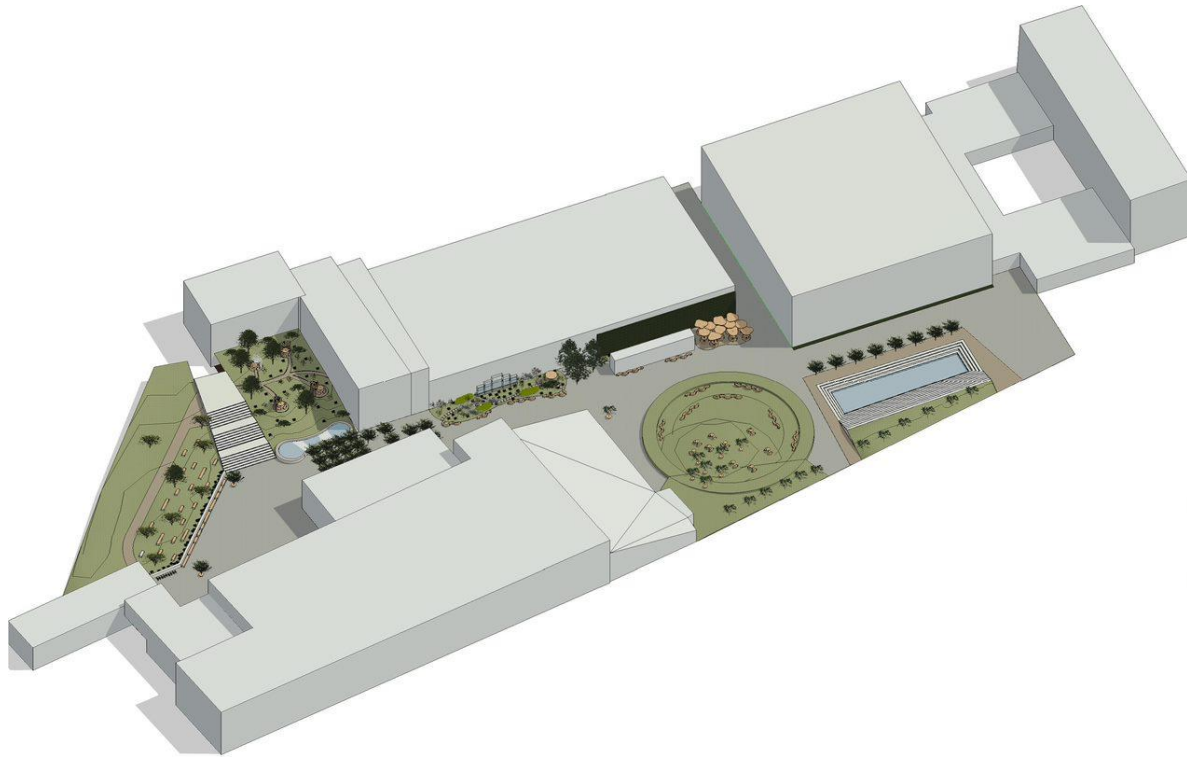




CHALMERS



Världens bästa campus när det regnar

Dagvattenhantering med ett socialt mervärde på Chalmers tekniska högskola

Kandidatarbete inom Samhällsbyggnadsteknik

KLARA DJERF, MALVA ELIASSON, EMMA MÖLLER,
ELIN PETTERSSON, VIKTOR WASSÉN & STINA ZAGERHOLM

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se

KANDIDATARBETE ACEX10-21-81

Världens bästa campus när det regnar
Dagvattenhantering med ett socialt mervärde på Chalmers tekniska
högskola

Kandidatarbete inom Samhällsbyggnadsteknik

KLARA DJERF, MALVA ELIASSON, EMMA MÖLLER, ELIN
PETTERSSON, VIKTOR WASSÉN & STINA ZAGERHOLM



CHALMERS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg 2021

Världens bästa campus när det regnar
Dagvattenhantering med ett socialt mervärde på Chalmers tekniska högskola

Kandidatarbete i Samhällsbyggnadsteknik

© KLARA DJERF, MALVA ELIASSON, EMMA MÖLLER, ELIN PETTERSSON, VIKTOR
WASSÉN & STINA ZAGERHOLM, 2021.

Kandidatarbete ACEX10-21-81 / Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Chalmers
tekniska högskola, 2021

Handledare: Sebastien Rauch, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Vatten Miljö
Teknik

Examinator: Ekaterina Sokolova, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Vatten Miljö
Teknik

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Illustrationsförslag av lösning på Chalmers campus

Göteborg 2021

VÄRLDENS BÄSTA CAMPUS NÄR DET REGNAR

Dagvattenhantering med ett socialt mervärde på Chalmers tekniska högskola

Kandidatarbete inom Samhällsbyggnadsteknik

KLARA DJERF, MALVA ELIASSON, EMMA MÖLLER, ELIN PETTERSSON, VIKTOR WASSÉN
& STINA ZAGERHOLM

Sammanfattning

I och med att klimatförändringarna orsakar ökade nederbördsmängder och instabilare väderförhållanden har dagvattenfrågan blivit alltmer kritisk. Det finns ett större behov att dagvattenhantering integreras i samhällsplaneringen och i vår vardag för att bemöta extremväder. Samtidigt är urbaniseringen i världen stadigt ökande, och fler personer bosätter sig i städerna. Därför finns det större krav på att de dagvattenlösningar som implementeras i städerna skall vara hållbara ur ekologiska, sociala och tekniska perspektiv för att inte endast behandla den ökade nederbörden utan också göra stadsrummet mer rekreativt. Göteborg är Sveriges näst största stad och har i dagsläget flera utvecklingsprojekt för att bemöta urbanisering och klimatförändringarna. Centralt i Göteborg ligger Chalmers tekniska högskolas största campus, campus Johanneberg, som även det står inför stora utmaningar gällande dagvattenhantering, samtidigt som de ska förse både studenter och anställda med en attraktiv och social miljö.

Syftet med rapporten är att undersöka hur Chalmers campus kan utveckla sin dagvattenhantering för att bemöta den ökade mängden nederbörd och samtidigt bidra med sociala mötesplatser. Bland annat har en enkätundersökning riktad till studenter och anställda på Chalmers tekniska högskola genomförts för att få insyn i deras upplevelse av campus när det regnar. Tekniskt underlag erhöles i modelleringsprogram som visade vart kritiska vattendjup uppstår vid skyfall på Chalmers campus. Modelleringen visade att campus är särskilt utsatt vid skyfall, och samtidigt visade enkätundersökningen på en brist av sociala mötesplatser. Utifrån detta utvärderas olika typer av öppna dagvattenlösningar ur ekologiska, tekniska och sociala aspekter i en multikriterieanalys för att slutligen applicera ett lösningsförslag på Chalmers campus. Endast öppna dagvattenlösningar analyserades då dessa lösningar bidrar med både effektiv dagvattenhantering och en förbättrad social miljö.

Det slutgiltiga lösningsförslaget innehåller en stor variation av dagvattenlösningar som också bemöter olika typer av sociala behov. Till exempel skall regnträdgårdar anläggas, sittplatser utökas och vegetation bli mer synligt på Chalmers campus. Lösningsförslaget, och arbetet i sin helhet, visar att implementering av en social dagvattenhantering är en möjlig uppgift. Eftersom klimatförändringarna kräver att dagvattenhantering måste tas i beaktning i samhällsplaneringen, finns det stora möjligheter att utforma dessa lösningar även i samspel med sociala behov.

Nyckelord: Campusutveckling, Chalmers tekniska högskola, Dagvatten, Fördröjning, Föroreningar, Klimatförändringar, Multikriterieanalys, Nederbörd, Rekreation, Social mötesplats, Öppen dagvattenhantering.

WORLD'S BEST CAMPUS WHEN IT RAINS

Stormwater management with a social added value at Chalmers University of Technology

Bachelor's thesis in Civil Engineering

KLARA DJERF, MALVA ELIASSON, EMMA MÖLLER, ELIN PETTERSSON, VIKTOR WASSÉN
& STINA ZAGERHOLM

Abstract

As climate change causes increased precipitation and less stable weather conditions, the stormwater issue has become increasingly critical. Due to extreme weather, there is a greater need for stormwater management to be integrated into community planning and in our everyday lives. At the same time, the urbanization in the world is steadily growing, and more people are settling in the cities. Therefore, the stormwater solutions implemented in the cities must be sustainable from an ecological, social, and technical perspective, to not only treat the increased precipitation but also to make the urban space more recreational. Gothenburg is the second largest city in Sweden and currently has several development projects to address urbanization and the climate issue. The main campus of Chalmers University of Technology, located in central Gothenburg, is called Campus Johanneberg. The campus is facing major challenges regarding stormwater management and at the same time provide both students and employees with an attractive and social environment.

The purpose of the report is to investigate how Chalmers campus can develop its stormwater management, to meet the increased amount of precipitation and at the same time develop social meeting places. For instance, a survey addressed to students and employees at Chalmers University of Technology, was conducted to gain insight into their experience of campus when it rains. Technical data was obtained in modeling programs showing locations of critical water depths during heavy rains on Chalmers campus. The modeling showed that the campus is particularly vulnerable in the event of a downfall, in addition the survey showed a lack of social meeting places. Based on this, different types of open stormwater solutions are evaluated through ecological, technical, and social aspects in a multi-criteria decision analysis to propose a final solution on Chalmers campus. Only open stormwater solutions were analyzed as these solutions contribute to both efficient stormwater management and an improved social environment.

The final solution proposal contains a large variety of stormwater solutions that also meet different types of social needs. For example, rain gardens will be constructed, seating will be expanded, and vegetation will be more visible on Chalmers campus. The proposed solution, and the work in its entirety, shows that the implementation of a social stormwater management is a possible task. Since climate change requires that stormwater management must be considered in community planning, there is a great opportunity to design these solutions in interaction with social needs.

Keywords: Campus development, Chalmers University of Technology, Stormwater, Retardment, Pollution, Climate change, Multicriteria analysis, Precipitation, Recreation, Social meeting place, Open stormwater management.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.1.1	Nederbörd	2
1.1.2	Dagvattensintegrerad samhällsplanering	2
1.1.3	Dagvattensintegrerad och social områdesplanering på Chalmers campus.....	2
1.2	Syfte och mål	3
1.2.1	Delmål.....	3
1.3	Avgränsningar.....	3
1.4	Definitioner	4
1.5	Problemformulering.....	4
1.5.1	Frågeställning.....	4
2	Dagvattenproblem.....	5
2.1	Översvämningsrisk	5
2.2	Föroreningar och näringsämnen i dagvatten	5
3	Öppna dagvattenlösningar.....	7
3.1	Öppna fördröjningsmagasin.....	7
3.2	Permeabla ytor	7
3.3	Gröna tak och väggar	8
3.4	Regnträdgårdar och regnrabatter.....	10
3.5	Dagvattendammar	11
3.6	Regnåtervinning	13
3.7	Öppna dagvattenlösningar på Chalmers campus	14
4	Ytor för sociala möten och rekreation.....	16
4.1	Parker och närhet till grönska	16
4.2	Sociala ytor och sittplatser	16
4.3	Närhet och interaktion med vatten	17
4.4	Ljussättning.....	18
5	Liknande projekt	19
6	Metod.....	20
6.1	Litteraturstudie	20
6.2	Digital enkätundersökning	21
6.3	Modelleringsverktyg	22
6.4	Fältundersökning.....	23
6.5	Rationella metoden	24
6.6	Intervjustudie	24
6.7	Multikriterieanalys.....	25

6.8	Illustrationsprogram	26
6.9	Metodsammanfattning	26
7	Resultat	28
7.1	Underlag till val av kritiskt område	28
7.1.1	Resultat från enkätundersökning.....	28
7.1.2	Resultat från modelleringsprogram.....	32
7.2	Val av kritiskt område.....	33
7.2.1	Beskrivning av området i dagsläget.....	34
7.2.2	Befintliga dagvattenlösningar i området.....	37
7.2.3	Beräkning av dagvattenflöde enligt rationella metoden.....	38
7.3	Kriterier för val av lösningar.....	38
7.3.1	Intervju.....	38
7.3.2	Multikriterieanalys.....	39
7.4	Förslag på lösningar.....	41
7.4.1	Teknologårdsslätten	42
7.4.2	Olgas trädgård.....	42
7.4.3	Kårhusallén	44
7.4.4	Regnträdgården	44
7.4.5	Skogsdungen och gröna väggen.....	45
7.4.6	Geniknölen.....	46
7.4.7	A-dammen.....	47
7.4.8	Beräkning av dagvattenflöde enligt rationella metoden med hänsyn till lösningar	48
8	Diskussion.....	50
8.1	Val av område	50
8.2	Val av lösning	51
8.3	Tillämpning av lösning	53
8.4	Fortsatta studier.....	54
9	Slutsats	55
10	Källförteckning	56
11	Bilagor.....	61

1 Inledning

Dagens urbaniserade samhälle sätts dagligen på prov, inte minst på grund av klimatförändringar som påverkar samhället på många sätt. På grund av klimatförändringarna ökar nederbörden samtidigt som extrem torka kommer inträffa oftare i framtiden. Dagvattenhanteringen blir därför alltmer kritisk framför allt i urbana stadsmiljöer. Sverige är i år 2021 urbaniserat till 88 % och förväntas fortsätta ha en stor ökning fram till 2050 till över 90 % (Förenta Nationerna [FN], 2018). Ökad risk för översvämningar samt skador på infrastruktur, stadsområden och egendom har blivit ett faktum på grund av förhöjda mängder regnvatten och behovet av hållbara dagvattenlösningar har aldrig varit mer påtagligt. På grund av urbaniseringen och industrialiseringen har skogar och grönområden exploaterats och ersatts med byggnader och asfalt (United States Environmental Protection Agency [EPA], u.å.). Nederbörden som tidigare infiltrerades direkt ner i marken rinner nu från tak och gator och tar på vägen upp föroreningar. Det kontaminerade dagvattnet når sedan vattendrag, vilket hotar både marina ekosystem och vår miljö på land. Dagens städer står nu inför nya utmaningar att samtidigt som förtätning sker, hantera dagvattenfrågan ur ett hållbart perspektiv, från källa till recipient, för att behålla städernas funktion och attraktiva miljö (EPA, u.å.).

Chalmers tekniska högskola i Göteborg grundades år 1829 och är idag ett av de främsta tekniska universitetet i Sverige (Chalmers tekniska högskola, 2020). Universitetet har för nuvarande tre huvudcampus, ett på Johanneberg, ett vid Lindholmen och ett rymdobservatorium i Onsala. Alla dessa går under ledorden Avancez - framåt. För tillfället är Chalmers största campus till ytan förankrat på Johanneberg. Campus Johanneberg är fyllt av aktivitet och möjligheter för studenter och anställda, något som är otroligt viktigt för att bibehålla en inspirerande och lärorik miljö. Frågan är dock om de som vistas på Chalmers campus dagligen upplever detta oavsett om de vistas utomhus eller inne under tak, eftersom upplevelsen av campus är väderstörd. Chalmers campus framstår nämligen som öde under dagar med mycket nederbörd då de allra flesta söker sig in i det torrare och mer bekväma klimatet. Eftersom stora delar av campus Johanneberg är relativt tomma, hårdgjorda ytor är bristen på trivsamma sociala och rekreativa ytor ett faktum och något som bör adresseras. Stora vattenpölar breder ut sig under de mest kritiska väderdagarna från ena sidan av campus till den andra, och studenter och anställda har inget annat val än att skynda sig undan det värsta regnet.

Detta kandidatarbete har som mål att vända studenternas och de anställdas dystra miner till motsatsen – du skall inte bli besvärad och nedstämd endast för att det regnar en morgon när du passerar campus, snarare tvärtom. Lösningen på detta problem finns i öppna dagvattenlösningar med ett socialt mervärde, som kan leda till en mer trivsam och modern miljö. Regn i vardagen på Chalmers campus skall öppna upp en möjlighet, skapa leenden och öka interaktioner samt kreativitet hos de som vistas i området, oavsett om de är där tillfälligt eller besöker det på daglig basis. Allt detta för att Chalmers tekniska högskola skall anses som "Världens bästa campus när det regnar".

1.1 Bakgrund

Sveriges riksdag har beslutat om 16 nationella miljö kvalitetsmål. Det är mot dessa mål som svensk politik och näringsliv måste sträva för att uppnå de globala hållbarhetsmålen i FN:s Agenda 2030 (Sveriges miljömål, 2020). Hållbar dagvattenhantering bidrar till arbetet med dessa mål, de är en del av den omfattande samhällsomställningen som behöver genomföras för att målen skall kunna nås. Grunden till allt handlar om Generationsmålet - "miljöarbete till kommande generationer", genom att utföra ett hållbart och långsiktigt arbete nu kan vi lämna över ett samhälle med betydligt mindre miljöproblem (Sveriges miljömål, 2020). Det är även en fråga om ekonomi, genom att göra klimatanpassningar i tid kommer mycket pengar och tid sparas (Karlsson, 2021). Översvämningar förväntas exempelvis kunna ge stora skadestnader på olika sorters bebyggelse och infrastruktur, samt utgöra ett hot mot samhällsviktig verksamhet och

framkomlighet. Därför är det viktigt att minimera översvämningsrisken och omgivningspåverkan som framtida klimatförändringar förväntas leda till (Karlsson, 2021).

1.1.1 Nederbörd

Vattnet på jorden är i ständig cirkulation genom att färdas från land och hav till atmosfär via avdunstning och kondensation. Denna cirkulation beskriver vattnets kretslopp, den hydrogeologiska cykeln, och innebär att solens strålar avdunstar vatten på jorden till atmosfären. I atmosfären sker kondensation och molnbildning, och vattnet återförs sedan till land och hav i form av nederbörd som regn, snö eller hagel (Nationalencyklopedin, u.å.). På grund av klimatförändringar och global uppvärmning till följd av ökade utsläpp av växthusgaser kommer nederbörden öka och bli mer extrem (Kundzewiz, 2008). Den ökade nederbörden innebär att dagvattenhanteringen måste utvecklas, huvudsakligen i tätbebyggd stadsmiljö där befintliga dagvattenlösningar inte har tillräckligt stor kapacitet att ta hand om nederbörden (Naturvårdsverket, 2021). Enligt Naturvårdsverket (2020a) innebär klimatförändringarna att nederbördsvolymerna i Sverige kommer bli större under höst, vinter och vår medan klimatet sommartid blir torrare. Förändringar i klimatet jämförs och studeras kontinuerligt, och enligt Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut, SMHI (2019b) har betydande ökning av nederbörd och temperatur redan skett. Västra Götaland är det område i Sverige där nederbörden har ökat mest sedan 1960-talet och under vinterhalvåret uppmättes en förändring på hela 30 %. Regnmängder som avsevärt överskrider de normala kallas för extrem nederbörd och kan exempelvis vara skyfall på 50 mm/h (SMHI, 2018). Tidigare har extrem nederbörd inträffat vart tjugonde år och förväntas nu istället inträffa vart åttonde år, men kan även förvärras till vart tredje år på vissa håll vintertid (SMHI, 2017).

