras på eftersträvan om lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) och sedumtak minskar flödestoppar vid skyfall på ett effektivt sätt. Studier har visat att taken kan fördröja 50 % av den årliga nederbörden (Lindfors et al., 2014, s.

17). För att minska topparna ytterligare installeras självtömmande dagvattentunnor invid husen.

#### Positivt

- Makadammagasinet tillför en viss rening genom sedimentation och infiltration i marken
- Gröna tak förlänger takets livslängd då det skyddar från UV-strålning och värmepåfrestning
- Taken och regntunnorna minskar regntoppar och magasinet bevarar dagens flöde nedströms från området

#### Negativt

- Detaljplan kan inte ställa krav på gröna tak och därför är dess yta oviss
- Makadammagasinet kommer på sikt att bli förorenat med metaller och organiska miljögifter
- Mer ansvar för de boende att se över anläggningen

## **5.2 Resultat av MKA**

Nedan följer en sammanfattning av resultatet från den MKA som utförts för området Lilleby. Underrubrikerna baserat på de steg i MKA-processen som presenterats i kapitel 4.

### **5.2.1 Identifiera problemet, syftet med MKA och intressenter**

Exploatering av området leder till en ökad mängd hårdgjord yta. Kravet från kommunen, för att exploatering skall godkännas, är att flödet inte får öka i den befintliga bäcken som leder dagvattnet ut ur området. Alltså måste dagvattnet omhändertas och fördröjas inom området för att uppfylla detta krav.

Syftet med studien är att skapa en dagvattenlösning med fokus på ekonomi, miljö och estetik. Eftersom studien innefattar flera olika kriterier har MKA valts ut som metod för att få en mer överskådlig bild av problemet. Göteborgs Stad projekterar och finansierar exploateringen av området och är således huvudintressenter. Dessutom måste påverkan på naturen beaktas så att den biologiska mångfalden och det skyddade Natura 2000-området inte påverkas negativt. Även de boende i anslutning till området efterfrågar ett till kraven tillgodosett alternativ så att deras fastigheter inte påverkas av en ökad mängd dagvatten.

### **5.2.2 Identifiering av möjliga system**

I dagvattenutredningen föreslås dagvattnet omhändertas med en damm. Detta fördröjer dagvattnet och avrinningsflödet från dammen kan regleras samt att rening av vattnet sker genom sedimentation. Alternativet eftersträvar att skapa ett ekologiskt dagvattensystem och att påverka hydrologin i minsta möjliga mån (Ramböll, 2012).

Utifrån de systemlösningar som studerats i litteratursökningen har en systemkedja föreslagits, med samma fördröjningskapacitet som det förslag Ramböll tagit fram och presenterat. Även detta alternativ eftersträvar minimal påverkan på omgivningen samt sätter ekologin i centrum. Detta förslag består av gröna tak, dagvattentunnor och ett

dagvattenmagasin av makadam under parkeringsytan. Dagvattenmagasinet är valt som kontrast till en öppen dagvattendamm och som ett ytbesparande alternativ. Valet av makadammagasin, istället för kassetmagasin, är för att undvika användning av plast och att makadammagasin även renar dagvattnet, vilket nämnts tidigare.

### 5.2.3 Identifiering och motivering av de olika kriterierna

I studien har tre olika kriterier valts ut och undersökts i samråd med handledare från Göteborgs Stad och Chalmers. Det första kriteriet är ekonomi eftersom exploateringen finansieras med skattemedel och sker i Göteborgs Stads regi. Dessutom är inkomsterna små då områdets tomter arrenderas och upplåts till ett självkostnadspris. Det andra kriteriet är miljön, för att tillgodose kommunens miljökvalitetsnormer och på grund av det intilliggande Natura 2000-området. Eftersom området är speciellt inriktat på rekreation och friluftsliv är de sociala och estetiska värdena också ett kriterium som valts ut.

### 5.2.4 Förväntad effekt för respektive val av system och kriterium

I kapitel 5.1 finns en beskrivning av de olika systemens effekter och i enkätundersökningen i Bilaga 1 finns en sammanställning av fördelar och nackdelar med varje alternativ.

### 5.2.5 Poängsättning för respektive kriterium

I Tabell 2, 3 och 4 har insamlade fakta om respektive lösning och dess kriterier sammanställts i matrisform för att åskådliggöra skillnaderna mellan de olika dagvattenlösningarna.

Tabell 2: Sammanställning av fakta som inhämtats om de ekonomiska kriterierna.

	Ekonomi			
	Upptagen markyta (m <sup>2</sup> )	Installationskostnad (kr)	Underhåll	Livslängd
1. Dagvattendamm	432	216 000 – 624 000	5–8 % av anläggnings- kostnaderna d.v.s. 22 500–36 000 kr	25 år
2a. Gröna tak	0	660 000 – 880 000	Tillsyn och ev gödning	Längre än konvention ella tak
2b. Magasinering	0	495 000 – 1 485 000	Svårt att utföra	15–30 år
2c. Regntunnor	0	56 000	Tas in på vintern	Lång

Installationskostnaden (Tabell 2) för magasinering varierar stort. I dokument, inhämtade från Göteborgs Stad förekommer stor variation i kostnadsförslagen (Adrian, 2015 och Göteborgs Stad, 2016) (Bilaga 4). Detta försvårar en jämförelse mellan system 1 och 2. Utifrån de uppgifter som inhämtats kan dagvattendammen och makadammagasinet ur ekonomisk synvinkel ses som likvärdiga ur livslängdssynpunkt och eventuellt ur prissynpunkt. Installationskostnaden är billigare för dammen men

har en årlig underhållskostnad, vilket magasinet inte har. Regntunnors livslängd står som lång men detta förutsätter att de sköts. Kostnaderna för regntunnor och gröna tak står husägaren för.

Tabell 3: Sammanställning av fakta som inhämtats om de miljömässiga kriterierna.

	Miljö			
	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er
1. Dagvattendamm	50–85 %	35–55 %	Minskar sedimenteringsförmågan	70 %
2a. Gröna tak	-100–65 %	Initialt -120–-220 %	Vattenmättat, ytavrinning	Ingen uppgift
2b. Magasinerings	55–75 %	35–45 %	Magasinerings möjliggör sedimentering	55 %
2c. Regntunnor	Obefintlig	Obefintlig	Obefintlig	Ingen uppgift

Reningsgraden för metaller och näringsämnen (Tabell 3) är mycket lika för dagvattendamm och makadammagasin, sedimentation sker i båda systemen. PAH:er rensas något sämre i makadammagasin än i en damm. Gröna tak bidrar initialt till ökade halter av metaller och näringsämnen på grund av urlakning. Beroende på gödseltyp och gödselintensitet på taken varierar detta värde. I regntunnor sker ingen nämnvärd rening.

Tabell 4: Sammanställning av fakta som inhämtats om de estetiska kriterierna.

	Estetik		
	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området
1. Dagvattendamm	Naturlig mötesplats skapas	Förhöjer	Dagvattnet blir synligt och kan fungera utbildande
2a. Gröna tak	Ingen förändring	Förhöjer	Synligt och kvalitetshöjande
2b. Magasinerings	Ingen förändring	Ingen förändring	Ingen förändring
2c. Regntunnor	Ingen förändring	Negativ	Synligt och användbart till bevattning

Systemen ovan mark bidrar i allmänhet till en ökad kvalitet i området (Tabell 4). Regntunnornas bidrag till försköning varierar beroende på tycke. Eventuellt höjs dess status genom sin bidragande resurs till bevattning.

I Tabell 2, 3 och 4 summeras författarnas egna och subjektiva poängsättning, och Figur 12 visar en sammanställning av medelvärdet av den egna poängsättningen.

Tabell 5: Egen poängsättning<sup>a</sup> av ekonomiska kriterier baserat på författarens kunskaper.

	Ekonomi				
	Upptagen markyta	Installationskostnad	Underhåll	Livslängd	Medelvärde
1. Dagvattendamm	-2	1	-1	1	-0,25
2a. Gröna tak	2	0	0	2	1
2b. Magasinering	2	1	-1	1	0,75
2c. Regntunnor	-1	2	1	0	0,5

<sup>a</sup> Skala: -2=mycket negativt, -1=negativt, 0=neutralt, 1=positivt och 2=mycket positivt

Tabell 6: Egen poängsättning<sup>a</sup> av miljömässiga kriterier baserat på författarens kunskaper.

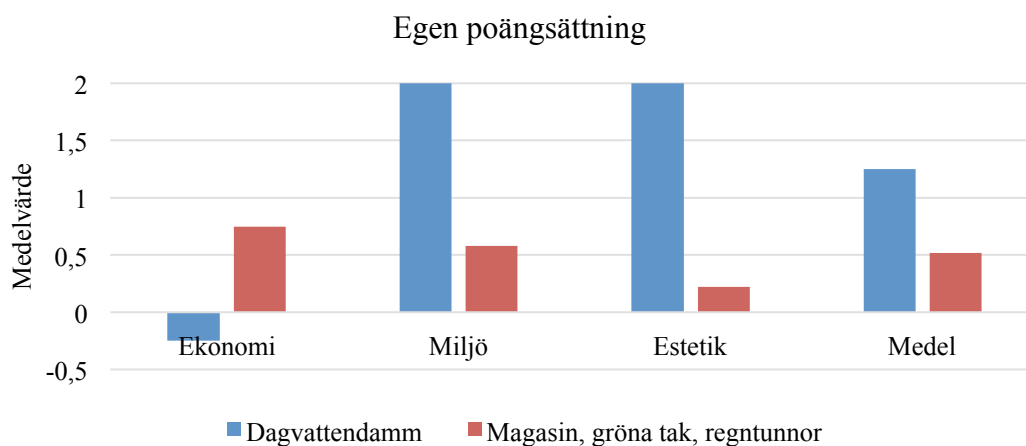
	Miljö				
	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Medelvärde
1. Dagvattendamm	2	2	2	2	2
2a. Gröna tak	-1	1	0	0	0
2b. Magasinering	2	2	2	1	1,75
2c. Regntunnor	0	0	0	0	0

<sup>a</sup> Skala: -2=mycket negativt, -1=negativt, 0=neutralt, 1=positivt och 2=mycket positivt

Tabell 7: Egen poängsättning<sup>a</sup> av estetiska kriterier baserat på författarens kunskaper.

	Estetik			Medelvärde
	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området	
1. Dagvattendamm	2	2	2	2
2a. Gröna tak	0	2	2	1,33
2b. Magasinering	0	0	-2	-0,67
2c. Regntunnor	0	-1	1	0

<sup>a</sup> Skala: -2=mycket negativt, -1=negativt, 0=neutralt, 1=positivt och 2=mycket positivt

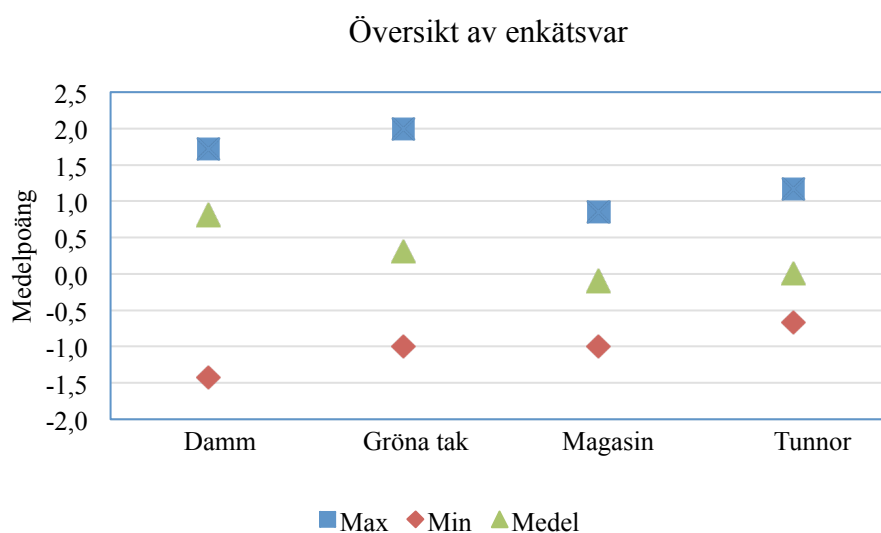


Figur 12: Sammanställning av egen poängsättning baserat på författarens kunskaper.



## 5.2.6 Total poängsättning

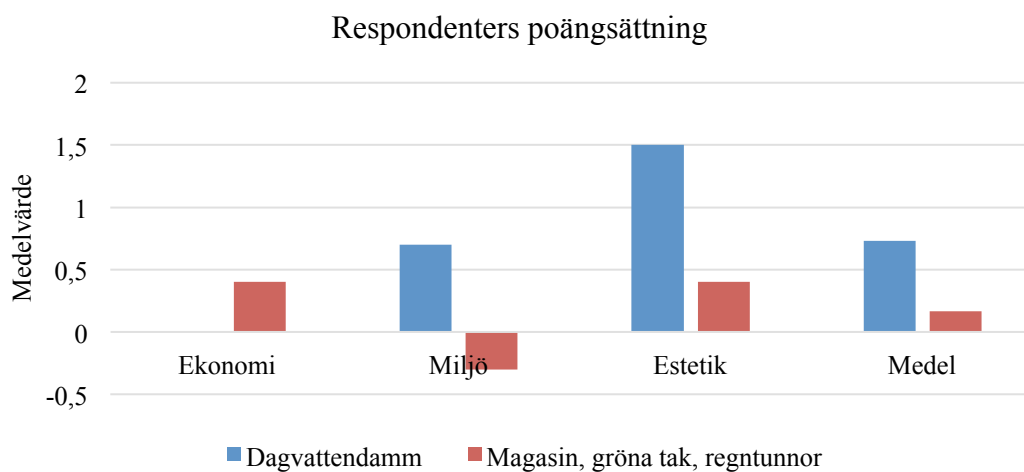
Figur 13 visar medel-, max- och minvärde för den totala utvärderingen av respektive system utifrån respondenternas enkätsvar. I figuren synliggörs att varje system har både för- och nackdelar då exempelvis dammens minvärde representeras av markytan och får -1.43 i medelpoäng och dess maxvärde representeras av livslängden och får 1.71 i medelpoäng (Bilaga 2). I nedanstående underrubriker utvärderas varje kriterium och underkriterier närmre utifrån poängsättningen från respondenterna.



Figur 13: Medelpoängen för ekonomi, miljö och estetisk för respektive dagvattensystem utifrån respondenternas svar.

## 5.2.7 Totalutvärdering av alternativen

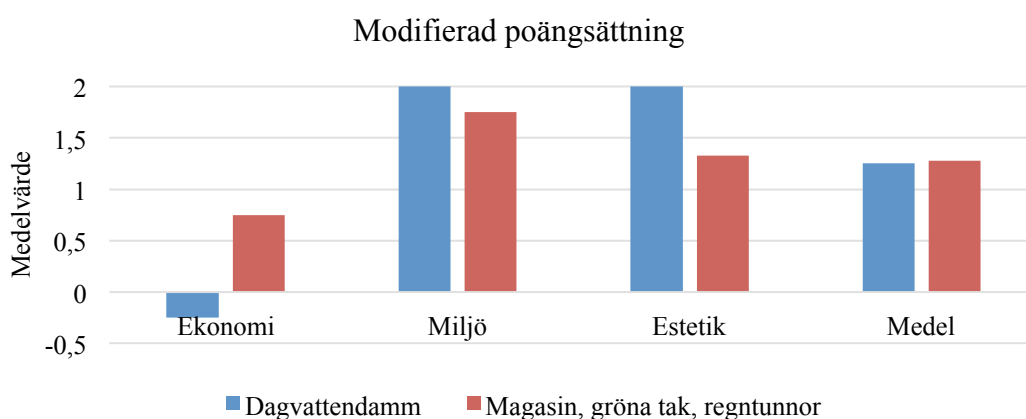
I Figur 14 åskådliggörs en sammanställning av medelpoängen från respondenterna vilka kommer beskrivas mer detaljerat i följande avsnitt.



Figur 14: Medelvärde för respondenternas poängsättning för respektive kriterium och lösning. Alternativet med dagvattendamm fick ett medelvärde noll för ekonomin.

Dammen blev enligt respondenternas svar bästa alternativet följt av gröna tak, tunnor och magasin. Dammen vann då den får höga poäng för sin estetik, men också på de miljömässiga kriterierna. Under de miljömässiga kriterierna bör magasinering och damm få likvärdig poängsättning enligt sammanställningen i Tabell 3.