1.1.2 Dagvattensintegrerad samhällsplanering

Enligt Lagen om allmänna vattentjänster (SFS 2006:412) är huvudmannen för ett område eller en fastighet ansvarig för att tillhandahålla en fungerande vatten- och avloppsanläggning, i vilken dagvattenhantering ingår. Vidare anger Plan- och bygglagen (SFS 2010:900) att dagvatten skall vara en del av detaljplanen genom att reglera de fysiska förutsättningarna som behövs för en fungerande dagvattenhantering. Enligt Boverket (2019a) ökar risken för dagvattenproblem vid stora dagvattenflöden då dagvatten- och avloppssystemen inte har tillräcklig kapacitet för att hantera de stora vattenmängderna. För att minska risken för förödande översvämningspåföljder på bostäder, infrastruktur och andra samhällsfunktioner används fördröjning och lokal infiltrering genom öppna dagvattenlösningar. Göteborgs Stad (u.å.) har utformat ett fördröjningskrav som skall leda till minskade flödestoppar och förhoppningsvis avlasta det redan hårt belastade ledningssystemet. Detta krav finns för att minska risken för översvämnings när det befintliga ledningssystemet inte klarar av att leda bort stora mängder vatten. Naturvårdsverket (2019) ger i en rapport på uppdrag av regeringen förslag på hur dagvatten skall integreras i samhällsplaneringen. Rapporten definierar begreppet hållbar dagvattenhantering som ett system där dagvatten hanteras som en resurs. Dagvattenlösningar skall leda till att reducera mängden föroreningar i vattendrag samt minska risken för översvämnings och påföljande skador för samhälle och miljö.

1.1.3 Dagvattensintegrerad och social områdesplanering på Chalmers campus

Forskning och utbildning vid Chalmers tekniska högskola utövas på de tre campusen: campus Johanneberg, campus Lindholmen och Onsala rymdobservatorium, varav endast campus Johanneberg kommer tas upp i denna rapport och benämnas som Chalmers campus. Chalmers campus ligger centralt i Göteborg och är en utbildningsplats i samverkan med näringslivet (Chalmers tekniska högskola, 2019a). Där verkar mer än hälften av Chalmers tekniska högskolas anställda och studenter på ett stort område som binds ihop av gångstråk och grönytor. I en plan för Chalmers campusutveckling fram till år 2050 har områdesplaneringen belysts av dagvattenfrågor (Chalmers tekniska högskola, 2019b). Visionen i planen är att en kreativ och öppen dagvattenhantering på campus skall skapa en inbjudande och attraktiv plats för rekreation. Denna vision är en del av planens målformulering ”Grönt campus som främjar ekologiska värden” som beskriver att grön- och blåstruktur på Chalmers campus skall bidra till optimering av ekosystemtjänster och på så sätt

bidra till människors välmående samt stärka de ekologiska värdena. I campusplanen framgår det också tydligt att de sociala värdena, i form av vackra miljöer, rika utbud av vardagsservice, aktivitet och möjlighet till rekreation är viktiga för Chalmers campusutveckling.

1.2 Syfte och mål

Syftet och målet med kandidatarbetet är att genom en kvantitativ och kvalitativ metod undersöka hur Chalmers campus kan utveckla sin dagvattenhantering för att bemöta den ökade mängden dagvatten och samtidigt utveckla sociala mötesplatser. En del av syftet är därför att finna och utvärdera tekniska lösningar utifrån funktion, estetik, ekologiska och socialt perspektiv för att ge förslag på hur Chalmers campus kan formas för att i framtiden bli "Världens bästa campus när det regnar".

1.2.1 Delmål

- Kartlägga problematiken med dagvatten nationellt och på Chalmers campus.
- Ge exempel på allmänt existerande och realistiska dagvattenlösningar samt sociala mötesplatser.
- Identifiera kritiska platser på Chalmers campus.
- Beskriva de kritiska platserna utifrån befintlig utformning.
- Applicera och illustrera lösningsförslag för dagvattenhantering för de kritiska platserna ur socialt, hållbart och tekniskt perspektiv.
- Diskutera och motivera lösningsförslagen.

1.3 Avgränsningar

Avgränsningar måste göras för att minska risken för överflödigt arbete som inte håller sig inom ramen för syftet och frågeställningen. Att studera hela campus Johanneberg blir för omfattande även om det finns en poäng i att hitta lösningar som samverkar över hela området, både när det gäller förmågan att hantera översvämningar samt att skapa ett enhetligt campus. En avgränsning är därför att fokusera på de mest kritiska platserna på campus för att förslagen som ges skall vara nödvändiga, användbara och således ge resultat i dagvattenhanteringen. För att dagvattenlösningarna skall vara i linje med Chalmers tekniska högskolas faktiska verksamhet kommer endast Chalmers campus befintliga utseende och ändamål att beaktas vid framtagning av nya dagvattenlösningar. Detta för att rapporten skall resultera i relevant material för den verkliga utvecklingen av Chalmers campus. Förslagen kommer vara applicerbara på Chalmers campus befintliga utseende, utan att vara i konflikt med den huvudsakliga verksamheten. På grund av detta blir lösningar endast väsentliga om de kan kombineras med befintligt campus.

Rapporten kommer endast behandla öppna, blågröna dagvattenlösningar. Detta innebär att slutna dagvattenlösningar som till exempel dagvattenbrunnar och dagvattenledningsnät inte kommer vara en del av lösningsförslagen. Den verkliga helhetslösningen kommer däremot vara ett samspel mellan de befintliga slutna dagvattenlösningarna som finns på Chalmers campus och de föreslagna öppna dagvattenlösningarna. Denna avgränsning görs för att tydligt fokusera på de sociala och ekologiska aspekterna med dagvattenlösningar, då dessa aspekter inte är lika framträdande i en sluten dagvattenlösning som i en öppen. Fokus kommer ägnas åt lösningarnas estetiska utformning. Därför blir de öppna, gröna och blåa, dagvattenlösningarna ett bättre alternativ än slutna då dessa anses bidra mer till en stimulerande och rekreativ miljö.

Dagvattenlösningarna kommer bedömas utifrån för- och nackdelar ur många avseenden, där kostnaden för lösningen inte kommer tas i beaktning. Denna avgränsning angående ekonomiska aspekter görs då gruppen främst valt att fokusera på hur lösningarna leder till ett bättre campus ur socialt perspektiv, snarare än vad som är en rimlig ekonomisk investering. Den ekonomiska aspekten är däremot en del av många utvärderingskategorier vid val av dagvattenlösning, men lösningarnas kostnader kommer inte kalkyleras.

1.4 Definitioner

Ekologiskt hållbart	Långsiktigt bevarande av jordens ekosystem och funktioner, vilket i denna rapport främst avser tillhandhållande av rent vatten och klimatreglering genom dagvattenhantering.
Socialt hållbart	Människors välbefinnande och livsvillkor i samhället som i denna rapport avser att skapa inkluderande, trygga och trivsamma miljöer som ger möjlighet för interaktion och rekreation.
Tekniskt hållbart	Teknik som uppfyller sin funktion, vilket i denna rapport innebär att en dagvattenslösning effektivt skall behandla dagvatten.

1.5 Problemformulering

Ökad nederbörd som en följd av klimatförändringarna skapar stora utmaningar för dagvattenhanteringen på Chalmers campus. I framtiden kommer det ställas högre krav på den fysiska miljön för att undvika översvämningar, då kraftiga skyfall beräknas uppkomma mer frekvent. Projektet kommer belysa denna problematik genom att undersöka möjliga kritiska områden på Chalmers campus både ur ett tekniskt-, ekologiskt- och socialt hållbart perspektiv, se definitioner. Då det i nuläget finns en brist på sociala mötesplatser i utomhusmiljön på Chalmers campus, speciellt vid nederbörd, är detta en faktor som åläggs stort fokus i arbetet.

1.5.1 Frågeställning

Utifrån bakgrund och problemformulering har följande frågeställning valts för att uppnå kandidatarbetets syfte:

Hur kan Chalmers campus anpassa sig efter klimatförändringarna och samtidigt förse både studenter och anställda med en attraktiv och social miljö?

För att besvara frågeställningen och uppnå kandidatarbetets syfte, mål och delmål har följande delfrågeställningar tagits fram:

- Hur ser den nationella och lokala dagvattenhanteringen ut idag?
- Var finns kritiska platser beträffande dagvatten på Chalmers campus?
- Förhindras vistelse på de kritiska platserna på grund av dagvatten? Finns det behov av dagvattenlösningar och sociala lösningar?
- Vilka dagvattenlösningar är applicerbara? Ur socialt, ekologiskt och tekniskt hållbart perspektiv.
- Vilka utmaningar finns kring dagvattenslösningarna? Vilken lösning är mest optimal ur både dagvattenperspektiv och socialt perspektiv?

2 Dagvattenproblem

Den ökade mängden dagvatten innebär att hanteringen av dagvatten behöver utvecklas och förbättras. Detta för att möta de problem den ökade dagvattenmängden ger upphov till. Problemen förvärras också av den pågående urbaniseringen, vilket gör att ökat behov av rening uppstår. Nedan beskrivs två huvudsakliga dagvattenproblem. I de två efterföljande avsnitten, 3 och 4, beskrivs exempel på öppna dagvattenlösningar och sociala lösningar.

2.1 Översvämningensrisk

Ett dagvattenproblem, som framför allt är kopplat till den ökade mängden nederbörd till följd av klimatförändringarna, är risken för översvämning av de underjordiska ledningarna i avloppssystemet. I en underlagsrapport till den nationella klimat- och sårbarhetsutredningen skriver Svenskt Vatten (2007) att den klimatförändrande nederbörden ökar risken för översvämningar i systemen vilket kan leda till bräddning, alltså tillfälligt utsläpp av obehandlat avloppsvatten i naturen. I många städers centrala delar är ledningarna för dagvatten kombinerade med ledningarna för spillvatten, vilket gör att mängden vatten i avloppssystemet i dessa kombinerade delar starkt påverkas av nederbörden (Rodríguez et al., 2012). Vid skyfall finns det stor risk att de kombinerade systemens kapacitet inte är tillräcklig och det obehandlade vattnet tvingas släppas ut. I Göteborg dominerande det kombinerade avloppssystemet med tillhörande bräddavlopp fram till 1955, då började övergången till duplikatsystem vid tillbyggnad eller ombyggnad, men stora delar av det kombinerade systemen finns kvar i de centrala delarna med påföljande risk för bräddning (Göteborgs Stad, u.å.). Naturvårdsverket (2020a) understryker de konsekvenser all form av bebyggelse riskerar på grund av den ökade nederbörden. En överbelastning av avloppssystemet innebär att ledningarna inte kan ta emot allt vatten, vilket i sin tur leder till översvämningar i källare och dylikt. Vidare skriver Naturvårdsverket att utsläpp av kontaminerat vatten som följd av översvämning av avloppssystemet kan riskera säker och ren dricksvattenförsörjning.

2.2 Föroreningar och näringsämnen i dagvatten

Föroreningar och skadliga mängder av näringsämnen i dagvatten är ett viktigt problem att behandla i hållbar dagvattenhantering. När ett befintligt dagvattensystem blir överbelastat innebär det att recipienten tar emot vatten med högt och i vissa fall skadligt näringsinnehåll (Wadzuk, DelVecchio, Sample-Lord, Ahmed, & Welker, 2021). Näringstillförseln i form av kväve och fosfor kan leda till fiskdöd, övergödning, skadlig algblomning, degradation av habitat samt förändrade ekosystem. Alltså måste mängden kväve och fosfor reduceras för att utsläppshalterna i dagvattnet ska minska (Naturvårdsverket, u.å.). Fosforreducering sker främst genom växtupptag men också genom sedimentation. Denitrifikationsprocessen, alltså reduktionen av kväve, gynnas av syrefria förhållanden för att effektivt bryta ner kvävet. Både fosforreducering och kvävereducering är två processer som sker parallellt i naturliga våtmarker, detta är något som försöks efterlikna i konstgjorda dagvattenlösningar på olika sätt (Naturvårdsverket, u.å.).

Förutom höga halter av näringsämnen innehåller dessutom dagvatten i urbana miljöer andra föroreningar som metaller, kemikalier och partiklar (Viklander et al., 2019). En av de största källorna till föroreningarna är trafik och byggnadsmaterial. Partiklar förekommer i olika former och storlekar och fungerar enligt Viklanders et al. rapport som bärare av andra föroreningar som tungmetaller och organiska ämnen. Tungmetallen koppar är ett metalliskt grundämne som finns i olika byggmaterial, så som vattenledningar och tak (Naturvårdsverket, 2020b). Även trafik ger upphov till kopparutsläpp då fordon bromsar. Metallen är livsnödvändig för levande organismer, men enligt Naturvårdsverket är höga halter däremot toxiska och koppar ses därför som en förorening när den hamnar i naturen. I Göteborgs stad finns det krav på att dagvatten från kopparytor måste renas, samt att rening av dagvatten bör ske i direkt anslutning till källan för att förebygga spridning av koppar i naturen och till recipienter (Göteborgs Stad, 2021).

Andra ämnen som förekommer i dagvattnet är exempelvis mikroplaster. Slitage av bildäck, trafiklinjefärg, rester av nedskrapning av plaster och byggarbetsplatser är källor till att mikroplaster sprids i dagvattnet (Viklander et al., 2019). Vilken effekt mikroplaster har på omgivningen är dock fortfarande relativt outforskat, men mikroplaster kan exempelvis agera som bärare av andra föroreningar. Viklander et al. skriver att en annan viktig parameter när det kommer till dagvattenkvalitet är mängden lösta partiklar, vars källa främst är byggarbetsplatser och vägytor. Suspenderat material och sediment kan transportera stora mängder föroreningar som exempelvis organiska ämnen, bakterier, tungmetaller och salter. Dessutom är spridningen av organiska föroreningar i dagvattnet viktigt att nämna, organiska föroreningar i form av kolväten är den mest utbredda föroreningsgruppen i dagvatten i urbana områden. Oavsiktlig oljespillning, dumpning av bränslen eller olja, fordonsutsläpp och slitage av gator är alla källor till utsläppen av kolväten (Viklander et al., 2019). Utöver dessa ämnen bör även levande mikroorganismer nämnas, i form av patogener som virus, bakterier och parasiter. Patogener kan komma från den naturliga miljön, djurspillning samt organiskt avfall. Patogener kan transporteras via dagvattenavrinning och förorena exempelvis vattenresurser för dricksvatten (Viklander et al., 2019).

3 Öppna dagvattenlösningar

Ett av målen med en hållbar dagvattenhantering är att fördröja vattenflödet längs med hela systemet, från källa till recipient (Pettersson, 2021). Det finns 4 grundprinciper för fördröjning av dagvatten, (1) lokalt omhändertagande, (2) fördröjning nära källan, (3) trög avledning och (4) samlad fördröjning (Svenskt Vatten, 2011). De två första principerna är fördröjning vid eller nära källan och är de kategorier som skall utvärderas för möjlig dagvattenhantering på Chalmers campus. I en hållbar dagvattenhantering används ofta öppna dagvattenlösningar så kallade blå-gröna lösningar eftersom dessa kan minska de negativa effekterna av urbanisering och är anpassade för förändrade klimat (Wihlborg et al., 2019). De anpassar sig enligt Wihlborg et al., genom att exempelvis reglera vattenmängder samt öka biologisk mångfald och rekreation i urbana miljöer. I detta kapitel beskrivs funktionen av olika öppna dagvattenlösningar samt hur dessa kan leda till en minskad risk för dagvattenproblem i en urban miljö. I tabell 1 presenteras de lösningar som tas upp i kapitlet och förklarar vilken typ av fördröjning som respektive lösning behandlar.

Tabell 1. Grundprinciper för fördröjning av dagvatten med kopplade dagvattenledningar till receptive princip.

Kategori	Öppna dagvattenlösningar
(1) Lokalt omhändertagande	Permeabla ytor Gröna tak och väggar Regnåtervinning
(2) Fördröjning nära källan	Permeabla ytor Regnträdgård & regnrabatt Dagvattendamm Öppna fördröjningsmagasin

3.1 Öppna fördröjningsmagasin

Ett generellt begrepp inom dagvattenhantering är fördröjningsmagasin vilket är ett område som kan fördröja eller uppehålla en stor mängd vatten för att motarbeta oönskade översvämningar. Flera av lösningarna i tabell 1 fungerar som öppna fördröjningsmagasin. De öppna fördröjningsmagasinen kan bestå av exempelvis en hårdgjord bottenyta eller av ett dränerande material likt gräs eller grus. Infiltration sker då bottenytan är dränerande och vatten tränger sig ner i marken där det samtidigt till viss del renas (Erickson et al., 2016). Då dessa ytor sällan kommer vara vattenfyllda är det passande att använda sig av större grönytor med sittplatser alternativt lekplatser (Huddinge kommun, 2014).

3.2 Permeabla ytor

Gatuelement som gång- och cykelvägar samt parkeringar är primärt belagda av hårdgjorda material, till exempel asfalt eller marksten. I boken *Permeable Pavements* (2015) skriven av Eisenberg et al. beskrivs hur dagvattenhantering kan integreras i de hårdgjorda gatuelementen. För att implementera dagvattenhantering i dessa element, men samtidigt inte störa elementens funktion, kan de hårdgjorda materialen kombineras med gröna ytor för att öka nederbördsinfiltrationen lokalt i marken. Denna kombination bildar en permeabel yta som vanligtvis är ett konstgjort ruttmönster av hårdgjorda och gröna

material, se figur 1 för exempel på Chalmers campus där gräs och marksten fungerar som permeabel yta under en cykelparkering. Enligt Eisenberg et al. leder blandningen av hårdgjorda och gröna material till att marken blir tillräckligt stabil för att fortfarande användas i sitt syfte, men bidrar samtidigt till en naturlig dagvattenhantering. Boken tar också upp exempel på permeabla ytor som, istället för en kombination av hårdgjorda och gröna material, består av till exempel genomsläpplig asfalt och betong eller grus. Enligt en rekommendation för drift och underhåll av dagvattenläggningar krävs ett visst underhåll för att permeabla ytor skall fungera så effektivt som möjligt (Blecken, 2016). Underhållet innefattas av skräpplockning, bortforsling av sediment eller vakuumsug för genomsläppliga asfalt.