Att utgå från medelvärdesräkningar på ett system sammansatt av flera delsystem kan bli missvisande eftersom data eventuellt inte hanteras på rätt sätt, exempelvis tar inte alla delsystem hand om lika mycket vatten. I det kombinerade systemet bidrar de gröna taken till en estetisk försköning. Magasinet syns inte och bör därför inte räknas med i estetikens medelvärde utan låta sedumtaken och regntunnorna vara detta systems representant. I Figur 15 åskådliggörs ett test för att se hur resultatet påverkas genom en modifiering av författarnas egen poängsättning som baseras på de fakta som togs fram i rapportens litteraturstudier. I figuren har ekonomin inte ändrats jämfört med Figur 12. Poängsättningen för de miljömässiga kriterierna representeras av makadammagasin och estetikerna av gröna tak. Regntunnorna är inte medräknade eftersom åsikterna om deras estetiska värde är mycket skilda enligt enkäten.



Figur 15: Modifierat medelvärde av författarnas egen poängsättning baserat på fakta från litteraturen. Ekonomin är oförändrad jämfört med Figur 12. Miljön representeras av makadammagasin och estetikerna representeras av gröna tak.

I Tabell 8, 9 och 10 visas en sammanställning av insamlade data från enkätundersökningen. Alla data från enkätundersökningen finns redovisade i Bilaga 2.

### 5.2.7.1 Ekonomiska kriterier

Tabell 8: Total poängsättning<sup>a</sup> och medelvärde från enkäten för de ekonomiska kriterierna.

	Ekonomi				
	Upptagen markyta	Installationskostnad	Underhåll	Livslängd	Medel ekonomi
1. Dagvattendamm	-1,4	0	-0,3	1,7	0,0
2a. Gröna tak	1,6	-1	0,5	1	0,5
2b. Magasinering	0,9	-0,3	-1	0,3	0,0
2c. Regntunnor	0,3	0,9	0,6	0,8	0,7
2. Medel	0,9	-0,1	0,0	0,7	0,4

<sup>a</sup>Skala: -2=mycket negativt, -1=negativt, 0=neutralt, 1=positivt och 2=mycket positivt

I den totala sammanställningen av medelpoängen för de ekonomiska kriterierna (Tabell 8) får alternativ 2 (de alternativa teknikerna) högst poäng, nämligen 0,4. Alternativ 1 (dammen) får medelpoäng 0. Poängen mellan system 1 och 2 skiljer sig marginellt men om underkriterierna studeras var och en för sig ses att upptagen markyta påverkar resultatet markant.

Räknas ett medelvärde ut för hela system 2 ser vi att de ekonomiska underkriterierna för installationskostnad och livslängd får lägre medelpoäng än för alternativ 1. Framför allt är det livslängden för makadammagasinet som sänker medelpoängen kraftigt. Jämförs dagvattendammen och makadammagasinet bör de dock ha samma poäng på livslängden eftersom den är snarlik för båda metoderna (Tabell 5).

För magasin skiljer sig poängsättningen för det ekonomiska kriteriet kraftigt mellan respondenter. Exempelvis för installationskostnaderna går poängsättningen mellan 2 och -2. De positiva svaren kommer främst från konsulter och Miljöförvaltningen och de negativa svaren kommer från forskare (Chalmers) och Kretslopp och vatten.

Från svarsformuläret kan en viss spridning i svaren noteras. Exempelvis varierar poängsättningen för underhållskostnaderna från -2 till 1 för magasinering och för gröna tak och regntunnor varierar poängsättningen mellan -1 och 2. De varierande resultaten kan bero på att underkriterierna upplevs som svåra att särskilja. För makadammagasin kan i princip inget underhåll utföras vilket borde resultera i ett högt betyg för underkriteriet underhållskostnad. De låga poängen för makadammagasinet kan bero på att livslängd och investeringskostnader blandas ihop och att respondenten därför anser att systemet bör få en låg poäng. Detta åskådliggör svårigheterna med MKA och att enkätbeskrivningen bör vara mycket tydlig för att minska möjligheterna för misstolkningar.

### 5.2.7.2 Miljömässiga kriterier

Tabell 9: Total poängsättning<sup>a</sup> och medelvärde från enkäten för de miljömässiga kriterierna.

	Miljömässiga kriterier				
	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Medel miljö
1. Dagvattendamm	1,3	1,4	-0,4	0,4	0,7
2a. Gröna tak	0	-1	-0,9	-0,4	-0,6
2b. Magasinering	0,3	0,3	-0,5	0,6	0,2
2c. Regntunnor	-0,1	-0,1	-0,7	-0,7	-0,4
2. Medel	0,1	-0,3	-0,7	-0,2	-0,3

<sup>a</sup> Skala: -2=mycket negativt, -1=negativt, 0=neutralt, 1=positivt och 2=mycket positivt

För de miljömässiga kriterierna får dagvattendammen högst poäng, 0,7 och medelpoäng för system 2 får -0,3 (Tabell 9). Att beräkna medelpoäng för alternativ 2 under de miljömässiga kriterierna blir missvisande då en del av dagvattnet passerar tak och tunnor och leds slutligen till magasinet där föroreningar kan sedimenteras. För att få ett mer korrekt och jämförbart medelvärde bör detta beaktas och noggrannare beräkningar utföras.

Reningsgraden skiljer sig inte väsentligt åt mellan damm och magasin (Tabell 3), därmed bör de två systemen ges samma poäng. Däremot visar sammanställningen av enkätsvaren att medeluppfattningen inte stämmer överens med de faktiska värdena, främst på metaller och näringsvärden.

En annan reflektion är att svaren varierar beroende på yrkesbakgrund. Exempelvis ger de tillfrågade konsulterna negativa poäng för metallreningen för gröna tak medan forskare ger generellt positiva poäng. Enligt Tabell 1 och baserat på fakta från litteraturen stämmer uppfattningen om att gröna tak kan bidra till förorening av metaller i dagvattnet.

### 5.2.7.3 Estetiska kriterier

Tabell 10: Total poängsättning<sup>a</sup> och medelvärde från enkäten för de estetiska kriterierna.

	Estetik			
	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området	Medel estetik
1. Dagvattendamm	1	1,7	1,7	1,5
2a. Gröna tak	0,5	2	1,3	1,3
2b. Magasinering	-0,5	-0,3	-0,5	-0,4
2c. Regntunnor	0,2	-0,5	1,2	0,3
2. Medel	0,1	0,4	0,7	0,4

<sup>a</sup> Skala: -2=mycket negativt, -1=negativt, 0=neutralt, 1=positivt och 2=mycket positivt

Resultaten från enkätundersökningen visar att det totala medelvärdet för de estetiska kriterierna blir högst för systemet med dagvattendamm nämligen 1,5 (Tabell 10). Noterbart är att nästan lika höga poäng ges till gröna tak. Poängsättningen för underkriteriet mötesplats varierar svaren mellan -2 och 1 för makadammagasinet. Detta beror troligtvis på oklar formulering av betygsättning i enkäten. Utifrån

kommentar från en respondent ansågs de estetiska underkriterierna svårskiljaktiga (Bilaga 2). Antingen tolkas frånvaron av mötesplats som mycket negativ inverkan på området eller att den ovanliggande parkeringsplatsen anläggs oavsett magasin eller inte och därmed ges ett neutralt svar.

## 5.2.8 Känslighetsanalys

I studien har fokus varit på ekonomi, miljö och estetik. Beroende på vad som studeras och vem som tillfrågas anses dessa vara av olika vikt. I det ovanstående resultatet har de tre huvudkriterierna likställts och getts samma vikt. För att lämna resultatet öppet för egen tolkning och värdesättning finns möjligheten att inte vikta kriterierna, det vill säga att sätta alla tre som lika viktiga. Genom att rangordna dem och ge dem en vikt kan man se om och hur resultatet påverkas. I varje projekt finns olika förutsättningar och krav, vilket gör att i varje enskilt projekt rangordnas de olika kriterierna olika högt.

Tabell 11: Viktningsfördelning för känslighetsanalys.

Kriterier	Ekonomi	Miljö	Estetik	Totalt
Test 1	0,33	0,33	0,33	1
Test 2	0,5	0,35	0,15	1
Test 3	0,6	0,2	0,2	1

Vi valde att göra tre olika viktningstester utifrån respondenternas svar, med fördelning enligt Tabell 11. I test 1 har resultatet av medelvärdet samma fördelning som i Figur 14. I test 2 gavs ekonomin högre och estetiken lägre viktning vilket resulterade i att medelpoängen för system 1 sjönk från 0,71 till 0,46 medan system 2 förblev oförändrad (Tabell 12). I test 3 gavs ekonomin ännu högre vikt medan miljö och estetiska värden viktades lika. Det resulterade i att system 1 med dagvattendammen sjönk marginellt från 0,46 till 0,43 medan den totala poängen för system 2 med magasin, gröna tak och tunnor ökade från 0,16 till 0,25 (Tabell 12).

Vid uppdelning av systemen ses att gröna tak och regntunnor har ett positivt värde för alla känslighetstester. Dock står dessa metoder inte för majoriteten av omhändertagandet av dagvatten. Som nämnts tidigare är medelpoängen för magasinering lägst av alla system och det resulterar i att system 2 generellt får ett lägre värde (Tabell 12).

Tabell 12: Poängfördelningsresultat för viktning från insamlad data.

	System 1 Dagvattendamm	System 2	2a Gröna tak	2b Magasinering	2c Regntunnor
Test 1	0,71	0,16	0,40	-0,09	0,18
Test 2	0,46	0,16	0,25	-0,02	0,23
Test 3	0,43	0,25	0,45	-0,07	0,37

## 6 Slutsatser

I enkätundersökningen fick dagvattendammen högst poäng och därmed ansedd som den bästa lösningen om man väger ihop miljö, ekonomi och estetik. Studerar man resultatet för de olika delsystemens kvaliteter i alternativ 2, och låter exempelvis de gröna taken stå för systemets estetik och magasinet stå för reningen, hade ett annat resultat tillhandahållits.

De spridda svaren i enkäten visar på skilda kunskaper hos respondenterna. Jämförs vår sammanställning i kapitel 5.2.5 som är grundad på fakta från litteraturstudier med respondenternas svar ser vi att dessa inte stämmer överens med den forskning som finns på området. Därför bör flera olika aktörer närvara när ett förslag tas fram så att varje persons erfarenheter tas till vara på bästa sätt och att den kunskap som finns aktivt används i beslutsprocessen.

Den resulterande poängsättningen av enkätutskicket varierade stort. Framförallt tolkades poängskalan olika vilket resulterade i en ojämn fördelning av poängen. Exempelvis berodde poängsättningen av de ekonomiska kriterierna på om man jämförde systemen mot varandra eller om man tänkte på kostnader i allmänhet för dagvattensystem, som måste installeras oavsett.

En respondent angav i en kommentar att hen uppfattade underkriterierna för estetiken som överlappande. Denna kommentar är noterbar då en grundförutsättning för en MKA är att kriterierna inte får blandas ihop, vilket nämnts i kapitel 5.2.7.3. För framtida studier rekommenderas muntliga intervjuer för att tydliggöra frågeställning och poängsättning. Vi tror att det hade minimerat risk för missförstånd och tolkningsutrymmen. Ett annat alternativ hade varit att skicka enkäten till enstaka respondenter, för att testa enkätens tydlighet, innan en reviderad version skickades ut till övriga respondenter.

Genom att göra en 3D-simulering av dagvattnet i området, utifrån markförutsättningar såsom terräng och marksammansättning, hade ett än mer integrerat dagvattensystem kunnat appliceras. Exempelvis skulle svackdiken och regnbäddar mellan fastighetsgränserna och längs områdets vägar kunna installeras. En förutsättning för detta är att noggrannare markundersökningar genomförs för att veta de exakta markförhållandena med berg, lera och jord. Detta för att biofilter skall fungera optimalt och kunna fördröja och rena dagvattnet i området.

I dagsläget går det inte att kräva att gröna tak anläggs. I enkätstudien ansågs det som mycket positivt med gröna tak och därmed bör Göteborgs Stad överväga att införa det som ett krav i detaljplanen, om det är möjligt.

Utifrån förstudien av olika dagvattenlösningar valde vi att fördjupa oss i de två valda systemen. I efterhand såg vi att en grundligare förstudie hade gett oss bättre förutsättningar att välja ett mer optimalt system. Utifrån våra resultat har vi kommit fram till att sedumtak bidrar till förhöjt estetiskt värde, förbättrad dagvattenkvalitet i området och utjämning av flödestoppar, vilket även tunnorna bidrar till. Makadammagasin kan konstateras vara en mindre bra lösning, framför allt ur ekonomisk synvinkel samt den minimala underhållsmöjligheten. För att säkerställa

dagvattenhanteringen i Lilleby föreslår vi att kombinera dagvattendammen med gröna tak och tunnor.

## Referenser

- Adrian, M. (2015). *Verksamheter vid Alelyckans vattenverk -Dagvattenutredning*. Hämtad från [http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Gamle staden%20-%20Utveckling%20av%20Alelyckans%20Vattenverk-Plan%20-%20granskning-Rapport%20dagvattenutredning/\\$File/Rapport%20Alelyckan%20dagvattenutredning.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Gamle%20staden%20-%20Utveckling%20av%20Alelyckans%20Vattenverk-Plan%20-%20granskning-Rapport%20dagvattenutredning/$File/Rapport%20Alelyckan%20dagvattenutredning.pdf?OpenElement)
- Adielsson, S. (2015). *Dagvattenbiofilter fungerar i Sverige*. Hämtad från <http://dagvattenguiden.se/2015/12/14/dagvattenbiofilter-fungerar-i-sverige/>
- Booth, C. A., Charlesworth, S. M. (2014). *Water Resources for the Built Environment: Management Issues and Solutions*.
- Butler, D., Davies, W. J. (2007). *Urban drainage*. Oxon: Spon Press
- Cuaran, A., Lundberg, L. (2015). *Design of Bioretention Planters for Stormwater Flow Control and Removal of Toxic Metals and Organic Contaminants*. (Examensarbete, Chalmers tekniska högskola, Avdelningen för energi och miljö). Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/225206/225206.pdf>
- DCLG. (2009). *Multi-criteria analysis: A manual*. Department for Communities and Local Government. Hämtad från [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/7612/132618.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/7612/132618.pdf)
- Engström, M. (2011). Detaljplan del av Lilleby 22:1 Söder om Lillebyvägen, Göteborg: Geoteknisk utredning. WSP. Hämtad från [http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20utst%C3%A4llning-PM%20Geoteknik%20Fritidsstugor/\\$File/PMGeoteknik\\_Fritidsstugor.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20utst%C3%A4llning-PM%20Geoteknik%20Fritidsstugor/$File/PMGeoteknik_Fritidsstugor.pdf?OpenElement)
- Getter, K. L., Rowe, D. B., Andresen, J. A. (2007). *Quantifying the effect of slope on extensive green roof stormwater retention*. Ecological Engineering, Volym (31), doi:10.1016/j.ecoleng.2007.06.004
- Gryaab. (2010). *Tillskottsvatten påverkar Ryaverket: höga flöden och föroreningar (2010:7)*. Gryaab. Hämtad från [http://www.gryaab.se/admin/bildbank/uploads/Dokument/Rapporter/Tillskottsvatten\\_paverkar\\_Ryaverket.pdf](http://www.gryaab.se/admin/bildbank/uploads/Dokument/Rapporter/Tillskottsvatten_paverkar_Ryaverket.pdf)
- Göteborgs Stad. (2014). *Planhandling*. Hämtad från [http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20laga%20kraft-Planhandling/\\$File/1480K-2-5249.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20laga%20kraft-Planhandling/$File/1480K-2-5249.pdf?OpenElement)



Göteborgs Stad (Kartograf). (2014). Plankarta [Digitalkarta]. Hämtad från [http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20laga%20kraft-Plankarta/\\$File/Karta%201480K-2-5249.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20laga%20kraft-Plankarta/$File/Karta%201480K-2-5249.pdf?OpenElement)

Göteborgs Stad. (2016). *Grönytefaktor - vegetation och dagvatten: Vad kostar det egentligen?*. Opublicerat manuskript.