Figur 1. Permeabel cykelparkering på Chalmers campus.

Permeabla ytors primära funktion som dagvattenlösning är minskad vattenavrinning till andra områden. Genom denna minskade avrinning reduceras också föroreningar i vattendrag naturligt. Enligt en artikel skriven av Kamali et al. (2017) kan upp till 46 % av vattenföroreningar anknytas till avrinning från urbana miljöer. Vidare i artikeln framgår det att med permeabla ytor infiltreras nederbörden direkt ner i marken istället för att rinna längs gråa, ogenomsläppliga, ytor där förorenade ämnen samlas upp och sedan når vattendrag. Effektiviteten i avrinningen undersöks i en artikel skriven av Valinski och Chandler (2015). Slutsatsen är att valet av det permeabla materialet inte påverkar effektiviteten lika mycket som uppbyggnaden av den permeabla ytan. Anledningen till att utformningen är viktigare än materialet är att utformningen kan påverka hur blockerat det permeabla materialet blir. Författarna presenterar lämpliga platsdesigner där sediment kan samlas på ett sätt som gör att underhållet av det permeabla materialet förenklas. Bland annat kan permeabel markbeläggning i form av grus eller gräs inrama en parkeringsplats eller konstgjorda diken av sten skapas för att utgöra 'skräpfång' som enkelt kan rengöras.

3.3 Gröna tak och väggar

Ökade perspektiv i plan- och byggprocessen har lett till att även design och utformning används som ett medel att göra ett projekt mer hållbart (Sarté, 2010). Ett sätt att kombinera design med dagvattenhantering är enligt Sarté att montera grönska på byggnaders väggar och tak. Gröna väggar och tak beskrivs av Boverket (2019b) som vegetationsbeklädda byggnadselement med syfte att bidra till biologisk mångfald, sänka den lokala temperaturen och ljudnivån, fördröja och reducera dagvatten och samtidigt ge mer grönska i stadsrummet utan att uppta plats. Figur 2 nedan visar exempel på ett grönt tak samt en grön vägg.



Figur 2. Vänster: "Green roof", foto av Arlington County, u.å., Creative Commons. Licensierad genom CC BY-SA 2.0. Höger: "Musée du quai Branly – green wall", foto av Paolo Rosa, u.å., Creative Commons. Licensierad genom CC BY-NC-ND 2.0.

Exploateringen i urbana städer har lett till att upp till hälften av den hårdgjorda ytan i städer utgörs av tak (Mentens et al., 2006). I samma artikel skriver Mentens et al. att 45–75 % av nederbördsavrinningen kan reduceras om taken utformas som gröna tak. Reduceringen innebär att avrinningen minskar tack vare de gröna takens absorption, som leder till att stor del av nederbörden tas upp direkt på taket och inte rinner vidare ner till marken med risk att överbelasta ledningssystemen. Artikeln beskriver också de gröna takens uppbyggnad, och hur denna påverkar effektiviteten som dagvattenlösning. Gröna tak består av ett vegetationslager, där växterna fästs och vatten kan hållas kvar, samt ett dräneringslager med syfte att leda bort den nederbörd som inte kan tas upp av växterna. Beroende på vegetationslagrets tjocklek reduceras nederbörden olika mycket, där ett tjockare lager ger störst effekt. Vidare skriver Mentens et al. att gröna tak är en anpassbar dagvattenlösning då många tak i urbana miljöer är konstruerade på ett sådant sätt att installation av ett grönt tak inte är särskilt komplicerad. Gröna väggar kräver däremot en mer avancerad teknik eftersom vegetationen skall monteras vertikalt ut från väggen (Lau & Mah, 2018). Gällande gröna väggars effektivitet som dagvattenlösning, alltså mängden nederbörd som kan reduceras, uppgår denna till 55 % enligt Lau och Mah. Detta betyder att gröna väggar inte är lika effektiva som gröna tak i dagvattenaspekt.

Fördelarna med gröna väggar och tak i stadsrummet är många. I en artikel skriven av Manso et al. (2021) beskrivs dessa fördelar ur byggnadstekniska- och urbana perspektiv. Genom att beklä en byggnad i vegetation kan transmissionen av vind, kyla, värme och ljud minska vilket i sin tur leder till energisparkostnader. Vidare beskriver artikeln att gröna väggar och tak har en god potential att förse den omkringliggande miljön med ekosystemtjänster. Bland annat bidrar gröna väggar och tak till förbättrad luftkvalité lokalt då de monterade växterna kan binda luftföroreningar och konsumera koldioxid. Även den lokala temperaturen upplevs behagligare då växterna kan absorbera solljus, denna absorption är också viktig för växternas välmående och funktion. Slutligen tar artikeln upp de sociala fördelar växtbeklädda byggnader kan ge upphov till. Författarna menar att det är svårt att kvantifiera det sociala värdet, men skriver också att grönska i staden är stressdämpande. Dessutom ökar den visuella effekten av en byggnad då de är växtbeklädda vilket leder till att fler personer trivs i stadsrummet. Trots många fördelar med gröna tak och väggar ses de ökade underhållskostnaderna som ett hinder, i synnerhet i länder med kallare klimat (Andenæs et al., 2018). Gröna tak, och till viss del väggar, kräver generellt inte mer underhåll än andra grönytor på mark men totalt ökar underhållsbehovet i och med att antalet gröna ytor ökar.

Enligt en artikel om växternas roll i dagvattenhanteringen för gröna väggar och tak bör det tas i beaktning hur vegetationen påverkas av klimatet (Schroll et al., 2011). Författarna menar att ett kallare klimat inte behöver innebära att gröna väggar och tak inte kan fungera som dagvattenlösning, utan påpekar istället

vikten av val av växter. Det är en utmaning för vegetationen att behandla sval nederbörd, och artikeln mynnar ut i en efterfrågan på mer forskning om vilka typer av växter och växtkombinationer som kan fungera i kallare klimat. Under sommarmånaderna, när växterna är mer aktiva och det varmare klimatet ökar avdunstningen, är effektiviteten i dagvattenhanteringsaspekt för gröna väggar och tak högre än under andra årstider (United States General Services Administration [GSA], 2011). Mellan sommar och vinter kan avrinningsreduceringen minska med upp till 25 %.

3.4 Regnträdgårdar och regnrabatter

Regnträdgårdar är en dagvattenlösning som blir alltmer populär i stadsmiljö och har flera fördelar (Vineyard et al., 2015). När ett befintligt dagvattensystem blir överbelastat innebär det att recipienten i form av vattendrag, sjöar och hav tar emot vatten med högt, skadligt, näringsinnehåll. I artikeln ”Nutrient Removal in Rain Garden, Lysimeters with Different Soil Types” (2021) beskrivs det vidare att näringstillförseln i form av kväve och fosfor kan leda till fiskdöd, övergödning, skadlig algbloomning, degradation av habitat samt förändrade ekosystem. Artikelförfattarna anger fortsättningsvis att en möjlig åtgärd för att förebygga spridningen av näringsämnen är regnträdgårdar. Regnträdgårdar fördröjer inte bara vattnet utan kan även minska mängden föroreningar i vattnet. En regnträdgård efterliknar naturlig hydrologi genom exempelvis växtupptag, avdunstning, infiltration samt sedimentation. Även andra mekanismer som absorption, och biologisk nedbrytning och med hjälp av kemisk fällning kan föroreningarna reduceras till ofarliga nivåer (Wadzuk et al., 2021). Regnträdgårdens egenskaper bygger på dess utformning som exempelvis typ av jordlagerföljd och vilken typ av växtlighet som planteras. Regnträdgårdens funktion är att både infiltrera stora mängder nederbörd samtidigt som föroreningar skall fångas upp, vilket kräver en kombination av metoder. För att skapa en effektiv infiltration av regnvattnet krävs en sandig jord med hög permeabilitet, men för att minska mängden föroreningar är en jord med lägre permeabilitet att föredra. Den biologiska processen, jonutbytet och noggrannare filtration gynnas av en jord med finare lerpartiklar. Sammanfattningsvis kan en välgärderad jord med en spridning av kornfraktioner därför vara fördelaktigt (Wadzuk et al., 2021).

Regnträdgårdar anses vara en positiv lösning utifrån flera aspekter, anläggningar som dessa bidrar med grönska i stadsmiljön vilket har många goda effekter enligt SMHI (2019a). Den lokala luftkvaliteten och det lokala klimatet förbättras, olika insekter och organismer frodas och den biologiska mångfalden främjas. Även människor mår bättre av en lummigare och grönare omgivning, vilket regnträdgården bidrar med. Regnträdgården erbjuder alltså dessutom viktiga ekosystemtjänster (SMHI, 2019a). Funktionen hos en regnträdgård blir bäst om det finns en variation av växter, dessutom måste växterna vara tåliga för att klara av korta blöta perioder och längre perioder av torka. Exempel på växter som både renar vattnet och förekommer naturligt i Sverige är rörfen, knölsyska, flaskstarr och knapptåg. Vackra perenner, alltså fleråriga växter, som också fungerar är sumpkalla, svärdsilja och astilbe som syns i figur 3. (Göteborgs Stad, u.å.).



Figur 3. Vänster; Rain Gardens at ANC. Foto: Arlington National Cemetery, CC search (<https://search.creativecommons.org/photos/43693359-1b4b-4ba2-9bc2-ab644695fb8e>) CC PDM 1.0 Mitten; Perenn, Astilbe. Foto: Jeff Hart, Flickr. (<https://www.flickr.com/photos/90338469@N00/2529403971>) CC BY 2.0. Höger; Rain Garden at U.S Naval Academy, Foto: Matt Rath/Chesapeake Bay Program, 2010, Flickr (<https://www.flickr.com/photos/chesbayprogram/5688200026>) CC BY-NC 2.0

För att närmare undersöka hur en regnträdgård kan vara konstruerad studeras ett exempel i Kviberg, Göteborg (SMHI, 2019a). Där har en stor regnträdgård, även kallad regnrabatt, anlagts. Syftet är att ta vara på dagvatten från en parkering med kapacitet för 500 bilar, där rabatten utgör 5 % av parkeringens totala avrinningsyta. Anläggningens uppbyggnad består av följande lager:

- Växtjord, en blandning av sand och organiskt material. Detta för att växterna ska trivas samtidigt som vatten skall kunna infiltreras.
- Mineraljord, skapar en stabilitet. För att inte få sättningar är det viktigt att detta lager inte innehåller organiskt material.
- Grovsand.
- Makadam, ett mycket dränerade lager i botten av bädden. Från makadamlaget dras en dräneringsledning som för bort vattnet.
- Geotextil, används för att skydda rabatten från erosion och leran runt om, men är inte alltid nödvändig beroende på jordmån.

Jord uppblandat med makadam, även kallad skelettjord, används på de platser där träd planterats, detta för att trädens rötter skall kunna få syre. En utvärdering av regnrabattens reningseffekt gjordes och gav bra resultat. Innan regnrabatterna anlagts var halterna av kadmium, bly, suspenderat material, zink, koppar och fosfor över de riktvärden som Göteborgs stads miljöförvaltning satt upp. Efter att vattnet renats genom regnrabatterna gjordes mätningar igen vilket visade en betydande sänkning av samtliga föroreningars koncentration. Koppar var den enda föroreningen som inte renats lika bra i regnrabatten, vars koncentration fortfarande överskred riktvärdet (SMHI, 2019a).

3.5 Dagvattendammar

Göteborgs stad (2017) skriver att en dagvattendamm är en anlagd konstruktion för vattensamling som bidrar till fördröjning av stora mängder dagvatten. Dammen kan utformas på många sätt, torrlagd under längre tid eller med en konstant vattenspegel, en hårdgjord eller mjuk konstruktion. Gällande biologisk mångfald är dammar en lämplig dagvattenlösning, och nyttan beror vidare på bland annat dammens utformning, läge och vattenkvalitet. Vidare skriver Göteborgs stad (2017) att dagvattendammar omhändertar både vardagligt regn och skyfall. Principen för att utforma en dagvattendamm som fördröjningsmagasin innebär att inloppet i dammen är på samma nivå som den höjd vattenytan kan komma att stiga till vid det dimensionerande

regnet. Nivån på utloppet i dammen är däremot densamma som normalvattenytan. Om en dagvattendamm skall innefatta en permanent vattenspiegel sänks dammens botten under normalvattennivån, således töms inte dammen helt (Göteborgs Stad, 2017).

Enligt Göteborgs stad (2017) påverkas en dagvattendamms reningseffekt av dess utformning samt ifall det är en torr eller våt damm, där en våt och avlång damm har betydligt högre reningseffekt än en torr och rund damm. I en studie visar Egemose et al. (2015) hur utformningen av dagvattendammen är viktig för avlägsnande av tungmetaller. Studien klargör hur dammens fysiska parametrar påverkar dess effektivitet mer än kemikaliska parametrar som organiska material, pH och syre. Egemose et al. (2015) skriver att de parametrar som har en betydande roll i avlägsnandet av metaller är dammens storlek, ålder och sedimenteringen i dammen. Studien visar att en yngre dagvattendamm, 1–2 år, effektivt tar bort metallerna koppar, krom, kadmium, bly, nickel och zink medan äldre dammar, 30–40 år, endast avlägsnar bly, nickel och zink.

I en rapport skriver Al-Rubaei et al. (2017) om vikten av underhåll och kontroll för att upprätthålla funktionen hos dagvattendammar. Studien visar hur dammens design kan försvåra en inspektion samt hur viktigt det är för att kontrollanter och underhållsmaskiner enkelt skall kunna ta sig till platsen. En öppen dagvattendamm är en oskyddad yta och för att funktionen inte skall försämrats krävs att eventuella problem löses så snabbt som möjligt. Avsaknad av tillgänglighet gör att inspektioner sällan sker och dagvattendammens funktion brister. Vidare lyfter Al-Rubaei et al. (2017) betydelsen av en försedimenteringsdamm för att fånga grova sediment vilket underlättar tömning av dammsediment och således gör dammen mer drifteffektiv och enklare att underhålla. Ett mått på dammens förmåga att avskilja sediment är dess hydrauliska effektivitet vilken beror på inloppets läge i förhållande till utloppet och dagvattendammens form samt en tydlig koppling med dammens area. Sammanfattningsvis, aspekter som bör tas i beaktande gällande design av en dagvattendamm är tillgänglighet, sedimentering och geometri (Al-Rubaei et al., 2017).



Figur 4. Dagvattendamm på en grönyta i Augustenborg. Att anlägga kanaler och dammar i den befintliga miljön var utmanande men kunde utformas så att de tillförde estetiskt värde till utemiljön. Foto; VA-syd. (<https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhället/exempel-pa-klimatanpassning/oppen-dagvattenhantering-i-malmostadsdelen-augustenborg-1.115720>) Godkänd för användning.

3.6 Regnåtervinning

Att återanvända regnvatten är något som människan har gjort i urminnes tider värden över, det är en gammal resurseffektiv teknik (Haq, 2017). Vattenbrist är ett faktum i många delar av värden, och ses som ett framtida problem även i Norden under sommarhalvåret. Därför har metoder för att fånga upp regnvatten från byggnader utvecklats alltmer, användningsområdet för vattnet varierar, exempelvis bevattning av växter och odlingar, eller att använda som spolvatten i toaletten (Haq, 2017).



Figur 5. "The Church Point Transfer Station in the Regional District of Nanaimo is Leed gold - this is rainwater collection", foto av Green Energy Futures. Licensierad genom CC BY-NC-SA 2.0 (<https://search.creativecommons.org/photos/268352c0-edd4-4d37-8b48-070723e48e81>)

Regnåtervinning kan ske på olika sätt, men en enkel metod är att koppla stuprören från hustak till en tank, se figur 5 ovan. (Göteborgs Stad, 2017). Uppsamlingen av regnvatten från tak har flera fördelar, dels fördröjs vatten och avlastar därmed dagvattensystemet, dels kan vattnet användas för bevattning. Torra perioder sommartid kan innebära att vatten behöver användas sparsamt och därmed prioriteras inte bevattning av grönytor i staden, men då kan det återvunna regnvattnet komma till stor användning och främja den biologiska mångfalden. Tanken kan vara direkt kopplad till ett bevattningssystem eller bara utrustas med en enkel kran. Behovet av underhåll för regnåtervinning varierar beroende på konstruktionens utformning, men anses som relativt enkel och liten. Storlek och form på tanken kan variera beroende på takets storlek samt behovet av vatten (Göteborgs Stad, 2017).

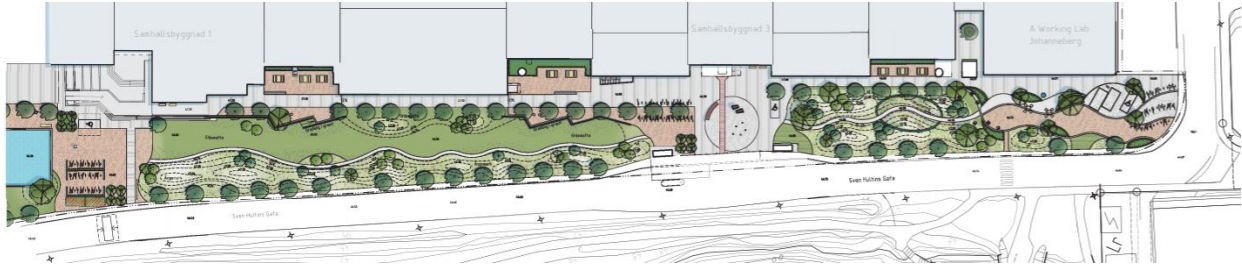
3.7 Öppna dagvattenlösningar på Chalmers campus

Ett område på Chalmers campus som haft mycket utveckling inom dagvattenhantering de senaste åren är ytorna utanför Johanneberg Science Park som ligger i den södra delen av Chalmers campus. Där finns bland annat en regnträdgård, stora regnrabatter och en sandbelagd yta med sittplatser, se figur 6.



Figur 6. Dagvattenlösningar vid Johanneberg Science Park.