Hjelte, T. (2014). *Detaljplan för Camping och fritidsstugor i Lilleby: Antagandehandling – december 2014*. Stadsbyggnadskontoret. Hämtad från [http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20inf%C3%B6r%20antagande-Planbeskrivning/\\$File/02\\_Planbeskrivning.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20inf%C3%B6r%20antagande-Planbeskrivning/$File/02_Planbeskrivning.pdf?OpenElement)

Lavieille, D. (2005). *Järnbrott Stormwater Pond: Evolution of the Pollutant Removal Efficiency and Release from Sediments*. (Master Thesis, Chalmers tekniska högskola, Department of civil and environmental engineering) Hämtad från <http://documents.vsect.chalmers.se/CPL/exjobb%202005/ex%202005-046.pdf>

Linderstad, H. Moback, U. Andreasson, B. Olsson, K. Karlsson, P. Bergstedt, O. Eriksson, E. Ström, K. Nilsson, B. Ekman, M. Gustavsson, L. Adrian, M. Johnsson, M. Ljunggren, O. Malm, A. (2003). *Vatten - Så klart: Vattenplan för Göteborg. Stadsbyggnadskontoret*. Hämtad från [http://goteborg.se/wps/wcm/connect/87e0ec14-a325-4df3-bb1d-080a50aeac14/OPA\\_HuvudrapportVattenplanenweb.pdf?MOD=AJPERES](http://goteborg.se/wps/wcm/connect/87e0ec14-a325-4df3-bb1d-080a50aeac14/OPA_HuvudrapportVattenplanenweb.pdf?MOD=AJPERES)

Lindfors, T., Bodin-Sköld, H., Larm, T. (2014). *Grågröna systemlösningar för hållbara städer: Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer*. Green Urban Systems. Hämtad från [http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/Documents/GrGr\\_WP4\\_Inventering%20av%20dagvattenl%C3%B6sningar%20f%C3%B6r%20urbana%20milj%C3%B6er%20ink%20bilagor.pdf](http://www.greenurbansystems.eu/sv/resultat/Documents/GrGr_WP4_Inventering%20av%20dagvattenl%C3%B6sningar%20f%C3%B6r%20urbana%20milj%C3%B6er%20ink%20bilagor.pdf)

Luleå Tekniska Universitet. (2010). *Rain garden: Dagvatten biofiltration*. Hämtad från <http://www.ltu.se/research/subjects/VA-teknik/Forskningsprojekt/Rain-garden-dagvatten-biofiltration-1.6077>

Länsstyrelsen, Västra Götalands län. (2016). *Nordre älvs estuarium*. Hämtad 2016-03-15 från <http://www.lansstyrelsen.se/vastragotaland/Sv/djur-och-natur/skyddad-natur/naturreservat/lanets-naturreservat/ockero/nordre-alvs-estuarium/Pages/index.aspx>

Mullane, M., Flury, M., Iqbal, H., Freeze, P., Hinman, C., Cogger, C., Shi, Z. (2015). Intermittent rainstorms cause pulses of nitrogen, phosphorus, and copper in leachate from compost in bioretention systems. *Science of the Total Environment*, Volym (537), 301-302. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.157>

Naturvårdsverket. (2009). *Multikriterieanalys för hållbar efterbehandling: Metodutveckling och exempel på tillämpning*. Hämtad från:  
<https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-5891-3.pdf>

Naturvårdsverket. (2014). *Organiska miljögifter*. Hämtad från  
<http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Organiska-miljogifter/>

Nilsson, E. (2013). *Föroreningsreduktion och flödesutjämning i makadammagasin: En studie av ett makadammagasin i Kungsbacka*. VATTEN – Journal of Water Management and Research, Volym (69), 101–107. Hämtad från  
[http://dagvattenguiden.se/wp-content/uploads/2013/09/F%c3%b6roreningsreduktion-och-fl%c3%b6desutj%c3%a4mning-i-makadammagasin\\_2013.pdf](http://dagvattenguiden.se/wp-content/uploads/2013/09/F%c3%b6roreningsreduktion-och-fl%c3%b6desutj%c3%a4mning-i-makadammagasin_2013.pdf)

Novamark AB. (2014). *Dagvattenutredning: Tegelhagen*. Upplands-Bro kommun Hämtad från <http://www.upplands-bro.se/download/18.245495c014ade5bedda238ba/1421144285761/Dagvattenutredning-Tegelhagen.pdf>

Pettersson, T (1999). *Stormwater Ponds for Pollution Reduction* (Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola, Avdelningen för vatten miljö teknik) Hämtad från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/821/821.pdf>

Pettersson, T. German, J., Svensson, G. (1999). *Pollutant removal efficiency in two stormwater ponds in Sweden*. 8th International Conference on Urban Storm Drainage, 30 Augusti-3 september, 1999, Sydney, Australia.

Ramböll. (2012). *Dagvattenutredning för camping och fritidsstugor i Lilleby*. Göteborgs Stad Hämtad från  
[http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20utst%20-%20inf%20-%20antagande-Genomforandebeskrivning/\\$File/PMDagvattenutredning\\_Lilleby.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20utst%20-%20inf%20-%20antagande-Genomforandebeskrivning/$File/PMDagvattenutredning_Lilleby.pdf?OpenElement)

Rhodin, M. (2014). *Genomförandebeskrivning: Detaljplan för Camping och fritidsstugor i Lilleby inom stadsdelen Lilleby i Göteborg*. Göteborgs Stad Fastighetskontoret. Hämtad från  
[http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20inf%20-%20antagande-Genomforandebeskrivning/\\$File/03\\_Genomforandebeskrivning.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20inf%20-%20antagande-Genomforandebeskrivning/$File/03_Genomforandebeskrivning.pdf?OpenElement)

Rydlinge, O., Widetun, J. (2014). *Gröna tak som en metod för dagvattenhantering i Norrbotten*. (Examensarbete, Luleå tekniska universitet, Institutionen för samhällsbyggnad och naturresurser) Hämtad från  
<https://pure.ltu.se/ws/files/100755632/LTU-EX-2014-100652541.pdf>

SMHI. (2016). *Gröna tak: fördjupning*. Hämtad från  
<http://www.klimatanpassning.se/atgarda/2.3113/grona-tak-fordjupning-1.87577>

- SMHI. (2016). *Om analysen*. Hämtad 21 mars 2016 från <http://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/klimatscenarioer/haag.html#us>
- SMHI. (2014). *Över 100 klimatsimuleringar visar framtida klimat*. Hämtad från <http://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/over-100-klimatsimuleringar-visar-framtida-klimat-1.32871>
- Stahre, P. (2006). *Sustainability in urban storm drainage: Planning and examples*. Stockholm: 08 Tryck.
- Va-verket (2001). *Dagvatten: Inom planlagda områden*. Hämtad från [https://goteborg.se/wps/wcm/connect/823376f9-2624-4394-81a1-2723cb18330e/OPA\\_Dagvattenplan.pdf?MOD=AJPERES](https://goteborg.se/wps/wcm/connect/823376f9-2624-4394-81a1-2723cb18330e/OPA_Dagvattenplan.pdf?MOD=AJPERES)
- Vegtech. (2011). *Gröna tak -Sedumtak*. Hämtad från [http://www.vegtech.se/sitefactory/assets/download.aspx?file=/upload/files/PDF/Vegtech\\_husguiden.pdf](http://www.vegtech.se/sitefactory/assets/download.aspx?file=/upload/files/PDF/Vegtech_husguiden.pdf)
- VISS. (2015). *Dagvattendamm*. Hämtad från [http://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VIS\\_SMEASURETYPE000785](http://viss.lansstyrelsen.se/Measures/EditMeasureType.aspx?measureTypeEUID=VIS_SMEASURETYPE000785)
- Werthmann, C. (2007). *Green roof: A case study*. New York: Princeton Architectural Press.

## Bildkällor

Bick, E. (2016). *Dagvattenkammare/ rörmagasin*. Opublicerad.

Bick, E. (2016). *Kassettmagasin med spolkanaler*. Opublicerad.

Plast inject watersystem. (2016). *Regntunnor*. [Elektronisk bild]. Hämtad från:  
<http://www.plastinjectwatersystem.se/media/2106/helena-1.jpg?width=198> och  
<http://www.plastinjectwatersystem.se/media/2100/barrique1.jpg?width=198>

Ramböll. (2012). *Skiss över planerat fritidsstugeområde, Lilleby*. Återgiven med tillstånd.