Dessutom finns det planer på att utforma en regnträdgårdspark, Sven Hultins park, som börjar vid entrén till byggnaden för samhällsbyggnadsteknik och sedan når Johanneberg Science Park i söder (Akademiska Hus, 2020). Denna yta fungerar idag till stor del som parkering samt hårdgjord gångväg men skall utvecklas till parkmark för att gynna ekosystemtjänster samt biologisk mångfald och samtidigt förbättra luftkvalité, ljudnivå och minska översvämningsrisk. Omställningen från gråa ytor till gröna ytor kommer även öka rekreationen i området och fungera som en avkopplande miljö för studenter och anställda. I figur 7 visas en översiktsbild för områdesplaneringen av parken.



Figur 7. Sven Hultins park, bild från Akademiska hus. Godkänd för användning.

Förutom Sven Hultins park planerar markförvaltaren Akademiska hus att i samarbete med Chalmers Studentkår bygga en volleybollplan (S. Karlsson, personlig kommunikation, 15 april, 2021). Enligt Karlsson skall även restaurangen i Chalmers kårhus, Kårrestaurangen, bygga en uteservering längs kårhusets södra gavel ut mot Geniknölen.

4 Ytor för sociala möten och rekreation

I förslaget för ny dagvattenhantering inom det valda kritiska området på Chalmers campus kommer utöver dagvattenlösningarnas effektivitet och funktion, även dess potentiellt sociala mervärde vägas in. Studier visar att planerade ytor utomhus för aktivitet är en viktig del av ett universitetscampus eftersom det leder till att området känns mer levande (Hanan, 2013). Således är möjligheten att spendera tid utomhus ett nödvändigt element för ett hälsosamt campusliv. För att studenter och anställda skall välja att spendera tid utomhus menar Hanan att ytor för studier, avkoppling, umgänge, underhållning och rekreation skall vara en naturlig del av campusplaneringen. Nedan presenteras de sociala fördelar som finns med parker, sittplatser och vad närheten till vatten innebär.

4.1 Parker och närhet till grönska

Det finns studier som visar att park och natur är en viktig del i många folkhälsoaspekter, detta framgår i en artikel i journalen *Urban Dorestry & Urban Greening* (Nordh & Østby, 2013). Artikeln påpekar dock att detta påstående traditionellt gäller för stora parker eller skogar. Som ett komplement till större grönområden, som oftast inte finns nära stadskärnan, har författarna av artikeln undersökt huruvida mindre stadsparker, 'fickparker', skulle kunna leda till ökad kontakt med natur och de sociala fördelar det innebär. I figur 8 visas ett exempel på en fickpark. Artikeln undersöker vilka attribut och funktioner en fickpark bör ha för att människor skall vilja spendera tid där. Huvudsakligen är det viktigt att parken känns sluten, har en lugn atmosfär, mycket grönska och bra sittplatser. Artikeln nämner också vilka egenskaper som leder till att en fickpark inte känns inbjudande att spendera tid i. Det handlar om dåligt underhåll, obekväma sittplatser, för mycket folk, oljud till följd av omkringliggande trafik och oattraktiva byggnader i närheten.



Figur 8. "Derbyshire Street Pocket Park" av wirewiper, u.å., Creative Commons. Licensierad genom CC BY-NC-ND 2.0, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/>

4.2 Sociala ytor och sittplatser

Utformningen av sociala ytor och sittplatser är viktiga för dess användning och utnyttjande. Vidare är öppna offentliga platser viktiga för människors fysiska och mentala hälsa (Mumcu & Yilmaz, 2016). Författarna förklarar att offentliga platser bjuder in till sociala kontakter med både personer man känner och främlingar.

Det är viktigt för dels den enskilda individen, dels för samhället genom att personer i området skapar kontakt med varandra och bygger ett grannskap. En offentlig plats behöver utformas för olika typer av aktiviteter och personer för att bli en social plats som människor vill spendera tid på (Mumcu & Yilmaz, 2016). Människor stannar på en plats om den är vacker, fyller ett syfte och är trivsamt att vistas i (Gehl, 2010). Utifrån en undersökning av Gehl är det på sittplatser som människor spenderar den största delen av tiden på offentliga platser. Utformningen av sittplatserna behöver vara varierande för att möta olika människors behov så som barn, äldre och personer med rörelsebegränsningar (Gehl, 2010). Platsens klimat spelar stor roll för hur sittplatserna och ytan används (Metha, 2014). Metha skriver att ett önskvärt klimat har låg ljudnivå, god temperatur, bra utsikt samt väderskydd. Enligt Mumcu & Yilmaz är det viktigt att skapa sittplatser för sällskap i olika storlek, från en person till en större grupp av människor. De nämner också att utformningen för sittplatserna bör variera från platser med naturligt avstånd mellan människor, för att behålla sin integritet, men också grupperingar av sittplatser för att skapa interaktioner. Naturligt avstånd skapas genom trappor, raka sittplatser eller cirkulär bänk runt exempelvis ett träd eller buskage. Interaktioner kan däremot skapas av att sittplatser placeras i en konkav form där personerna vänds mot varandra (Mumcu & Yilmaz, 2016).

4.3 Närhet och interaktion med vatten

Förutom närhet till varandra uppskattar människor närhet till vatten då det leder till rekreation, är vackert och får oss närmare naturen (Ngiam et al., 2017). Vattendammar är således ett viktigt komplement till grönska i en urban miljö. Ngiam et al. menar att människor efterfrågar vattendammar som är rena, pittoreska, ombonade och har tydliga tecken av rikt djur- och växtliv. Enligt Brobeck (2018) är vatten i parkmiljö en komponent som fångar människors uppmärksamhet och bjuder in till vistelse. Samtidigt påpekar även Brobeck att det är viktigt att platsen kring vattendammar upplevs ordnad, ren och gärna delvis inhägnad av träd och buskar. Sammantaget har närhet till vatten liknande sociala fördelar i urbana miljöer som närhet till grönska.

Utöver vattendammar kan även mer direkt interaktion med vatten bidra till att människor spenderar tid tillsammans. Att använda vatten till att skapa konst och spänning leder till samtalsämnen och att människor stannar på platsen (Nikolajew, 2008). På Esperantoplatsen i Göteborg finns ett unikt konstprojekt som bara syns vid regn (Göteborgs Stad, 2020). Konstnärer får med några månaders mellanrum möjlighet att skapa konst på marken med en regnfärg som inte absorberar vatten då det regnar, vilket gör att ett konstverk skapas mellan de blöta och torra ytorna, se figur 9. Vattnet kan dessutom skapa olika ljud, reflekteras i ljuset och falla på olika sätt för att skapa effekter som upplevs spännande och skapar känslor (Nikolajew, 2008).

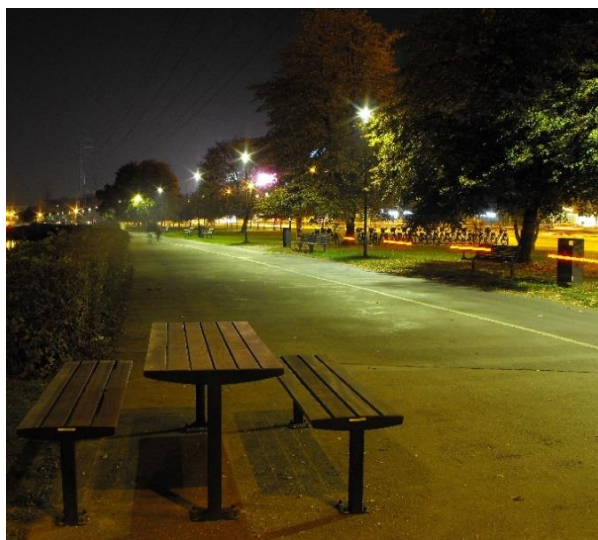


Figur 9. Regnfärg vid Esperantoplatsen. Foto: Marie Ullnert/Göteborg & Co. Godkänd för användning.

4.4 Ljussättning

Enligt Göteborgs Stads ljuspolicy (Göteborgs Stad, 2015) så är ljuset en självklar del av stadsrummet och har en stor påverkan på människors användning av staden. Göteborgs Stad menar att en god ljussättning bidrar till känslan av trygghet genom att skapa överblickbarhet och möjligheten att orientera sig. I Boverkets byggregler (BFS 2011:6) finns även krav på belysning på tomter skall utformas så att personer med nedsatt rörelse eller orienteringsförmåga kan orientera sig. Ljussättning av potentiella olyckshinder såsom trappsteg, kanter mellan vatten och land samt andra vattendrag bidrar till en större säkerhet (Moyer, 2013). Jennie Borg beskriver i Moviums Gröna fakta (2000) att tryggheten och känslan av liv i ett upplyst rum i staden även kan motivera fler människor att använda området även under dygnets mörka timmar.

Ljussättningen av en plats kan påverka atmosfären och hur människan upplever platsen (Moyer, 2013). Moyer beskriver även att en god ljussättning kan förstärka upplevelsen och framhäva områdets karaktär vilket därför bör anpassas för platsens tilltänkta aktivitet och målgrupp. Ljussättning av exempelvis vatten under dygnets mörka timmar förlänger tiden som vattnet fungerar som en social yta samtidigt som det ger en känsla av liv och händelse (Seçkin, 2010). Enligt Seçkin kan också ljussättningen av vatten designas för att placeras under vattennivån för att skapa en extra dimension till beskådaren. Även involverandet av vattnets reflektionsförmåga i utformningen av vattenkonstruktioner menar Seçkin har en stor påverkan på upplevelsen av området genom att öka känslan av liv vilket kan förstärkas i samspel av ljussättning.



Figur 10. Vänster: *Autumn Arrival*. Licensierad genom CC BY 2.0 <https://www.flickr.com/photos/mescon/3972260589/>. Höger: *Tow seats and table*. Agnieszka Lublin Licensierad genom CC BY 2.0 https://www.flickr.com/photos/agnieszka_lublin/44386813395/

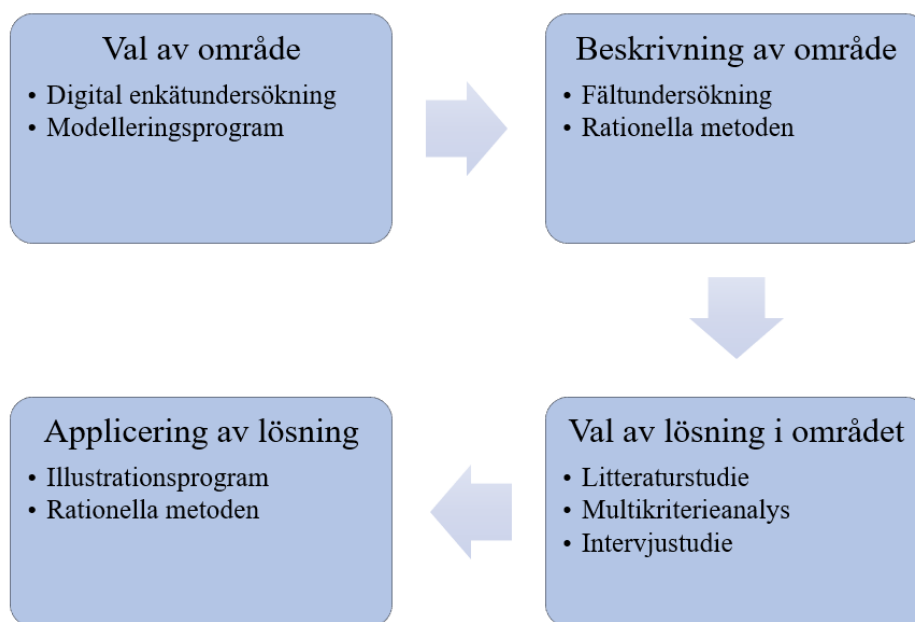
5 Liknande projekt

Som inspiration till rapportens upplägg, genomförande och innehåll har liknande projekt studerats. Bland annat har mycket likheter hittats i några av tävlingsbidragen till en universitetstävling. De senaste nio åren har USA:s miljöskyddsinstitut, EPA, arrangerat en tävling vid namn *Campus Rainworks Challenge*. Syftet med tävlingen är att studenter skall ge förslag på dagvattenhantering som visar miljömässiga, ekonomiska och sociala fördelar med grön infrastruktur (EPA, 2020). Ett bidrag som fick stor uppmärksamhet var Berkeley universitets förslag att omvandla en liten parkeringsplats i mitten av campus till en yta där stora mängder dagvatten kunde samlas och filtreras. Förslaget innefattade dels en förstoring i bredd av en befintlig bäck som möjliggjorde att regnvatten kunde tas upp, dels bidrog till en gångbana och ett attraktivt område för studenterna (Broad et al., 2019).

Även ett projekt från George Mason University i Virginia, USA, har studerats då projektet fokuserade mycket på sociala lösningar. Projektet är en undersökning av dagvattenlösningar på universitetscampus där syftet var att lösningarna skall hantera dagvattnet nära källan och samtidigt bidra till ett mervärde för campusmiljön, ur socialt, ekonomiskt och ekologiskt perspektiv (Ahn, 2016). Rapporten lyfter fram flertalet dagvattenlösningar, exempelvis regnträdgårdar, gröna tak och permeabla ytor. Dessa lösningar redovisas med hänsyn till fler aspekter än bara de tekniska. Sociala och kulturella värden anses också viktiga i utformningen av campus. Författarna påpekar att dagvattenlösningar ofta bara värderas utifrån teknik och funktion, men att det finns ett tomrum att fylla när det kommer till estetik och inkludering av sociala och kulturella aspekter. Undersökningen hävdar att dagvattenlösningar både kan vara tekniskt funktionella och samtidigt kan ses som en typ av konstverk, alltså har mervärde skapats samtidigt som dagvattenproblemet har minskat.

6 Metod

Metoderna som använts i rapporten är både kvantitativa och kvalitativa. De kvantitativa delarna innefattar litteraturstudie, enkätundersökning samt modelleringsprogram och de kvalitativa delarna, analys av de kvantitativa resultaten samt en intervjustudie. Dynamiken mellan kvalitativa och kvantitativa studier bidrar till en bredd i metoden och ger rapporten underlag att bidra med ett realistiskt dagvattenlösningsförslag som väger in både tekniska och sociala aspekter.



Figur 11. Översiktlig beskrivning av metoden.

Respektive metodtyp gynnar rapporten eftersom de tillsammans skapar en god diversitet, se figur 11 ovan. En litteraturstudie var nödvändig för att få en större kunskap och uppfattning om ämnet och den nuvarande problematiken kring dagvattenhantering i samhället. För att sedan få en tydlig insikt i hur de som vistas på Chalmers campus upplever dagvattenhanteringsmiljön ur ett socialt och dagligt perspektiv ansågs en digital enkätundersökning vara det mest optimala alternativet då den är lättillgänglig och förmodligen kommer uppnå en högre svarsfrekvens jämfört med att fysiskt gå runt och intervjua personer med koppling till Chalmers campus, något som även ansågs vara opassande under pandemin. För att sedan skapa ett tekniskt underlag grundat på en realistisk analys av dagvattenhantering brukades modelleringsverktyget *SCALGO* samt beräkningar enligt Rationella metoden. Fortsättningsvis bedömde gruppen att kompletterande insikt i arbetet behövdes i form av erfarenhet och således utfördes en intervju med 'Rain Gothenburg'. Även en fältundersökning genomfördes för att få en fysisk bild av hur det valda kritiska området ser ut idag samt en allmän överblick över hela Chalmers campus. Slutligen utfördes en multikriterieanalys för att avgöra vilken av de möjliga dagvattenlösningarna som är mest optimal för implementering vid det valda kritiska området. Nedan förklaras de olika metoderna som används ingående och i slutet av kapitlet finns en sammanfattande tabell över metodtyperna samt vilka delmål som uppnås med respektive metod.

6.1 Litteraturstudie

Metoden för projektet har sin grund i en litteraturstudie där tidigare undersökningar inom samma kategori och ämne studeras. Detta görs för att få en bredare kunskap i ämnet samt för att hitta inspiration till och beskriva dagvattenlösningar som sedan skall användas i gruppens förslag till åtgärder i ett valt kritiskt

område på Chalmers campus. Litteraturstudien har främst varit metod för teoridelen om dagvattenproblem, öppna dagvattenlösningar och sociala mötesplatser samt för grundlig förståelse inom ämnet. För att hitta vetenskapliga artiklar, publikationer och böcker inom ämnet har främst databaserna Scopus via Chalmers Bibliotek samt Google Scholar använts. Sökningarna har främst gjorts på engelska då det finns en bred forskning inom ämnet internationellt, och fakta från litteraturstudien är inte beroende av anknytning till Sverige. Däremot har urvalet av källor varit beroende av vilken typ av miljö och klimat som studierna utförts i, där strävan varit att använda studier från länder med liknande klimat som Sverige. Sökord som har använts är främst begrepp inom dagvattenhantering som till exempel:

- Precipitation climate change
- Precipitation Gothenburg
- Stormwater problems urban
- Stormwater solutions
- Stormwater pollution
- Raingarden
- Nutrient removal
- Green Stormwater Infrastructure
- Permeable Surfaces
- Green roof runoff reduction
- Green wall runoff reduction
- Green infrastructure cold climate
- Bio filter trench
- Retention pond
- Social meeting places campus
- Pocket parks social perks
- Water ponds in urban spaces
- Landscape lighting

Litteraturstudien har även använts som grund för förståelse och utformning av en enkätundersökning och multikriterieanalys som båda används för att utvärdera Chalmers campus ur dagvattensynpunkt och sociala perspektiv. Vid utformning av dessa har sökorden “MCDA and Stormwater”, surveydesign, felmarginal och urvalsgrupp använts.

Vid urvalet av källor har utgångspunkten varit att texterna skall vara vetenskapligt publicerade. Även myndigheter och organisationer inom området, till exempel SMHI, Göteborgs Stad och Naturvårdsverket har ansetts kvalificerade att användas.

6.2 Digital enkätundersökning

För att ta del av användarinformation och åsikter från de som rör sig på Chalmers campus skapades en enkät i Google Forms som sedan delas på sociala medier, Facebook, och via gruppens handledare på mejl. På så sätt når enkäten både studenter och anställda på Chalmers tekniska högskola med frågor gällande uppfattning av campusområdet, specifikt vid användning av befintliga sociala ytor vid regn. Enkäten gjordes för att skapa en tydlig bild av vad de berörda har för syn på de existerande ytorna och mötesplatserna samt för att se om de upplever regn som problematiskt på campus. En enkät ansågs vara mest optimal då den är lättillgänglig, öppen för alla och kan genomföras vid valfri tidpunkt.