Ramböll. (2012). *Översiktskarta*. Återgiven med tillstånd.

Stadsbyggnadskontoret. (2014). *Detaljplan*. Återgiven med tillstånd.

# Bilaga 1

## Undersökningsutskick: Jämförelse mellan två olika system för rening av dagvatten

Vi är två studenter på Chalmers tekniska högskola, Linnea Berggren och Elisabet Norén, som läser vårt sista år på Byggingenjörsprogrammet. I vårt examensarbete genomför vi en studie som jämför två olika dagvattensystem som lämpar sig i ett kolonistugeområde i Göteborgs kommun. Det första alternativet är en dagvattendamm, som innebär att områdets dagvatten leds till dammen för vidare transport till recipienten. Det andra alternativet är en kombinerad lösning med dagvattenmagasin under parkeringen, gröna tak samt regntunnor vid husen. Systemen i studien har valts ut av oss som genomför studien i samråd med handledare vid Chalmers.

För att bedöma vilket av de två system som är mest hållbart genomförs en multikriterieanalys (MKA) med ekonomiska-, sociala/estetiska- och miljömässiga kriterier. MKA innebär att experter och tjänstemän får betygsätta/rangordna de olika kriterierna på skalan +2 till -2 utifrån egna kunskaper och erfarenheter för respektive system. I denna enkätstudie kommer yrkesverksamma inom Göteborgs Stad och konsulter, samt forskare på Chalmers tekniska högskola att delta. Resultatet kommer sedan sammanställas och analyseras för att hitta en sammanvägd och bästa dagvattenlösning. Ditt svar kommer att hanteras anonymt och endast ditt företagsnamn kommer att publiceras med ert godkännande.

Vi uppskattar ert deltagande i studien och vill senast ha ditt svar fredagen den 22 april 2016.

Har du frågor är du välkommen att maila  
Elisabet Norén, [norene@student.chalmers.se](mailto:norene@student.chalmers.se)  
Linnea Berggren, [linbergg@student.chalmers.se](mailto:linbergg@student.chalmers.se)  
Handledare: Karin Björklund, [karin.bjorklund@chalmers.se](mailto:karin.bjorklund@chalmers.se)

### Instruktioner för genomförande

Fyll i ditt betyg utifrån dina kunskaper för respektive systemlösning för de olika kriterierna i den tomma matrisen nedan. Dra ett streck om du inte har möjlighet att fylla i någon av rutorna.

Mycket positiv	+2
Positiv	+1
Ingen (Neutralt)	0
Negativ	-1
Mycket negativ	-2

**Sammanfattning av de två alternativen, dess positiva respektive negativa aspekter.**

**1. Dagvattendamm**

Positivt

- Synligt vatten kan tillföra estetiskt och socialt värde till området
- Bidrar till den biologiska mångfalden
- Relativt billig anläggningskostnad

Negativt

- Gör anspråk på yta som skulle kunna nyttjas av de boende eller bebyggas
- Metaller och organiska miljögifter ansamlas i dammen och utgör på sikt en risk för det biologiska livet
- Utgör en risk med öppen vattenyta för barn

**2. Gröna tak, regntunnor och magasin**

Positivt

- Makadammagasinet tillför en viss rening genom sedimentation och infiltration i marken
- Gröna tak förlänger takets livslängd då det skyddar från UV-strålning och värmepåfrestning
- Taken och regntunnorna minskar regntoppar och magasinet bevarar dagens flöde nedströms från området

Negativt

- Detaljplan kan inte ställa krav på gröna tak och därför är dess yta oviss
- Makadammagasinet kommer på sikt att bli förorenat med metaller och organiska miljögifter
- Mer ansvar för de boende att se över anläggningen

## Bilaga 2

Nedan visas först en tabell med medelvärdet av respondenternas svar och därefter följer respondenternas ifyllda tabeller och kommentarer:

### Medelvärde

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik			
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området	
1. Dagvatt endamm		0,00	-0,29	1,71	1,29	1,43	-	0,43	0,40	1,00	1,67	1,67
2a. Gröna tak	1,57	-1,00	0,50	1,00	0,00	-1,00	0,86	0,40	0,50	2,00	1,33	
2b. Magas inering	0,86	-0,29	-1,00	0,29	0,29	0,33	-	0,50	0,60	0,50	0,33	-0,50
2c. Regn tunnor	0,29	0,86	0,57	0,83	-0,14	-0,14	-	0,67	0,67	0,17	0,50	1,17

### Konsult

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik			
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området	
2. Dagvatt endamm		-1	0	1	1	1	-1	-2	0	2	2	
2a. Gröna tak	2	-1	0	0	-2	-2	-2	-2	2	2	1	
2b. Magas inering	2	-1	-2	-1	0	-1	-1	-1	1	0	0	
2c. Regn tunnor	0	1	1	1	0	-2	-2	-2	0	-1	1	

Att använda oljeavskiljare vid parkeringen innebär ingen eller väldigt liten rening av dagvatten från ytan. Oljeavskiljaren, rätt skött, skyddar bara vid lite större utsläpp av olja, typ olycka. Diffusa utsläpp och tungmetaller mm passerar utan avskiljning. Tyvärr har många miljöförvaltningar gjort det lätt för sig genom att kräva oljeavskiljare vid parkeringar, man kan tro att man får rening. Filter i dagvattenbrunnar eller i samlingsbrunn, också rätt skött, dvs filterbyte med jämna mellanrum ger avskiljning av diffusa och större utsläpp av olja liksom upptag av

tungmetaller och PAH. Viktigt är också att det finns sandfång i brunnar eftersom stor del av föroreningarna är partikel-bundna. Regelbunden slamsugning behövs.

Vad gäller fördröjningsmagasin så avråder vi från makadammagasin. De kräver 3 gånger så stor schaktvolym som den effektiva volymen, går inte att rengöra och kan innebära att de måste grävas upp om 15 – 30 år. Bättre lösning är kassetmagasin med spolkanaler eller ändå hellre rörmagasin i plast som enkel kan inspekteras och rengöras. En fördröjningslösning med kassett eller rörmagasin har liknande reningsförmåga som en rätt utförd damm. Båda kan utföras som täta eller öppna för infiltration. Att anlägga en damm kräver också rätt design för att få bra rening och underlätta rengöring och borttagning av sediment.

Gröna tak ger en fördröjning av ca 50 % av årsregnen men ger ingen eller väldigt liten fördröjning vid kraftigare regn. Gröna tak kräver ofta för att vara vackra även skötsel i form av gödning, vilket i sin tur kan leda till att de blir en källa till förorening av näringsämnen. Tjocka gröna tak, typ torvtak, ger betydligt bättre fördröjning och kräver inte samma mängd gödning.

Att skörda regn och dagvatten görs säkert ofta redan på kolonilotter. Det finns en rad olika lösningar för detta om än inte så vanliga i Sverige ännu. Där måste man se till att systemen är ”täta” så att de inte ger myggor möjlighet att skapa kläckningsplatser.

En effektiv lösning både för fördröjning, rening och skörd av dagvatten kräver en kombination av olika lösningar och måste alltid anpassas till platsens specifika önskemål och krav. Mycket hänsyn kan tas till estetik, kan man t.ex. göra dagvattenlösningen till en ”porlande bäck” med solcellsdriven pump och med översilningsytor vid stora regn?

Rätt utförd skulle en dagvattenlösning för ett kolonistugeområde inte behöva något utsläpp till recipient, utom vid extrema skyfall.

### Forskare

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik		
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området
3. Dagvatt endamm		-1	-1	1	1	1	-1	1	1	2	2
2a. Gröna tak	2	0	1	1	1	2	0	1	0	2	1
2b. Magasinering	1	-1	-1	0	1	1	-1	1	-2	0	-1
2c. Regntunnor	2	2	2	1	0	0	0	0	0	0	1



## Kommun

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik		
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området
4. Dagvatt endamm		1	-1	2	2	1	1		1	1	1
2a. Gröna tak	2	-2	0	1	1	-1	0		0	2	1
2b. Magas inering	2	-1	-2	0	1		0		0	0	0
2c. Regn tunnor	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

## Konsult

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik		
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området
5. Dagvatt endamm		1	1	2	1	2	-1	1	2	1	2
2a. Gröna tak	1	-1	2	1	-1	-2	-2	-2	1	2	2
2b. Magas inering	1	2	1	1	-1	1	-2	1	-2	-2	-2
2c. Regn tunnor	1	2	-1	1	-1	1	-2	-2	1	-1	2

Dagvattendamm – Har den bästa reningseffekten för näringsämnen och även suspenderat material, beroende på utformningen. Anläggningskostnaden varierar beroende på utformning och gestaltning. Som alla anläggningar måste den underhållas för att bibehålla sin funktion. Det innebär bla att den bör slamsugas för att avlägsna föroreningarna som ansamlats där. Hur ofta, avgörs av föroreningsbelastningen. En släntlutning på 1:6 för en dagvattendamm anses vara lämpligt för att minska risken för olyckor. Inga små barn bör leka obevakade.