En enkätundersökning är beroende av respondenternas personliga inställning och samarbetsvilja (Statistikmyndigheten [SCB], u.å.). I en ideal enkätundersökning är frågorna utformade för allas förståelse, samt att de besvaras ärligt och noggrant av varje respondent. Enkätundersökningar i verkligheten får ofta inte denna koncentration från respondenterna, det är inte heller ovanligt att frågorna misstolkas. Med detta i åtanke utformade gruppen enkäten med flervals- och fritextsfrågor samt mestadels enkla frågor med endast ja och nej som svarsalternativ. Val av frågetyp grundades i att få största möjliga svarsbredd utan att enkäten skulle anses vara för tidskrävande att svara på, och då riskera att avskräcka eventuella respondenter. Ytterligare en justering för att inte avskräcka respondenternas samarbetsvilja är att endast flervals- och kryssfrågor är obligatoriska. Detta eftersom ett krav på att besvara frågor i text oftast anses vara tids- och energikrävande. Enkäten inleds med profilbyggande frågor för att urskilja respondenternas institutionstillhörighet samt sysselsättning på Chalmers tekniska högskola. En av frågeställningarna har en figur för att öka tydligheten. Fortsättningsvis sammanställs svaren för hand när lämplig svarsmängd

uppnått och används sedan som underlag vid utformning av dagvattenlösningar, detta främst ur social aspekt för att skapa en så pass användarvänlig lösning som möjligt. Enkäten valdes att göras online för att undvika att respondenter skall behöva närvara fysiskt för att besvara frågorna.

Som ovan nämnt blir en enkätundersökning i verkligheten sällan lika bra som idealet. Enligt SCB (u.å.) finns det tre olika varianter av fel i statistiken, se nedan. Dessa felkategorier kan sedan beskrivas som antingen systematiska fel eller slumpmässiga fel.

- Urvalsfel
- Bortfallsfel
- Mätfel

I denna enkätundersökning finns det en risk för urvalsfel gällande respondenternas institutionstillhörighet på Chalmers tekniska högskola. Om antalet respondenter från en viss institution blir betydligt större än för andra institutioner kan detta påverka resultatet. Särskilt i denna undersökning som handlar om olika områden på Chalmers campus. Det är större risk för betydande urvalsfel i denna undersökning än bortfallsfel, eftersom det enda identifierade bortfallet i denna undersökning är de som ej har tillgång till Facebookgrupperna, något som anses osannolikt i denna urvalsgrupp. Fortsatt finns det alltid en risk för mätfel, det vill säga att syftet med en fråga feltolkas av flertalet respondenter. Dessa mätfel kan vara både systematiska och slumpmässiga, där skillnaden är att systematiska mätfel innebär feltolkningar och slumpmässiga mätfel att respondenten utan mening svarar fel på en fråga. Även urvalsfelen och bortfallsfelen kan kategoriseras inom systematiska fel och slumpmässiga fel. Urvalsfel är slumpmässiga, eftersom det inte går att styra vilka ur undersökningsgruppen som väljer att svara på enkäten. Bortfallsfel däremot anses systematiska på så sätt att bortfallet kan ge en genomgående snedvridning av resultatet.

Enligt Allen (2017) beror den behövda svarsfrekvensen inte bara på hur många som nåtts av enkäten, utan också beroende på vilka som svarar på enkätundersökningen. Om en bred variation av personer i urvalsgruppen svarar på enkäten kan det räcka med en lägre svarsfrekvens på 10 %, medan en högre frekvens bör uppnås om svaren i enkäten utgörs av samma typ av respondenter. Däremot skriver SurveyMonkey (u.å.) är en svarsfrekvens på 10–15% en försiktig men säker svarsfrekvens om enkäten delas för första gången till en ny grupp av människor. Enkäten skickades totalt ut till 1386 personer, som alla hade en koppling till Chalmers tekniska högskola, genom fyra Facebookgrupper för studenter på samt en mailtråd för anställda. 139 personer måste därför svara på enkäten för att uppnå 10 % i svarsfrekvens och således bli en godtagbar undersökning.

6.3 Modelleringsverktyg

Modelleringsprogrammet *SCALGO* har använts för att undersöka dagvattenflöden på Chalmers campus och var översvämningsrisker finns. *SCALGO Live* är ett digitalt modelleringsprogram som används av företag och kommuner för klimatanpassning och stadsplanering av stora och små områden (Scalgo, u.å.a). I programmet kan kartor skapas för att visualisera och analysera översvämningsrisker, strömmingsvägar samt uppdelning av avrinningsområden. *SCALGO Live* har flera olika analysmöjligheter som kan göras, vilka utgår från olika antaganden. I detta projekt användes analysen ‘Flash Flood Map’ som visar ytavrinning och var det ansamlas vatten vid nederbörd (Scalgo, u.å.b).



Figur 12. Karta över det studerade området Chalmers campus Johanneberg.

Vattendjup analyserades genom funktionen 'Flash Flood Map' och på kartan valdes att visa 'Flooded areas', alltså översvämmat område. Två olika regn, 10-årsregn och 100-årsregn valdes att analyseras eftersom detta är vanligt vid dimensionering av dagvattenhantering. Med dessa uttryck menas regn som återkommer med 10 respektive 100 års mellanrum. I denna rapport antas ett 10-års regn förekomma med en intensitet av 21 mm/30 min och 100-års regn med 44 mm/30 min enligt MSB vägledning för skyfallskartering (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap [MSB], 2017). SCALGO Live tar dock inte hänsyn till tid i dess analyser men tidsfaktorn är viktig för att beskriva ett regns återkomsttid och intensitet eftersom samma nederbördsvolym men under olika varaktighetstider blir stora skillnader i återkomsttid (Svenskt Vatten, 2016).

Vid export av kartor till resultatet valdes i teckenförklaringen att visa vattendjup i centimeter utifrån en färgskala där nedregräns sattes till 10 cm och övre gräns 20 cm utifrån Göteborgs stads planeringsnivåer för skyfall (Göteborgs stad, 2019).

6.4 Fältundersökning

För att kunna göra en beskrivning av det område på Chalmers campus som väljs som kritiskt genomförs en fältundersökning. Under fältundersökningen fotograferas området och den befintliga utformningen noteras. Med anledning att gruppens medlemmar studerar vid Chalmers tekniska högskola och därmed redan har god kännedom om området gjordes fältundersökningen primärt för att fotografera området. Då fältundersökningen används som metod för en del av resultatet bör det annars vanligt förekommande problemet med metoden, inverkan från åskådaren, kunna undvikas eftersom undersökningen endast syftar till att objektivt beskriva platsen, inte dess atmosfär.

6.5 Rationella metoden

Rationella metoden används för att beräkna avrinningsflöde över det studerade området. Metoden tar hänsyn till hela områdets avrinning och olika ytors egenskaper. Den totala arean för området delas in i områden utifrån ytors olika avrinningskoefficienter. Avrinningskoefficienten är ett mått på hur stor andel av arean som bidrar till avrinningen. På en hårdgjord mark bidrar en större del av arean till avrinning då mindre vatten kan infiltreras jämfört med exempelvis en gräsmatta där mer vatten infiltreras lokalt. Avrinningskoefficienterna finns redovisade i bilaga 1. Inom det studerade området, valt område presenteras i avsnitt 7.2, finns sedumtak, alltså gröna tak vars avrinningskoefficient antogs till 0,6 enligt Grönatakhandboken (Pettersson et al., 2017). Anlagd permeabel yta antogs ha en avrinningskoefficient på 0,3 utifrån värden från litteratur och en egen bedömning utifrån andra marktyper (Marchioni & Becciu, 2015).

Regnintensitet är ytterligare en faktor i metoden som beror på regnets varaktighetstid och återkomsttid. I beräkningarna är ett 100-årsregn med varaktigheten 30 min antaget vilket enligt intensitetsvaraktighetskurvor i bilaga 1 baserade på Dahlströms ekvation gav en intensitet på 250 l/s*ha. Eftersom klimatförändringarna förväntas leda till ökad nederbörd är en klimatkfaktor på 1,25 medräknat utifrån rekommendation från Svenskt Vatten (2016), för regn som har en kortare varaktighet än en timme.

Nedan redovisas ekvation 1 som används för beräkningar av rationella metoden. Ett dimensionerande flöde beräknades för respektive yta, som sedan summeras för att få det totala flödet från området (Svenskt Vatten, 2016).

$$q_{dag,dim} = A \cdot \varphi \cdot i(t_r) \cdot kf \quad (1)$$

I ekvationen är: $q_{dag,dim}$ = dimensionerande flöde [l/s]

A = avrinningsområdets area [ha]

φ = avrinningskoefficient [-]

$i(t_r)$ = dimensionerande nederbördsintensitet [l/s * ha]

kf = 1,25 (klimatkfaktor)

Värt att nämna är dock att rationella metoden endast kan bistå med rimlighetskontroller av maximala flöden från området. Syftet med beräkningarna är att kunna jämföra det totala flödet från området innan och efter dagvattenlösningar appliceras i modellen, för att se om flödet påverkas. Dagvattenlösningar som utökar ytan med lägre avrinningskoefficienter kommer resultera i ett totalt lägre flöde från området. Ett antagande som har gjorts är indelningen av taken i området, endast taken som anses ha en avrinning till det valda området har räknats med. Marken anses ha en svag till måttlig lutning och taken måttlig till stark lutning, därför antas det totala området ha en måttlig lutning. Dessutom valdes dimensionerande regnintensitet vilket motiverar att avrinningskoefficienterna i bilaga 1 kan användas. Areorna för olika ytor i området har mätts upp med hjälp av SCALGO.

6.6 Intervjustudie

För att få en större förståelse och djupare inblick i dagvattenhantering i praktiken utfördes en kvalitativ semistrukturerad intervjustudie. En semistrukturerad intervju innebär enligt Kvale och Brinkmann (2017) att den intervjuande parten har en intervjuguide med tematiserade frågeställningar utan förbestämd exakt ordningsföljd. Flexibiliteten i en semistrukturerad intervju gör att intervjuaren enligt Kvale och Brinkman, kan välja och anpassa frågeställning utefter samtalets sammanhang utan att missa viktiga frågor vilket ger ett avslappnat samtal som samtidigt utger ett professionellt intryck. I en kvalitativ semistrukturerad intervju får även intervjuaren, enligt Bryman (2016) möjlighet att ge intuitiva följdfrågor och gå in på detaljer på ämnen och teman som uppkommer som intressanta under samtalet. Bryman menar att detta ger möjlighet

att få ut mer nyanserade och detaljerade svar men gör det svårare att jämföra resultaten vid ett stort antal intervjuer.

Med tanke på projektets omfattning och intervjustudiens kvalitativa karaktär valdes enbart en person ut som respondent i intervjustudien. Personen som valdes ut var Jens Thoms Ivarsson på 'Rain Gothenburg', en satsning av Göteborgs Stad för att inkludera öppna dagvattenlösningar i staden. Han valdes på grund av hans stora erfarenhet av att arbeta med kreativa och sociala dagvattenlösningar i ett relevant klimat. En intervjuguide utformades inför intervjun med teman: introduktion, sociala aspekter, ekonomiska aspekter, kreativa lösningsprocessen och inspiration. Intervjun utförs genom videotelefoniprogrammet Zoom där intervjun spelas in vid samtycke för att enkelt kunna transkriberas i efterhand.

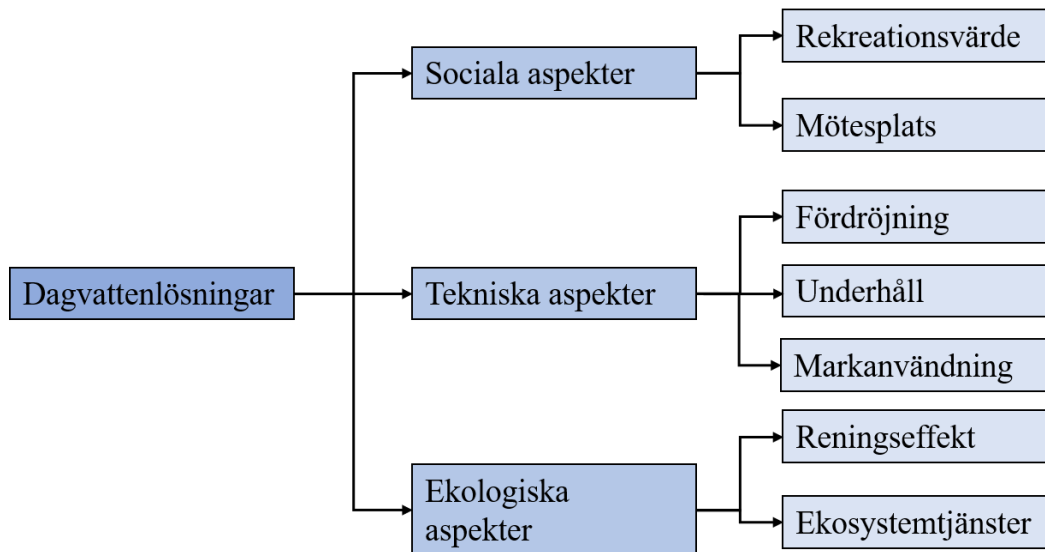
Ett samtal med den huvudsakliga markförvaltaren på Chalmers campus, Akademiska hus, genomfördes också. Detta samtal med landskapsarkitekt Sara Karlsson hade inte någon intervjuguide utan syftade mer till att i ett öppet samtal utbyta idéer och få kunskap om vilka dagvattenlösningar som planeras på Chalmers campus.

6.7 Multikriterieanalys

Multikriterieanalys eller 'Multi-criteria decision analysis' (MCDA) är ett effektivt verktyg vid beslutsfattande av olika lösningar, där valet påverkas av flera olika kriterier (Xiong et al., 2020). Det är en väletablerad metod för att lösa miljöproblem och används vid utformning av dagvattenhantering (Martin et al., 2007). Syftet med metoden är att ordna de olika alternativen utifrån vilket som lämpar sig bäst respektive sämst för projektet, enligt manualen för MCDA skriven av Department for Communities and Local Government (2009). I manualen beskrivs också verktyget som ett sätt att titta på ett komplext problem genom att dela upp problemet i olika kategorier och utifrån detta kunna presentera data och väga alternativen mot varandra. Vidare beskriver manualen även de olika steg en MCDA innefattar, vilka ofta behöver arbetas igenom flera gånger som i en cykel. I denna rapport appliceras inte alla steg men arbetet har utgått ifrån följande steg:

1. Identifiera syftet med MCDA och sammanhanget för bedömningen
2. Identifiera de olika alternativen som skall bedömas
3. Identifiera kategorier och kriterier som alternativen skall bedömas utifrån
4. Poängsättning
5. Viktning
6. Kombinera poängsättning och viktning
7. Undersök resultatet
8. Känslighetsanalys genom att utvärdera resultatet och alternativen och bedöma rimligheten. Om resultatet inte blir tillräckligt bra eller användbart, gör om processen med nya alternativ.

Syftet med MCDA i detta arbete är att välja de mest optimala dagvattenlösningarna till valt område på Chalmers campus. De olika dagvattenlösningarna som presenteras i avsnitt 3 representerar de olika alternativ som skall utvärderas i MCDA. Kategorierna som lösningarna utvärderas utifrån är tekniska, sociala och miljömässiga. Under dessa finns kriterier som påverkar poängsättningen. Poängsättningen görs på en 0–3 gradig skala av medlemmarna i kandidatgruppen utifrån teori och resultat. Utifrån detta kan ett resultat presenteras där den lösning med högst värde anses mest lämplig för genomförande. Följande kategorier och kriterier valdes för MCDA, se figur 13.



Figur 13. Kategorier för kriterier i MCDA-analysen.

6.8 Illustrationsprogram

För att illustrera förslaget på lösningar i det valda området används *Autodesk Revit* som är en modelleringsprogramvara för byggnadsinformation, där illustrationer tas fram i 3D. Programmet har använts för att skapa bilder över hur förslagen på dagvattenlösningar passar ihop med befintlig byggnation och miljö. En detaljplan över Chalmers campus lades in i *Revit*-modellen för att bygga upp befintliga byggnader i verkliga förhållanden mellan varandra.

6.9 Metodsammanfattning

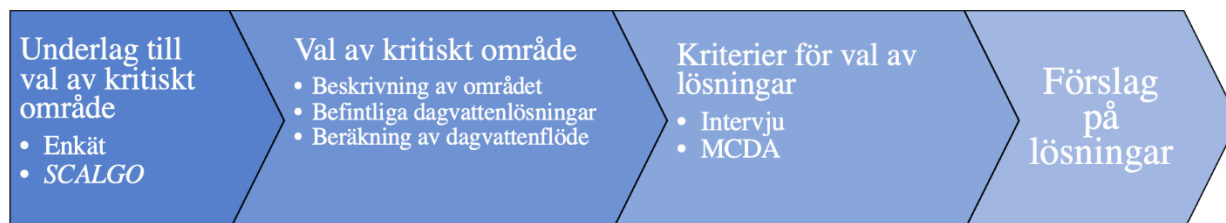
I tabell 2 nedan sammanfattas metoderna ovan. Tabellen beskriver vilket eller vilka delmål i avsnitt 1.2.1 som uppnås med respektive metod samt en motivering till vad metoden bidrar med.

Tabell 2. Metodsammanfattning.

Metod	Delmål som uppnås	Motivering av metod
Litteraturstudie	<ul style="list-style-type: none"> • Kartlägga problematiken med dagvatten nationellt och på Chalmers campus. • Ge exempel på allmänt existerande och realistiska dagvattenlösningar samt sociala mötesplatser. 	Ger god kunskap inom ämnet för att gruppen skall kunna framföra ett realistiskt och användbart lösningsförslag.
Digital enkätundersökning	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiera kritiska platser på Chalmers campus. 	Ger god insikt och information kring studenters och anställdas syn på dagvattenhanteringen och sociala mötesplatser på Chalmers campus.
Modelleringsverktyg	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiera kritiska platser på Chalmers campus. 	Ger god analys av Chalmers campus kritiska vattendjup vid 10-års samt 100-års regn.
Fältundersökning	<ul style="list-style-type: none"> • Beskriva de kritiska platserna utifrån befintlig utformning. 	Ger en tydlig bild av området och hur dagsläget ser ut i verkligheten.
Rationella metoden	<ul style="list-style-type: none"> • Beskriva de kritiska platserna utifrån befintlig utformning. • Applicera och illustrera lösningsförslag för dagvattenhantering för de kritiska platserna ur socialt, hållbart och tekniskt perspektiv. 	Ger resultat från beräkning av dagvattenflöde i det valda kritiska området före och efter applicerat lösningsförslag.
Intervjustudie	<ul style="list-style-type: none"> • Applicera och illustrera lösningsförslag för dagvattenhantering för de kritiska platserna ur socialt, hållbart och tekniskt perspektiv. 	Ger god inspiration till hållbara och sociala lösningar på Chalmers campus samt realistisk insyn i arbetet med dagvattenhantering.
Multikriterieanalys	<ul style="list-style-type: none"> • Applicera och illustrera lösningsförslag för dagvattenhantering för de kritiska platserna ur socialt, hållbart och tekniskt perspektiv. • Diskutera och motivera lösningsförslagen. 	Ger god applicering och illustration av lösningsförslag för de kritiska platserna ur socialt, hållbart och tekniskt perspektiv. Analys av genomförbarheten för lösningsförslagen med tillhörande motivering av för- och nackdelar.
Illustrationsprogram	<ul style="list-style-type: none"> • Applicera och illustrera lösningsförslag för dagvattenhantering för de kritiska platserna ur socialt, hållbart och tekniskt perspektiv. 	Ge läsaren en tydlig bild av hur lösningsförslagen kommer att se ut samt implementeras på Chalmers campus.

7 Resultat

Resultatet behandlar och presenterar rapportens undersökningar med tillhörande tekniska delar likt enkätundersökning, intervjustudie, analys i modelleringsprogrammet *SCALGO* samt val av lösning genom MCDA. De olika delarna behandlas i fyra faser: underlag till val av kritiskt område, val av kritiskt område, kriterier för val av lösningar samt förslag på lösningar, se figur 14.



Figur 14. Beskrivning av resultatdelens upplägg i fyra faser.

7.1 Underlag till val av kritiskt område

En digital enkätundersökning samt en modellering i programmet *SCALGO* har genomförts, för att välja ett kritiskt område på Chalmers campus. *SCALGO* ger underlag angående översvämningsrisker medan enkätundersökningen ger hänsyn till besökarens upplevelse av Chalmers campus.

7.1.1 Resultat från enkätundersökning

En undersökning i form av en enkät genomfördes för att få information om hur studenter, anställda och övriga på Chalmers tekniska högskola upplever utomhusmiljön med avseende på nederbörd och sociala ytor. Bilaga 2 innehåller enkätundersökningens resultat för samtliga frågor. Nedan beskrivs viktiga utdrag från resultatet.

Profildata för respondenter

De tre inledande frågorna ställdes för att profilera de svarande gällande sysselsättning på Chalmers tekniska högskola, hur länge personerna varit i denna sysselsättning samt vilken institution personen tillhör. Sammanlagt genomförde 166 personer enkäten, varav 11 % var anställda vid högskolan och 2 % angav "Annat" som sysselsättning. Övervägande andel, 88 %, av de svarande är alltså studenter. Fördelningen av de svarandes institutionstillhörighet på högskolan var inte lika spridd som önskat. Endast 12 % angav andra institutioner än arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, ACE. Detta faktum kan ha påverkan på övriga resultat från enkäten.

Områdesfördelning

Ett av enkätens syften var att få en uppfattning om vilka områden på Chalmers campus som är mest använda av respondenterna, och huruvida dessa områden behöver förbättras i nederbördssyfte samt sociala aspekter. Figur 15 nedan presenterades för enkättagaren där denne ombads välja ett eller flera områden som personen spenderar tid vid på Chalmers campus. Kartan är indelad i sju områden där målet varit att varje område skall innehålla en eller flera, av studenter och anställda, igenkända sociala platser eller gångstråk. Nedan nämns dessa huvudsakliga platser i respektive område.

- Område 1. Gård utanför industriell ekonomi och Chalmerska Vasaparken.
- Område 2. Studentboendet Chabos innergård samt gång längs byggnad för teknisk fysik.
- Område 3. Teknologgården utanför Chalmers kårhus.
- Område 4. Kemigården samt kullen utanför Chalmers bibliotek.
- Område 5. Grönområdet Geniknölen samt uteplatsen vid sittningslokalen Tågagnen.

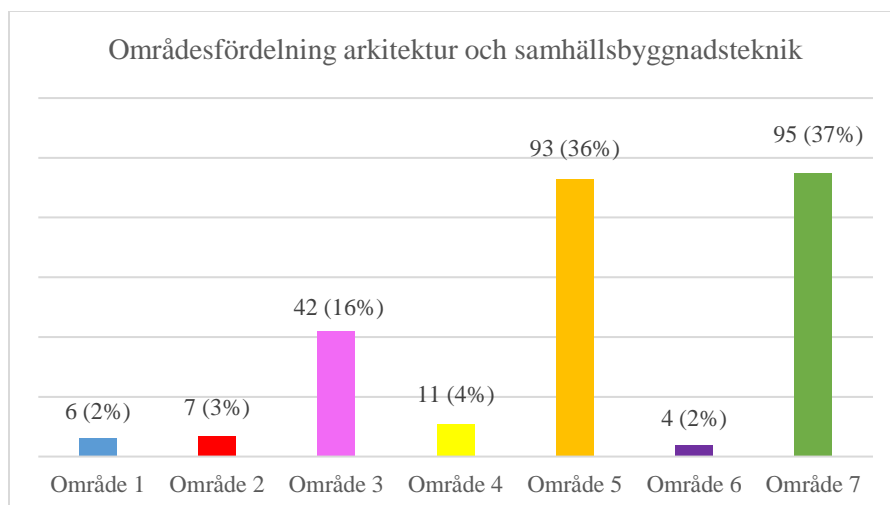
Område 6. Hörsalsgången samt innegårdar vid maskinteknik och elektroteknik.

Område 7. A-dammen samt entré till byggnad för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik.

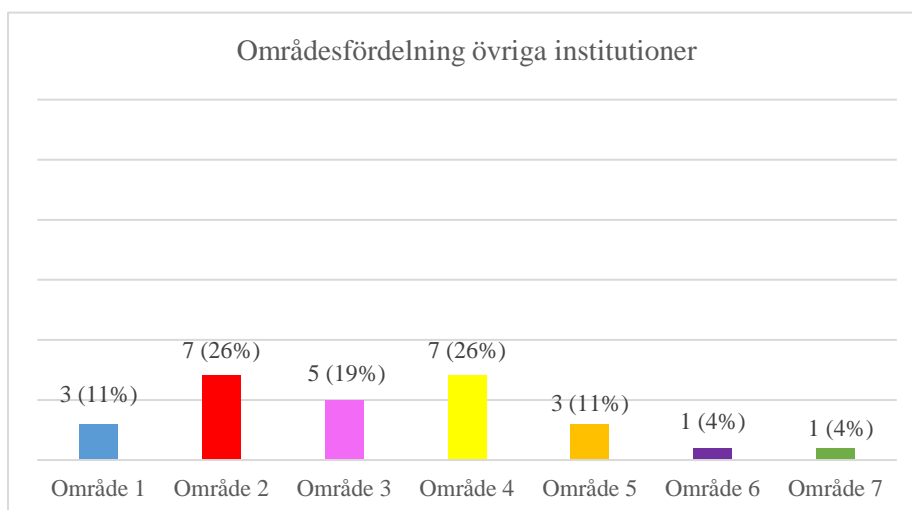


Figur 15. Områdesuppdelning av Chalmers campus i enkäten. Bilden är egendesignad på en skärmbild från Google Maps (2021) över Chalmers tekniska högskola.

Det är framför allt i frågan om mest använda områden som den ojämna institutionsfördelningen har störst risk för påverkan och missvisning i den slutgiltiga bedömningen av kritiska platser på Chalmers campus. Områdesfördelningen enligt ACE är starkt kopplad till områdesfördelningen för alla institutioner, vilket är ett resultat av den stora andelen respondenter från arkitektur och samhällsbyggnadsteknik. Resultatet för ACE i figur 16 visar att de områden som nämns oftast är område 3, område 5 och område 7. Jämfört med de övriga institutionernas områdesfördelning, se figur 17, spenderar de mer tid i andra områden. Dock visar resultatet att 16% av respondenterna från ACE respektive 19 % från övriga institutioner spenderar tid i område 3, vilket tyder på att detta är ett område som har stor betydelse för hela Chalmers campus.

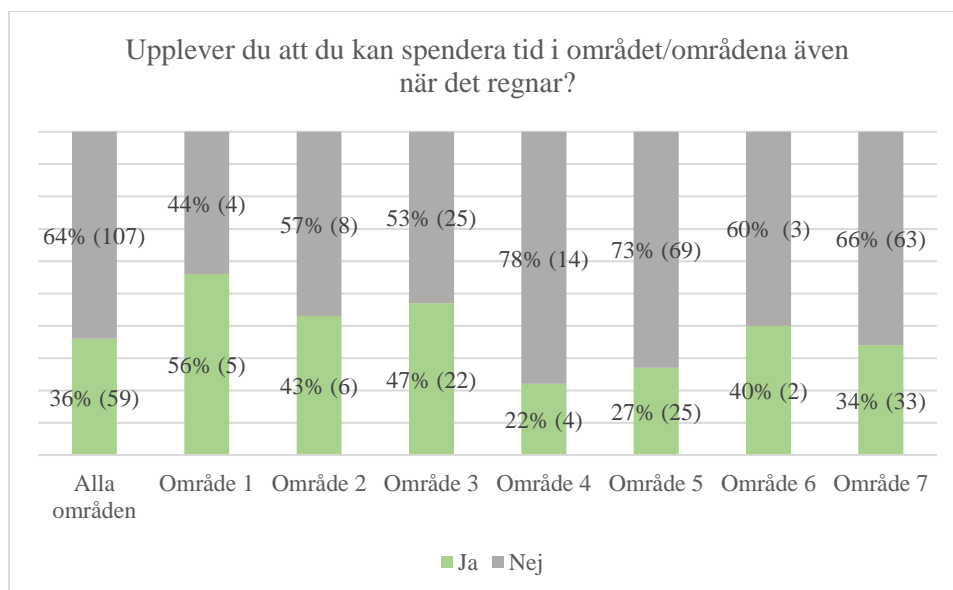


Figur 16. Resultatet visas i antal svar från ACE per område (procent jämfört med antal svar inom ACE, 258 stycken).



Figur 17. Resultatet visas i antal svar från övriga institutioner per område (procent jämfört med antal svar inom övriga institutioner, 27 stycken).

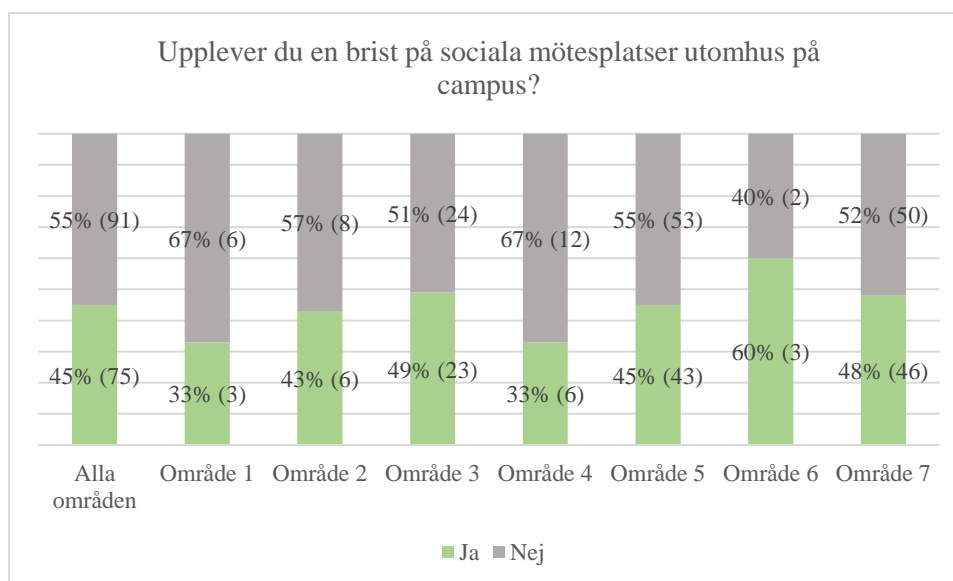
Respondenterna fick också frågan om de upplever att de kan spendera tid inom det valda området/valda områdena även när det regnar. Resultatet fördelade sig enligt figur 18. I alla områden utom område 1 anser övervägande respondenter att det inte går att spendera tid på området när det regnar. I en fråga med fritext ombads respondenterna att förklara varför de inte kan spendera tid i området vid nederbörd, och där nämndes ofta att det blir för blött, att regnskydd och torra sittplatser saknas, som anledning. Trots detta är det bara 37 % som upplever att regn på hela Chalmers campus är ett problem. Däremot svarade 70 % att de behöver hoppa över vattenpölar för att ta sig fram på campus.



Figur 18. Resultatet visas i den procentuella fördelningen av svaren ja och nej för respektive område jämfört med totala antalet svar för varje område (antal svar ja respektive nej för varje område).

Sociala mötesplatser

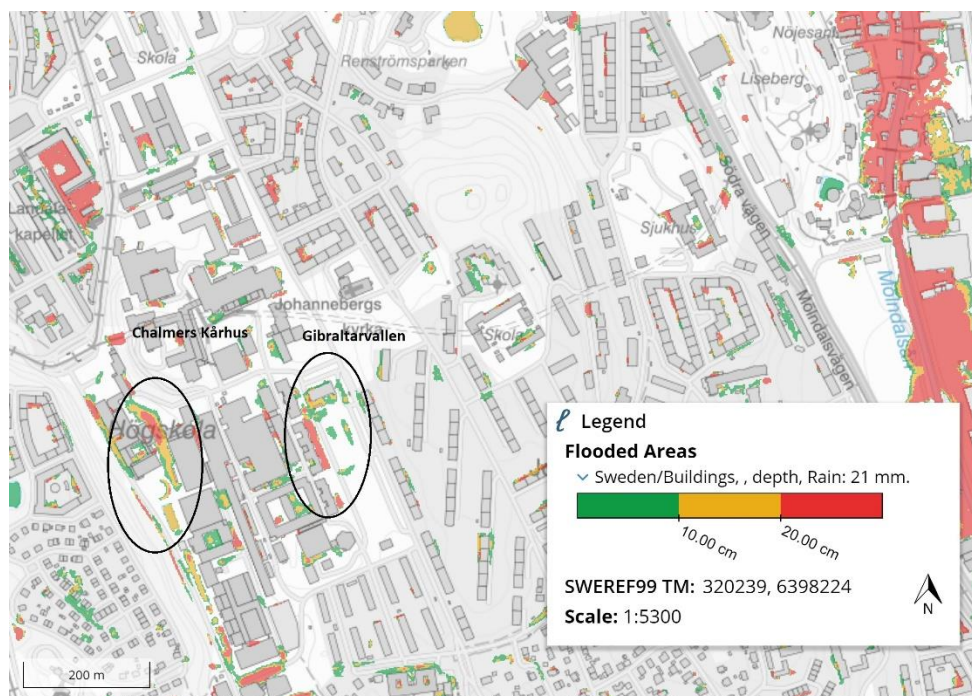
En fråga om brist på sociala mötesplatser på Chalmers campus ställdes för att ta reda på behovet av mer ytor för sociala och rekreativa behov. Den totala fördelningen är jämn, enligt figur 19 anser nästan hälften att det finns en brist, men övervägande svar i respektive område är dock att det inte finns en brist (förutom i område 6). Däremot på följdfrågan "Vad saknas?" är det många respondenter som nämner att det finns sociala ytor, men att de inte används i sin fulla potential. Många saknar också sittplatser för lunch eller studerande, både under och utan tak. Även en efterfrågan på mer gröna och avskilda områden finns.



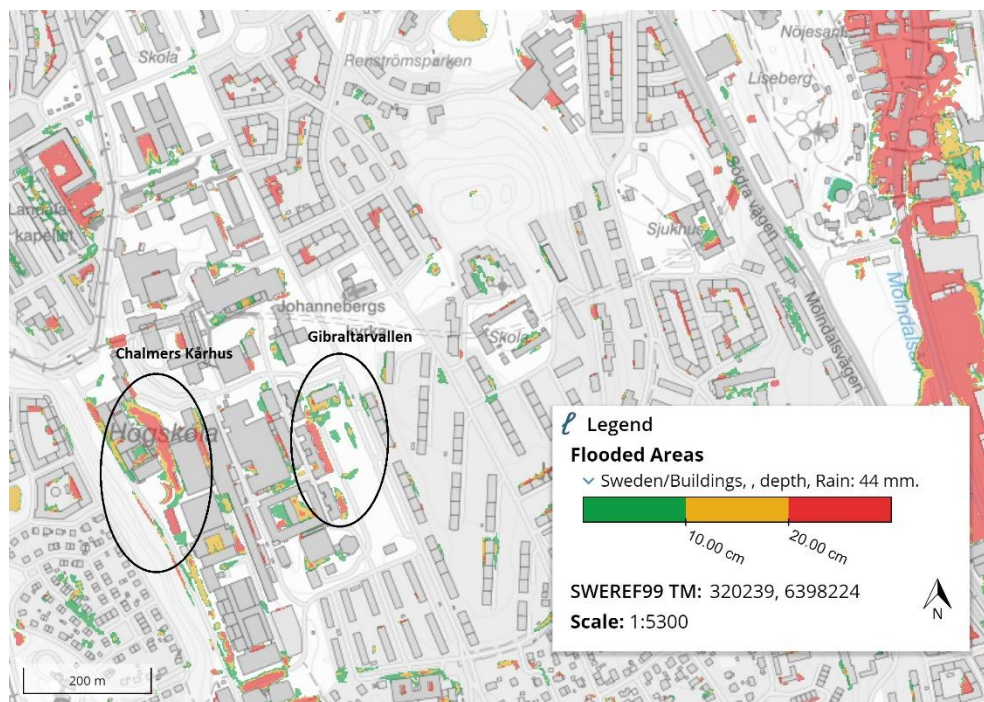
Figur 19. Resultatet visas i den procentuella fördelningen av svaren ja och nej för respektive område jämfört med totala antalet svar för varje område (antal svar ja respektive nej för varje område).