Gröna tak- Fördröjningsvolymen i ett konventionellt sedumtak motsvarar ungefär ett 1-årsregn. Vid kraftigare regn har ett sådant tak ingen fördröjningsfunktion. Ett sådant tak bör därför se som ett komplement. Det finns mer avancerade Gröna tak som har en större kapacitet men det medför en större kostnad och större krav på byggnadens

bärighet. Gröna tak har en begränsad reningsförmåga, ofta ser man en ökning av näringsämnen få de ofta kräver gödning för att bibehålla sitt utseende och funktion.

Makadammagasin- har en beräknad livslängd på ca 15-25 år sedan måste de grävas om då de sätts igen av sediment. Man kan även sätta ett filter innan magasinet för att minska igensättning. Det finns även andra underjordiska magasin som tar mindre plats och är lättare att underhålla genom spolning t.ex. rörmagasin och dagvattenkassetter mm de har dock en större anläggningskostnad. Magasin är enkelt och relativt billigt. Dock används det ofta utan för lättvindigt. T.ex. måste man ta hänsyn till grundvattenytan så att den inte står för högt och magasinet står fullt utan någon tillgänglig fördröjningsvolym. Dessa platser är det viktigt med ytliga fördröjningar eller täta magasin. I Göteborg är det mest lera vilket har en ytterst begränsad infiltrationskapacitet därför går det oftast inte att räkna med infiltration och grundvattenbildning och LOD på det viset utan det bör snarare ses som ett möjligt komplement. Magasinen bör därför dimensioneras som fördröjningsmagasin nära källan, eventuell infiltration blir en bonus.

Rening av metaller- Många metaller är partikelbundna och avlägsnas vid suspendering. Lösta joner är mycket svårt att avlägsna t.ex. kan olika kolfilter användas eller olika växter med varierat resultat. En anläggning måste underhållas och slamsugas eller klippas för att avlägsna föroreningarna från systemet.

Rening vid stora flöden- De flesta föroreningar antas komma med det så kallade First flush det vill säga det första tiden av kraftigare regnet som spolar rent de hårdgjorda ytorna. Därefter anses efterkommande flöden vara i princip oförorenade. Ofta har dagvattenlösningar en bräddning eller by pass funktion som ledare vidare större flöden utan att de går in i anläggningen.

I detaljplanen kan inga krav göras vilken typ av anläggning som ska göras (varken gröna tak eller makadammagasin, dagvattendammar m.fl.). Enbart ytor kan avsättas för dagvattenhantering (allmän platsmark). Vilka metoder och fördröjningsvolym kan sedan tas fram i samband med exploatörerna vid kontraktsskrivning. I Göteborg har Kretslopp och vatten ställt krav på en fördröjningsvolym som ska ske inom kvartersmark för att minska belastningen på deras nät, 10 mm/m<sup>2</sup> hårdgjord yta (reducerad area)

## Kommun

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik		
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området
6. Dagvatt endamm		1	1	2	1	1	0	1			
2a. Gröna tak	2	0			0	-2	-1	1			
2b. Magas inering	-1	1	1	2	0	0	0	0			
2c. Regn tunnor	-1	1	1	2	0	0	0	0			

De förslag på dagvattenanläggningar ni angett är främst flödesfördröjande anläggningar och inte reningsanläggningar. Dammen har viss rening men kräver otroligt stor yta i förhållande till flöde för att fungera optimalt vilket i praktiken innebär att de dammar som byggs i regel är underdimensionerade och därför inte kan rena till sin kapacitet ändå. Magasin och regntunnor eller liknande kan ha en viss renande funktion men det beror helt på utformning, storlek (möjlighet för partiklar att sedimentera) och såklart också rensning av sediment i anläggningen. Ett magasin som aldrig töms på bottensediment fungerar inte som reningsanläggning. Gröna tak har enligt min mening den sämsta potentialen för rening där halt av näringsämnen till och med kan öka eftersom växterna behöver gödas. Det är inte heller någon anmärkningsvärd rening av andra föroreningar.

Alternativ såsom filterlösningar (naturliga – infiltration i markprofiler, eller konstgjorda) i kombination med växtlighet är bättre reningslösningar men saknas i er sammanställning.

## Forskare

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik		
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området
7. Dagvatt endamm		-1	-1	2	2	2	-1	1	1	2	1
2a. Gröna tak	0	-1	-1	1	1	-1	0	0	0	2	2
2b. Magas inering	0	-2	-2	1	1	1	1	2	0	0	0
2c. Regn tunnor	0	0	0		0	0	0	0	0	-1	1

Jag vill poängtera att det inte är helt lätt att sätta bara en siffra på vissa av kriterierna, för det rör sig ibland om komplexa förutsättningar osv. Det finns ganska stort utrymme för tolkning. Exempelvis har jag satt +1 på gröna tak för rening av metaller. Dock menar jag inte att gröna tak normalt sett avskiljer metaller från dagvatten – det är snarare så att valet av ett grönt tak gör att en potentiell källa till metaller, nämligen plåttak, försvinner. Skulle alternativet till gröna tak vara andra tak, som inte ger upphov till föroreningar, så skulle bedömningen istället vara 0. Vidare så är installationskostnad väldigt svårt att sätta en siffra på eftersom det avgörs mycket av platsens förutsättningar (behövs omfattande grävning, sprängning, tätning osv. för en damm så kan kostnaderna skena). För ”rening vid stora flöden” har jag satt -1 på dagvattendammen. Anledningen till detta är att stora flöden genom en damm kan röra upp och ta med sig föroreningar som tidigare sedimenterat. Dock så kan detta förebyggas genom att systemet förses med möjlighet till bräddning innan dammen. I det fallet transporteras det första (och smutsigaste) vattnet genom dammen för rening, medan det förhållandevis rena vattnet som kommer vid högt flöde tillåts passera utan att gå genom dammen. Görs detta på ett bra sätt så vore min bedömning istället att dammen har bra möjlighet att rena vid höga flöden.

## Kommun

	Ekonomi				Miljömässiga kriterier Rening av vatten				Estetik		
	Upptagen markyta	Installations kostnad	Underhåll	Livslängd	Metaller	Näringsämnen	Rening vid stora flöden	PAH:er	Mötesplats	Försköning	Integrera dagvatten i området
8. Dagvatt endamm		0	-1	2	1	2	0	1	2	2	
2a. Gröna tak	2	-2	1	2			-1	0	2	1	
2b. Magas inering	1	0	-2	-1	0	0		0	0	0	
2c. Regn tunnor	-1	0	1	0	0	0		0	0	1	

Vad gäller dagvattendamm är det viktigt att ha med drift- och skötselinstruktioner. Dammarna kräver regelbunden skötsel av slänter och omgivning, gallring av tillväxande grönmassa vid rätt tidpunkt på året (=borttagning av näringsämnen). Man behöver regelbundet kontrollera sedimentbildning och kunna ta bort sediment som tar dammvolym eller är förorenade. Det är också viktigt med en hydraulisk spärr och förbiledning i syfte att undvika hydraulisk överbelastning och utsköljning av förorenade sediment.

Väl genomtänkta dammar kan utgöra en väldigt stor tillgång i ett område. Viktigt att veta vad som är syftet med dammen – utjämning, rening eller estetik, eller i bästa fall en kombination.

Dolda makadammagasin har nackdelen att i praktiken inte kunna kontrolleras eller underhållas.

Gröna tak är förmodligen generellt estetiskt tilltalande och är positiva för lokalklimat och biologisk mångfald. Har dock begränsad funktion vid stora regn även om man kan förvänta sig att flödestoppar förskjuts och utjämnas i viss utsträckning.

Regntunnor i olika varianter kan tänkas få stor betydelse framöver för att kunna fördröja avrinningen inom tät bebyggelse, t.ex. på innergårdar i centrala staden.

## Bilaga 3

Telefonintervju med Vegtech

**Hej!**

**Jag skriver ett exjobb om dagvattenhantering och har lite funderingar angående gröna tak. Jag hoppas ni kan hjälpa mig med detta!**

**Hur lång är livslängden på gröna tak? Hur lång är livslängden i jämförelse med vanliga tak?**

Tätskikt från Icopal håller 10-15 år, vegetation förlänger tätskiktets livslängden till 20-30 år. Sedumtak har en tunnare uppbyggnad som består av bland annat kryllnät och mineralsubstrat som ger en längre livslängd. Första taket Vegtech byggde stod klart 1991 och finns fortfarande kvar. Takbeläggningen innehåller nästan inga organiska material, detta eftersom organiskt material förmultnar och då "krymper" taket, men det gör inte mineralsubstrat och därför används det istället. Sedumväxter vill ha det karjt men på lutande tak läggs en vätskehållande filt.

**Vilken lutning kan man ha på taket?**

0-27 grader

**Hur stor är den genomsnittliga, årliga vattenfördröjningen?**

Empiriskt, egna tester och tester gjorda i samarbete med Danmark visar att hälften av årsnederbörd tas upp av sedumtak. Gröna tak kapar toppar på skyfallen. Exempelvis vid ett femårsregn kapas topparna och resten rinner på ytan. Ett vattenmättat sedumtak väger 50 kg/kvm.

Tjockare tak kan omhänderta mer vatten men väger då också mer.

**Sker det någon rening av vattnet? I så fall från vad?**

Vegetation tillförs ofta gödning för att hålla taken gröna men ingen extra gödning krävs på sedumtak för att den ska hålla sin funktion. Reningseffekten är minimal. Vegetationstak tar upp stoft och dammpartiklar. Sedum är ofta blandat med mossor, och ju fuktigare det är desto mer mossor. Mossor har inga rötter och förvandlar därför NOXar till ofarliga näringsämnen.

Biotoptak består av andra arter och har därmed andra förmågor. Bladvass bland annat tar upp fosfor och tungmetaller. Se hemsidan.

**Vad innefattar kostnaden 300-400kr/m<sup>2</sup> för sedumtak?**

Inte tätskikt, horisontella tak måste vara provtryckta innan Vegtech kommer. Vegtech står för uppbyggnaden av resten av taket. Olika alternativ kostar olika mycket men generellt ligger små tak på det syrare priset.

**Får vi använda ditt namn?**

Ja ni får referera mig, Johan.

**Göds inte sedumtak? Enligt studier är takvattnet mer förorenat av reningsämnen. Avtar det till noll någon gång?**

Gödning väljs själv, Tungmetaller kommer från infästningar men det finns inga belägg för att gröna tak bidrar till mer metaller, alla tak bidrar till mer metaller.

## Bilaga 4

Total dagvattenmängd att omhänderta:  $295m^3$

### Beräkning av makadammagasin

$$\frac{295m^3}{30\%} = 990m^3$$

Nybrogrus

$$990 m^3 * 1,4 \frac{ton}{m^3} = 1386 ton$$

$$1386 ton * 97kr = 134 442 kr$$

<http://www.nybrogrus.se/produkter-priser/produktprislista/makadam-1632/>

Snabbgrus

$$990m^3 * 1,45 \frac{ton}{m^3} = 1435 ton$$

$$\frac{1435ton}{13ton} \text{ per flak} = 110 flak$$

$$110 flak = 419 500 kr$$

<http://www.snabbgrus.se/p/makadam-16-32-mm-465.asp?cart=show#>

Grönytefaktor-vegetation och dagvatten - Vad kostar det egentligen?

$$990m^3 * 1000 kr = 990 000 kr$$

$$990m^3 * 15 000 kr = 1 485 000 kr$$

(Göteborgs Stad, 2016)

Sweco, 2015

Schakt, fyllning, geotextil, inloppsbrunn, utloppsbrunn, dräneringsrör

$$500 kr \text{ per } m^3 * 990m^3 = 495 000 kr$$

[http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Gamle staden%20-%20Utveckling%20av%20Alelyckans%20Vattenverk-Plan%20-%20granskning-Rapport%20dagvattenutredning/\\$File/Rapport%20Alelyckan%20dagvattenutredning.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planobygg.nsf/vyFiler/Gamle%20staden%20-%20Utveckling%20av%20Alelyckans%20Vattenverk-Plan%20-%20granskning-Rapport%20dagvattenutredning/$File/Rapport%20Alelyckan%20dagvattenutredning.pdf?OpenElement)

Göteborgs Stad (2016)

$$1\,000\text{ kr} * 990\text{ m}^3 = 990\,000\text{ kr}$$

$$1\,500\text{ kr} * 990\text{ m}^3 = 1\,485\,000\text{ kr}$$

### Beräkning av kassettmagasin

Kassetter

$$\frac{295\text{m}^3}{96\%} = 310\text{ m}^3$$

Avloppscenter

$$\frac{310\,000\text{ liter}}{1152\text{ liter per kassettpaket}} = 269\text{ st}$$

$$269\text{st} * 4900\text{ kr} = 1\,318\,100\text{ kr}$$

<http://www.avloppscenter.se/sv/vara-produkter/reningsverk/efterpolering/efterpoleringsbadd-aquacell-1152-liter.html>

VVSbutiken

$$\frac{310\,000\text{ liter}}{200\text{ liter per kasset}} = 1550\text{ kassetter}$$

$$1550\text{ kassetter} * 1142\text{ kr} = 1\,770\,100\text{ kr}$$

[http://www.vvsbutiken.nu/product.html?product\\_id=3655](http://www.vvsbutiken.nu/product.html?product_id=3655)

Göteborgs Stad (2016)

$$4\,000\text{ kr} * 310\text{m}^3 = 1\,240\,000\text{ kr}$$

$$4\,500\text{ kr} * 310\text{m}^3 = 1\,395\,000\text{ kr}$$

### Beräkning av regntunnor

Jula

$$80\text{ fastigheter} * 2\text{ st per fastighet} = 160\text{ tunnor}$$

$$349\text{ kr} * 160\text{ tunnor} = 55\,840\text{ kr}$$

<http://www.jula.se/catalog/tradgard/bevattning-och-dranering/bevattning/vattentunnor/vattentunna-795994/>

Clas Ohlson

$$349\text{ kr} * 160\text{ tunnor} = 55\,840\text{ kr}$$

<http://www.clasohlson.com/se/Vattentunna-200-l/31-5034>

### Beräkning av dagvattendamm

Grönytefaktor-vegetation och dagvatten - Vad kostar det egentligen?

$$500\frac{\text{kr}}{\text{m}^2} * 432\text{ m}^2 = 216\,000\text{ kr}$$

$$1000\frac{\text{kr}}{\text{m}^2} * 432\text{ m}^2 = 432\,000\text{ kr}$$

(Göteborgs Stad, 2016)



Ramböll dagvattendamm inkl. vattenspegel

$$0,5 m * 432m^2 = 216m^3$$
$$216m^3 + 295m^3 = 511m^3 \rightarrow ca 520 m^3$$

$$520 m^3 * 1200 kr per m^3 = 624 000 kr$$

[http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20utst%C3%A4llning-PM%20Dagvattenutredning/\\$File/PMDagvattenutredning\\_Lilleby.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Lilleby%20-%20camping%20och%20fritidsstugor-Plan%20-%20utst%C3%A4llning-PM%20Dagvattenutredning/$File/PMDagvattenutredning_Lilleby.pdf?OpenElement)

### **Beräkning av gröna tak**

Vegtech, 2011

Gröna tak 300 – 400 kr/m<sup>2</sup>

$$(80 stugor \acute{a} 25m^2 + 200m^2 servicebyggnad) * 300 till 400 kr$$
$$= 660 000 till 880 000 kr$$

[http://www.vegtech.se/sitefactory/assets/download.aspx?file=/upload/files/PDF/Vegtech\\_husguiden.pdf](http://www.vegtech.se/sitefactory/assets/download.aspx?file=/upload/files/PDF/Vegtech_husguiden.pdf)