7.1.2 Resultat från modelleringsprogram

I programmet *SCALGO* analyserades vattendjup och översvämningsrisk över Chalmers campus vid nederbörd. I figur 20 och 21 visas resultat för vattendjup vid 10- och 100-års regn. Kartorna visar det analyserade området Chalmers Campus, som området innanför den svarta heldragna linjen. I *Legend* visas skala för kartan och vilket vattendjup de olika färgerna på kartan motsvarar. Två utsatta områden som identifierats är Gibraltarvallen och stråket mellan Chalmers Kårhus och byggnaden för aktiekur och samhällsbyggnadsteknik. Områdena är identifierade eftersom det finns stora områden täckta av gul och röd markering där som indikerar att dessa områden får ett vattendjup på över 10 cm vid kraftig nederbörd. Där röda områden uppstår är vattendjupet över 20 cm vid 10- och 100-årsregnen vilket ses som gränsen för framkomlighet (Göteborgs stad, 2019).



Figur 20. Vattendjup för översvämnade områden vid ett 10-årsregn på Chalmers campus.



Figur 21. Vattendjup för översvämmade områden vid ett 100-årsregn på Chalmers campus.

Resultatet för avrinningsområden inom Chalmers campus är redovisade i bilaga 3. Områden med olika färger illustrerar de olika avrinningsområdena och dess gränser. Kartan visar dessutom avrinningsvägar med blå linjer. Storleken på flödena längs avrinningsvägarna illustreras med olika tjocklek (se *Legend – Flow Accumulation*). Det stora gula området som finns över hela kartan tillhör det stora avrinningsområdet för regionen som leds ner till Göta Älv. Mindre områden på kartan är egna avrinningsområden som leds ner till ledningssystemet. Intressant skillnad mellan avrinningsområdena för 21 mm och 44 mm är att i bilaga 3 finns små avrinningsområden runt husen men vid det ännu kraftigare 100-årsregnet tas inte vattnet omhand i dessa utan tillhör då det stora avrinningsområdet ner till Göta Älv.

7.2 Val av kritiskt område

Utifrån resultatet från enkäten och modelleringsprogrammet *SCALGO* valdes det kritiska området till sträckan mellan Chalmers kårhus och byggnaden för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, se den svarta markeringen i figur 22. Enkäten visade tydligt att respondenterna från ACE spenderar tid i hela detta område medan övriga institutioner mestadels spenderar tid i en del av det valda området, område 3 utanför Chalmers kårhus. Detta i kombination med dagvattensanalyser i *SCALGO* som visade på att de tidigare nämnda ytorna var kritiska ur dagvattenhanteringsperspektiv och översvämmning gjorde stråket mellan Chalmers kårhus och byggnaden för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik till ett naturligt val att utveckla. För att sammanfatta vilka typer av problem som finns i det valda området presenteras följande fritextsvar från enkätundersökningen:

“Finns inget regnskydd, geniknölen blir en lerpöl, ojäm mark längs med kårhuset skapar stora vattenpölar som man måste hoppa runt”



Figur 22. Valt område att utveckla ur dagvatten- och sociala perspektiv. Egendesignad figur på karta från SCALGO.

7.2.1 Beskrivning av området i dagsläget

Vid entrén in till Chalmers campus finns det en yta vid namn Teknologgården som fungerar som en samlingsplats för studenter och anställda vid olika typer av evenemang och universitetshögtider, se övre bild i figur 23. Vardagligt används Teknologgården som en passage för att nå Chalmershållplatsen vid campus norra entré. Ytan ligger i anknötning till Chalmers Kårhus som är en central mötesplats för Chalmerister. Mittemot Chalmers Kårhus finns Olgas trappor som utgår från Teknologgården. Vid sidan av Olgas trappor finns det grönska i form av gräs, träd och buskage samt en cykelparkering med grönt tak. Grönt tak förekommer även på delar av Kårhusets tak. I anslutning till Teknologgården går en trädallé som leder vidare mot byggnaden för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, se figur 23.



Figur 23. Teknologgården och området bredvid Olgas trappor.

Utanför Chalmers kårhus södra del finns sittningslokalen Tågvagnen samt grönområdet Geniknölen. Tågvagnen är en lokal tillhörande Chalmers studentkår som alla medlemmar kan hyra för eget bruk. Utanför lokalen finns en stor grönyta vid namn Geniknölen som är utformad likt en amfiteater med varierande nivåer av gräs, träd och enkla sittplatser, se figur 24 för översiktsbilder på ytorna. Stor del av den omkringliggande ytan mellan Tågvagnen och Geniknölen är hårdgjord av gatsten och stenplattor, bortsett från en liten inhägnad av buskage, träd och gräs kring Tågvagnen, se nedre bilder i figur 24. Det finns även ett bakomliggande stråk med bänkar längs med den bakomliggande byggnaden tillhörande det maritima forskningsföretaget SSPA, som har en ansats till gröna väggar. Denna yta skymms för nuvarande av Tågvagnen. SSPA-byggnaden har koppartak vilket innebär ett behov av rening av tungmetaller i avrinningen från taket. Även delar av Chalmers kårhus samt byggnaden för ACE har koppartak.



Figur 24. Geniknölen och Tågagnen.

Den hårdgjorda ytan mellan Tågagnen och Geniknölen bestående av gatsten och stenplattor fortsätter bort till V-entrén, dvs. entrén till byggnaden för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, se figur 25. Utmed vägen finns det 25 antal dagvattenbrunnar. På vardera sida om stråket finns det grönska i form av en rabatt längs med byggnaden för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik samt träd på husets motsatta sida. Träden skiljer stråket från en stor konstgjord damm vid namn A-dammen som omges av grus, gräs, träd och enkla sittplatser, se figur 25. Denna damm fylls normalt med vatten kring valborg och töms innan det blir frost på nätterna.



Figur 25. Entré till byggnaden för ACE och A-dammen.

7.2.2 Befintliga dagvattenlösningar i området

Det finns en del enkla dagvattenlösningar i det valda området. Bland annat grönytor i form av träd, gräs och buskage samt det gröna taket över cykelparkeringen. Markbelägningen är i vissa fall också mer genomsläpplig, till exempel vid de stråk som grus finns. Stenplattorna däremot är tätt lagda, därför finns dagvattenbrunnar dit nederbörden i dagsläget leds. Det finns murgröna längs SSPA-byggnadens ena gavelfasad som ligger i nära anslutning till det valda området, se figur 26. Huruvida dessa fungerar effektivt i dagvattensynpunkt är däremot inte utforskat. Utanför Chalmers Kårhus finns en oanvänd liten fontän, se figur 26, som förmodligen inte är avsedd för dagvattenhantering. Geniknölen fungerar som ett, fördröjningsmagasin vid skyfall på grund av den stora gräsytan den utgör samt dess fördjupning.



Figur 26. Murgröna på SSPA-byggnaden samt fontän på Teknologgården.

7.2.3 Beräkning av dagvattenflöde enligt rationella metoden

För att kunna jämföra dagvattenflöden från området innan och efter att dagvattenlösningarna implementeras gjordes beräkningar med rationella metoden. Nedan redovisas de beräknade flödena för respektive typ av yta samt det summerade flödet, se tabell 3. Beräkningarna beskrivs i avsnitt 6.5 under metod, nedan redovisas hur flödena ser ut i nuläget inom valt område.

Tabell 3. Beräkning av befintligt vattenflöde med Rationella metoden för valt område

Typ av yta	Befintliga ytor [ha]	Avrinningskoefficient	Flöde Q, [l/s]
Chalmers kårhus (sedumtak)	0,078	0,6	15
Kårresturangens tak (tak utan ytmagasin)	0,1	0,9	28
SSPA-byggnadens tak (tak utan ytmagasin)	0,222	0,9	62
ACE-byggnadens tak (tak utan ytmagasin)	0,15	0,9	42
Geniknölen (gräs)	0,18	0,1	6
Parker (ej rik vegetation)	0,12	0,2	8
Grön yta vid A-dammen (gräs)	0,034	0,1	1
Stensatta ytor med grusfogar	0,45	0,7	98
Grusytor	0,05	0,2	3
Summa	1,384		263

7.3 Kriterier för val av lösningar

Vid val av dagvattenlösningar i det kritiska området används multikriterieanalys, MCDA, för att utvärdera dagvattenlösningarna i avsnitt 3. Poängsättning och viktning i MCDA grundas delvis i teori samt delvis i resultatet från intervjun med Jens Toms Ivarsson. Detta för att utvärdera lösningarna ur både tekniska, ekologiska och sociala perspektiv.

7.3.1 Intervju

Detta resultat är ett utdrag från en intervju med Jens Thoms Ivarsson (Personlig kommunikation, 30 mars, 2021) enligt utformad intervjuguide, se bilaga 4. Thoms Ivarsson belyste hantering och tillvägagångsätt vid implementering av en ny dagvattenhantering som ett problem i samhället idag. Vidare påvisar hans erfarenhet att samhällsplanerare ofta fokuserar enbart på tekniska lösningar, och bortser från sociala värden och estetik. Detta är enligt Thoms Ivarsson ett problem som leder till tråkiga och mindre attraktiva dagvattenlösningar. Eftersom det saknas en områdesöverskridande kompetens menar Thoms Ivarsson att lösningen är att inkludera kompetenser från flera områden i processen och på så sätt skapa ett större värde för lösningarna. Vidare togs upp att den stora okunskapen i samhället om dagvattenhantering bidrar till problemet.

Under intervjun påpekade Thoms Ivarsson även ekonomin, närmare bestämt driftsfrågan, som ett annat problem för socialt integrerade dagvattenlösningar. Han uttryckte frustration över att de socialt integrerade dagvattenlösningarna ofta faller på att de är ekonomiskt lite dyrare i drift och att beslutsfattande stirrar sig blint på siffror utan att väga kostnaden mot vilket mervärde lösningen genererar. Thoms Ivarsson uttryckte att värdet som skapas av en något dyrare socialt integrerad lösning ofta kan vara betydligt större i förhållande till vad det kostar men väljs ändå bort på grund av driftkostnaden.

Utformandet av en socialt integrerad dagvattenlösning behöver enligt Thoms Ivarsson inte endast skapa sociala värden under regnigt väder, utan kan även utformas för att verka under soligt väder. Thoms Ivarsson berättade också att en dagvattenlösning kan med fördel vara utformad som en aktiv och levande dagvattenlösning som uppmuntrar till reflektion och intresse för dagvattenhantering. En aktiv lösning kan gestaltas exempelvis som ett vattenskådespel eller en synlig teknisk lösning som aktiveras av regnvatten. Det kan ge glädje till förbipasserande människor och dagvattenlösningen fyller samtidigt fler syften än att bara ta hand om regnvatten.

7.3.2 Multikriterieanalys

Multikriterieanalysen (MCDA) utgår från sociala, tekniska och ekologiska aspekter vid poängsättning mellan 0–3 poäng. De sociala aspekterna består av rekreativvärde och mötesplats, se tabell 4. Rekreativvärdet utgår ifrån hur väl lösningen skapar en lugn och trivsamt miljö med plats för vila. Om lösningen bidrar till en social mötesplats eller inte utvärderas utifrån om lösningen har plats för stillasittande eller annan aktivitet som gör att människor kan vistas på platsen en längre stund. Utvärderingen av lösningarna i social aspekt visar om dagvattenlösningarna innebär en förbättring inom kategorin, eller om ingen förändring sker. I poängsättningen bedöms förbättringen med poäng 1, 2 eller 3 utifrån teori och ingen förändring sätts till 0.

Tabell 4. Sociala aspekter för dagvattenlösningar.

Dagvattenlösning	Rekreativvärde	Mötesplats
Permeabla ytor	Ingen förändring	Ingen förändring
Gröna väggar	Förbättring	Ingen förändring
Gröna tak	Ingen förändring	Ingen förändring
Regnträdgårdar	Förbättring	Förbättring
Dagvattendamm	Förbättring	Förbättring
Regnåtervinning	Ingen förändring	Ingen förändring
Öppet fördröjningsmagasin	Förbättring	Förbättring

Ekologiska aspekter som bedöms är förmågan att bidra med ekosystemtjänster och reningseffekt, se tabell 5. De ekosystemtjänster som dagvattenledningarna kan bidra med är dels reglerande vilket innebär att dagvattenlösningen antingen renar vattnet eller reglerar/fördröjer vattnet. Dels kulturella som innebär att lösningen bidrar med rekreation eller stärker naturupplevelsen (Naturvårdsverket, 2020c). Vidare utvärderas också dagvattenlösningarnas förmåga att rena vattnet från föroreningar. Reningseffekten bedöms som låg, medel eller hög utifrån teori, poängsättningen motsvarar sedan dessa bedömningar med poäng 1, 2 eller 3.

Tabell 5. Ekologiska aspekter för dagvattenlösningar.

Dagvattenlösning	Reningseffekt	Ekosystemtjänster
Permeabla ytor	Låg	Reglerande
Gröna väggar	Låg	Reglerande/Kulturella
Gröna tak	Medel	Reglerande
Regnträdgårdar	Hög	Reglerande/Kulturella
Dagvattendamm	Hög	Reglerande/Kulturella
Regnåtervinning	Ingen	Reglerande
Öppet fördröjningsmagasin	Medel	Reglerande/Kulturella

Fördröjning är en teknisk parameter som mäts genom mängden vatten som lösningen kan fördröja, vilket beror på dess volym, uppbyggnad samt material. Underhåll är den sista tekniska aspekten som tas till hänsyn vilket bedöms utifrån det underhållsbehov lösningen har för att fungera ordentligt samt upprätthålla kvalitet och utseende. Utvärderingen för tekniska aspekter visas i tabell 6. Poängsättningen för dessa tre kategorier följer poängsättningen för reningseffekt inom de ekologiska aspekterna, alltså att låg ger 1 poäng, medel ger 2 poäng och hög ger 3 poäng.

Tabell 6. Tekniska aspekter för dagvattenlösningar.

Dagvattenlösning	Fördröjning	Underhåll
Permeabla ytor	Låg	Medel
Gröna väggar	Låg	Hög
Gröna tak	Medel	Låg
Regnträdgårdar	Medel	Medel
Dagvattendamm	Hög	Medel
Regnåtervinning	Medel	Låg
Öppet fördröjningsmagasin	Hög	Låg

Poängsättningen för dagvattenlösningarna i tabell 7 görs utifrån tabellerna ovan. Poängskalan går från 0 till 3 där poäng 0 innebär att ingen förändring sker och 3 poäng betyder att dagvattenlösningen är utmärkt inom kategorin. Fördelning av poäng 1, 2 eller 3 görs utifrån teori och dagvattenlösningarna viktas mot varandra för att poängsättningen skall visa vilken eller vilka dagvattenlösningar som är bäst inom varje kategori. Exempelvis anses en regnträdgård ge mer ekosystemtjänster än ett öppet fördröjningsmagasin, trots att båda lösningarna bidrar till både reglerande och kulturella tjänster enligt tabell 5.

Tabell 7. Poängsättning i MCDA, skala 0–3, där 3 anses vara mest fördelaktigt.

Dagvattenlösning	Rekreativsvärde	Mötesplats	Ekosystemtjänster	Fördröjning	Reningseffekt	Underhåll	Summa
Permeabla ytor	0	0	1	1	1	2	5
Gröna väggar	2	0	3	1	1	1	8
Gröna tak	1	0	2	2	2	3	10
Regnträdgårdar	3	2	3	2	3	2	15
Dagvattendamm	3	3	3	3	3	2	17
Regnåtervinning	0	0	1	2	0	3	6
Öppet fördröjningsmagasin	1	2	2	3	2	3	13

7.4 Förslag på lösningar

Med multikriterieanalysen och intervjun som grund har gruppen beslutat att ge förslag på åtgärder för dagvattenhanteringen på Chalmers campus med förhoppning om att även det sociala mervärdet skall öka. I figur 27 nedan visas en översiktsbild av lösningarna som föreslås för det kritiska området. Alla de lösningar som proponeras samspelar och kommer tillsammans skapa en helhet på Chalmers campus inom dagvattenhantering. Oavsett hög eller låg poängsättning i MCDA kommer alla dagvattenlösningar förutom gröna tak appliceras i området, även om lösningarna med hög poängsättning prioriteras. Till exempel har dagvattendammar och regnträdgårdar prioriterats över permeabla ytor och regnåtervinning. Gröna tak behandlas inte trots den medelhöga poängsättningen på grund av att det redan finns befintliga gröna tak runt om på Chalmers campus samt att det inte bidrar socialt. Översiktsbilden av området blir en förlängning av Akademiska Hus översiktsbild, se figur 7 i avsnitt 3.7. Figurerna som presenteras för varje lösningsförslag är endast konceptskisser och gestaltar inte exakt hur lösningarna kan komma att se ut.



Figur 27. Översiktsbild av lösningsförslaget.

7.4.1 Teknologgårdsslätten

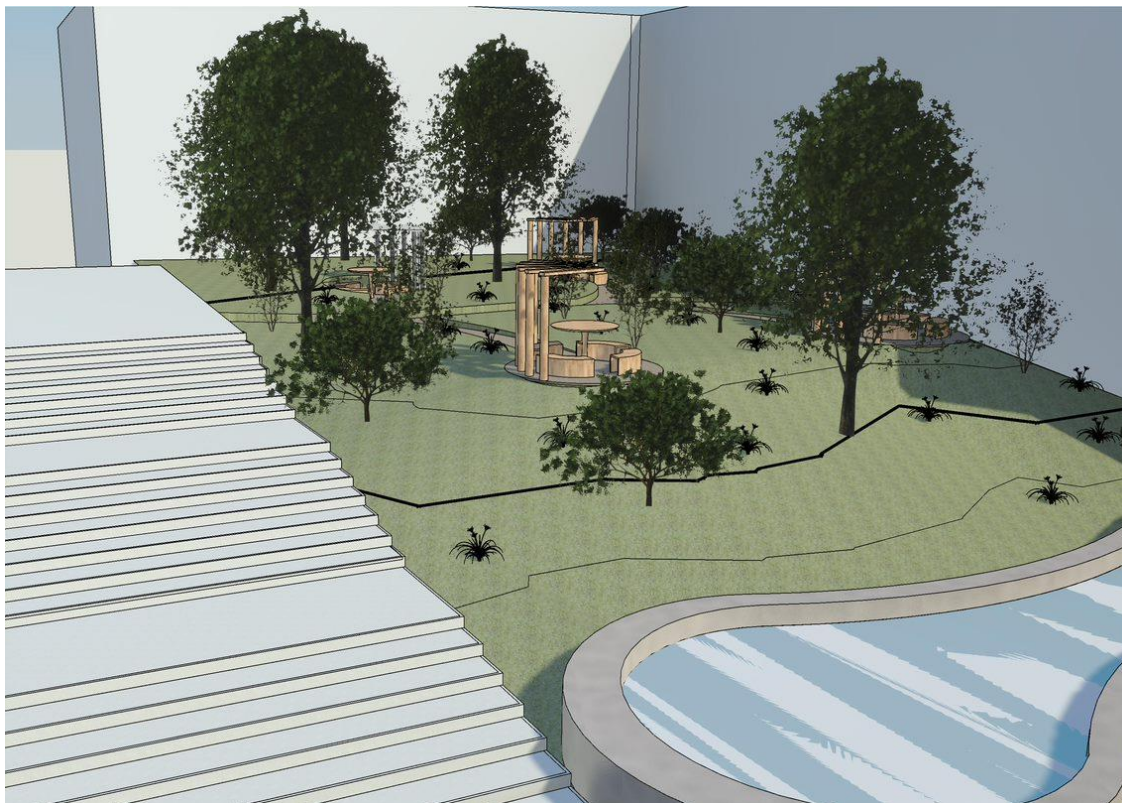
Teknologgården är en naturlig social knutpunkt för människor då både studenter och anställda passerar för att komma till Chalmers kårhus eller till och från Chalmershållplatsen. Vid den lilla slätten intill Teknologgården finns stor potential för utveckling att skapa sociala ytor och samtidigt behandla dagvatten. Enkäten visade på ett tydligt underskott av sittplatser i området samtidigt som SCALGO bekräftade att området har en problematik gällande översvämmade ytor vid kraftigt regn. I förslaget 'Teknologgårdsslätten' anläggs flera regnrabatter i botten av slätten som fungerar som upptag och rening av dagvatten från den 550 kvadratmeter stora, sluttande, ytan. I slätten anläggs massiva stenbänkar med sits i trä som bidrar till att fylla sittplatsbehovet. Bänkarnas placering och utformning fungerar som erosionsskydd för slätten. Den befintliga fontänen rustas med fördel upp och ansätts åter i drift för att tillsammans med de blomstrande regnrabatterna och sittplatserna skapa en attraktiv och inbjudande social mötesplats med möjlighet för rekreation. Figur 28 nedan illustrerar förslaget.



Figur 28. Illustrationsförslag av 'Teknologgårdsslätten'.

7.4.2 Olgas trädgård

Området bredvid Olgas trappor är för närvarande en glömd yta på ungefär 1000 kvadratmeter med stor utvecklingspotential. Det finns få och begränsade ingångar till ytan och dessutom skymts den något i nederkant av en cykelparkering med grönt tak som för nuvarande står på Teknologgården. Förslaget 'Olgas trädgård' innebär att denna stora och sluttande gräsyta skall göras om till en inbjudande parkmiljö med öar av mötesplatser bland frodig grönska. Förutom rekreation leder lösningen till en förbättrad dagvattenhantering i en annars oanvänd sluttning som leder ner mot en av Chalmers campus mest utsatta platser i dagvattenperspektiv. Trädgården är en kombination av de tre dagvattenlösningar som fick högst poäng i MCDA, det vill säga regnträdgård, öppet fördröjningsmagasin och dagvattendamm.



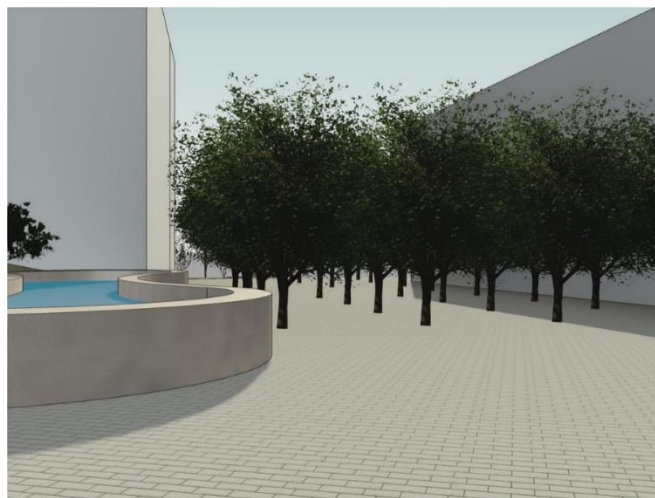
Figur 29. Illustrationsförslag av 'Olgas trädgård'.

I figur 29 ovan illustreras förslaget som innehåller fyra mötesplatser förankrade till en tydlig grusgång som löper genom hela ytan. Mötesplatserna utgörs av schaktade, permeabla grusytor med tillhörande möblemang och pergola. Principen för mötesplatserna i parken är att marken skall vara plan trots att man befinner sig i en ganska stor sluttning. För att tydligt markera mötesplatserna skall ytorna mellan bestå av högre grönska med god upptagningsförmåga för att öka fördröjning, rena dagvattnet och minska avrinning ner till Teknologgården. Den högre grönskan gör också att de olika mötesplatserna blir något avskilda från varandra, vilket det fanns önskemål om i enkätresultatet. Känslan av avskildhet ökar även med de pergolor i trä som ska inrama varje mötesplats. I dessa pergolor kan växter klättra och ljuskällor placeras för att göra parken användbar även kvällstid. I botten av sluttningen, precis vid mötet av Teknologgården, planeras ett öppet fördröjningsmagasin inhägnad av en bred stenmur som även kommer fungera som sittplats. Figur 29 visar att stenmuren går runt hela magasinet vilket endast är en illustration och hade inte utformats så i verkligheten eftersom dagvatten ska kunna rinna in i magasinet från Olgas trädgård. Det öppna fördröjningsmagasinet kommer ha hög kapacitet att ta upp och rena stora mängder nederbörd och bidrar samtidigt till ekosystemtjänster och en trivsamt miljö. Cykelparkeringen med grönt tak som idag står på platsen där dagvattendammen skall anläggas föreslås flyttas till området mellan Chalmershållplatsen och Chalmers campus norra entré.

Visionen med 'Olgas trädgård' är att det kommer vara en plats för alla studenter och anställda vid Chalmers tekniska högskola, framförallt då detta område tillhör område 3 som i enkätundersökningen hade störst bredd av respondenter gällande institutionstillhörighet. I och med möjligheten till sittplats, som dessutom är solbelagd men samtidigt skuggad lunchtid, kommer området vid Teknologgården bli en mer levande plats där folk snarare stannar vid än passerar förbi.

7.4.3 Kårhusallén

Nedanför 'Olgas trädgård' finns i dagsläget en trädallé längs gångstråket från Teknologgården mot Geniknölen. På marken i området föreslås permeabel markyta för att öka infiltrationen runt träden och i gångstråket, se figur 30. Den permeabla ytan sträcker sig från alléns början vid Teknologgården och fram till Kårrestaurangens slut vid Geniknölen. Permeabla ytor har enligt MCDA inte någon funktion för den sociala aspekten, men bidrar till god dagvattenhantering i området. I allén placeras ljuskällor i träden för att lysa upp dem vid mörker och öka upplevelsen av trivsel och trygghet. Vidare längs stråket finns det möjlighet att använda den regnfärg som används på Esperantoplatsen för att till exempel forma Chalmers tekniska högskolas emblem.



Figur 30. Illustration av lösningsförslag längs kårhusallén.

7.4.4 Regnträdgården

Utmed SSPA-byggnadens vägg innan Tågsvagnen skall förslagsvis en regnträdgård anläggas bestående av blommor, buskar och små träd i olika former, se figur 31. Genom trädgården kommer en liten gångväg utformas och väl framme vid Tågsvagnen placeras ett stort rundt bord. Bordet skall ha sittplatser för stora sällskap och förhoppningsvis skall mötesplatsen upplevas likt en lummig oas. Utmed husväggen på vänster sida konstrueras en vattenbehållare som samlar vatten från hustaket som sedan rinner ut i långsam takt till regnträdgården för infiltrering och rening. Regnträdgården är tänkt att utformas på liknande sätt som regnrabatten i Kviberg, vilket beskrivs i avsnitt 3.4, med en välgarderad jord samt val av växtlighet som effektivt fångar upp föroreningar. Tanken är att trädgården avgränsas på höger sida närmast gångstråket med hjälp av en kantsten. Utmed kanten finns också plats för bänkar som är formade efter trädgårdens runda hörn. Regnträdgården gör inte bara nytta genom att samla upp och rena dagvatten, den bidrar också med grönska och ökar trivselkänslan på vägen bort mot ACE-byggnaden. De goda effekterna av en regnträdgård återspeglas i MCDA där denna dagvattenlösning får höga poäng på samtliga kriterier, då både sociala, tekniska och ekologiska effekter uppfylls.



Figur 31. Illustrationsförslag av 'Regnträdgården'.

Vattenbehållaren skall fungera som en typ av regnåtervinning. Behållaren skall kunna samla upp vatten från SSPA-byggnadens tak som sedan kan renas i regnträdgården. Vattenbehållarens utformning syns i figur 32. Varje delnivå skall gå att öppna som en dörr för att möjliggöra rengöring och bortrensning av löv och smuts. Förhoppningen är att runda små hål utmed hela vattenbehållaren skall kunna skapa ett levande vattenspel i form av korsande vattenstrålar och när behållaren är tillräckligt full kommer ett självtryck att skapas som driver vattnets rörelse.



Figur 32. Illustrationsförslag av 'Regnträdgården'.

7.4.5 Skogsdungen och gröna väggen

Efter regnträdgården bakom Tågvagnen, på SSPA-byggnaden, föreslås att en grön vägg anläggs med start i höjd med Tågvagnen och vidarelöpande ut till kanten av byggnaden. Den gröna väggen bidrar enligt MCDA med fördröjning av dagvatten, ekosystemtjänster, grönska och rekreationsvärde. Jämfört med de befintliga tegelfasaderna bidrar den gröna väggen till att göra Chalmers campus vackrare och mer levande, se figur 33.

Bredvid Tågvagnen framför den gröna väggen kommer asfaltsytan bytas ut mot grus och ur gruset kommer konstgjorda träd växa upp, detta förslag kallas 'Skogsdungen' och illustreras i figur 33. Träden kommer ha platta "trädkronor" i olika former som fungerar som tak mot nederbörd och solskydd, något som efterfrågades av respondenterna i enkätundersökningen. Dessa träd kommer vara av varierande höjder, mellan 2–3,5 meter, och trädkronorna kommer att överlappa varandra. Trädkronorna utformas som grunda skålar för att leda ner regn till det lägsta trädet. Dessutom kommer dagvatten från SSPA-byggnadens tak kunna överföras till ett av träden genom ett stuprör. All nederbörd leds sedan ner till det lägsta trädet genom uttänkt lutning av trädkronorna. Det lägsta trädet kommer ha ihålig "stam" som vattnet rinner ner i och som sedan förs i rör under marken till A-dammen. Detta görs för att skapa ytterligare fördröjning av dagvattnet samt för att reningseffekten av vattnet skall bli större i A-dammen. Regnvattnet som leds mellan träden filtreras genom galler för att inte föra med sig löv eller liknande ner i röret och förstöra ledningen av vatten. Även vattnet från SSPA-byggnadens tak filtreras genom galler i stupröret, en renslucka inrättas för att underlätta underhållsarbetet.

Under träden i 'Skogsdungen' kommer sittplatser utformas för att ge studenter en plats att studera utomhus på. Bord med tillhörande bänkar konstrueras runt trädstammarna och skapar en yta som både kan användas vid regn samt fungera som skugga vid sol. I trädkronorna kommer belysning anordnas för att skapa ett

stämningfullt ljus, vilket görs genom att sätta små dioder på undersidan av träd Kronorna som tillsammans efterliknar en stjärnhimmel. 'Skogsdungen' blir en plats som ökar det sociala mervärdet på Chalmers campus samtidigt som det bidrar med en dagvattenlösning.



Figur 33. Illustrationsförslag av 'Skogsdungen'.

7.4.6 Geniknölen

Då Geniknölen är en stor grönyta, i ett annars hårdgjort område där det råder brist på grönska, är det något som prioriteras att bevaras för att bibehålla funktionen som ett fördröjningsmagasin. En fortsatt anledning är att öppet fördröjningsmagasin fick höga poäng i MCDA. På grund av detta läggs fokus på att förbättra de redan befintliga sittplatserna i form av enklare bänkar genom att rusta upp dessa samt tillsätta bord, något som efterfrågades i enkäten. Denna upprustning är något som blir ytterligare aktuellt i och med att Kårrestaurangen skall bygga en uteservering utmed väggen längs Chalmers kårhus mot Geniknölen, en plats där studenter och anställda för nuvarande sitter i solen och till exempel äter matlåda på lunchraster. Då denna uteservering endast tillåts nyttjas av restauranggästerna kommer de övriga behöva nya sittplatser, fördelaktigt med bordsyta. Således behövs det ett utökat antal sittplatser med bord, något det finns möjlighet för på toppen av Geniknölen där bänkar med tillhörande fasta småbord är passande bland träden och statyerna, se figur 34. Fler sittplatser med större bord är dessutom möjligt vid sidorna av de befintliga.

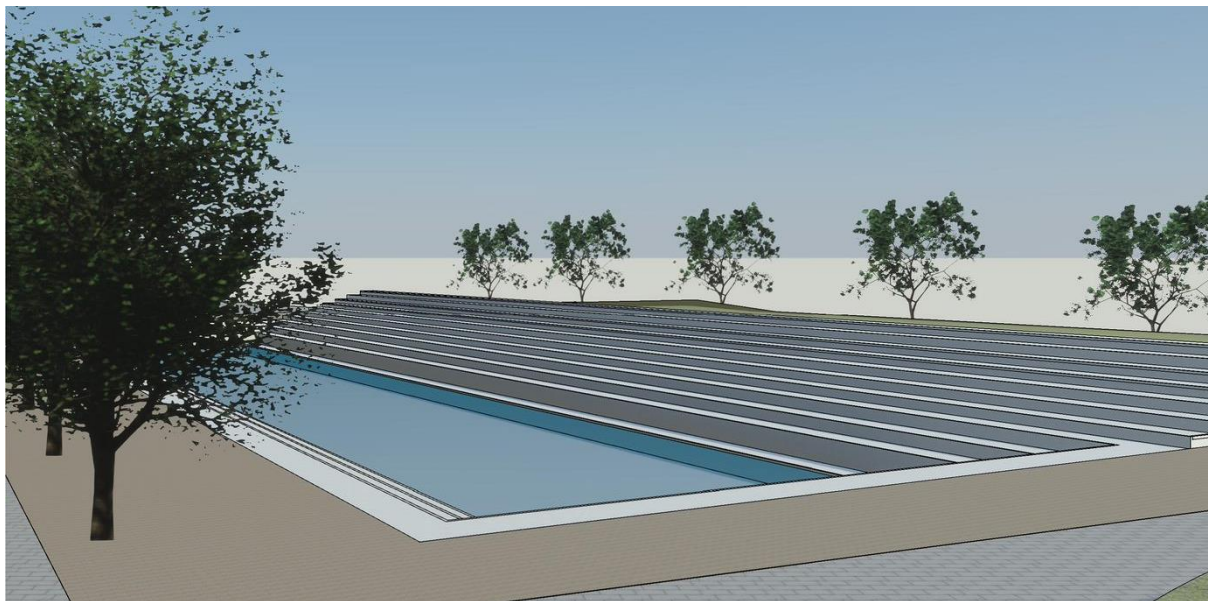


Figur 34. Illustrationsförslag av utveckling av Geniknölen.

Eftersom Geniknölen för nuvarande används främst under soltimmar och i dagsljus, men dessvärre inte kvällstid, kommer belysning värderas högt. Ljusinstallationen appliceras runt hela Geniknölen för att ljusa upp på kvällar vilket ökar trygghetskänslan samt möjliggör för längre utnyttjning av området. Belysningen skall ha ett varmt och lugnt sken och bestå av runda klot samt även fästas i träden likt ljusslingor. Lamporna skall vara hybrid-drivna på både elektricitet och solljus med hjälp av solceller.

7.4.7 A-dammen

Den befintliga A-dammen utanför ACE-byggnaden byggs om till en dagvattendamm som kan ta hand om stora mängder dagvatten vid kraftig nederbörd samt sedimentera föroreningar. Den för närvarande hårdgjorda botten görs om till en botten med infiltrerande egenskaper, och ett utlopp från dammen till dagvattenledningen skapas. Dammen byggs i olika nivåer som skapar sittplatser i etage ner mot vattenspegeln, se figur 35. I figuren visas en illustration och enkel skiss över dagvattendammen där inte de infiltrerande och sedimenterade egenskaperna visas. Utformningen skapar främst stor volym dagvattenfördröjning eftersom avrinning från omkringliggande ytor ansamlas i dammen samt att vatten från SSPA-byggnadens tak leds ner till dammen via de konstgjorda träden i 'Skogsdungen'. Kullen av gräs som idag ligger mellan A-dammen och Sven Hultins gata kommer kvarstå och användas för infiltration och som en gräns mellan dammen och gatan. Vid torra eller normal nederbörd fylls inte dammen upp helt och kan istället användas som sittplatser och en plats för rekreation. Dammen kommer aldrig torka ut helt, utan bestå av en konstant vattenspegel, eftersom kontakt med vatten även det ger rekreation och uppmärksamhet i miljön. En vattenspegel ökar också dammens reningseffekt och ytterligare en fördel är att dammen bidrar med ekosystemtjänster eftersom den reglerar vatten och skapar en trivsamt miljö. Växtlighet kommer också förekomma i dammen vilket ökar den biologiska mångfalden i området och en plats för djur att trivas i, detta syns däremot inte i figur 35. A-dammen behåller med denna lösning sitt välkända namn på Chalmers campus med målet att bli en ännu attraktivare mötesplats.



Figur 35. Illustrationsförslag av utveckling av A-dammen.

Fortsatt är ljussättning en parameter som adderas till utformningen av A-dammen för att göra platsen till mer attraktiv under alla dygnets timmar. Det placeras ljuskällor under vattenytan för att skapa fler dimensioner och uppmärksamma vattnets effekter. Runt om kring dammen och vid sittplatserna placeras också ljuskällor för att skapa en mysig och trygg mötesplats även vid mörker. I träden mellan A-dammen och ACE-byggnaden hängs ljusslingor upp för att även lysa upp gångstråket längs med byggnaden.

7.4.8 Beräkning av dagvattenflöde enligt rationella metoden med hänsyn till lösningar

Valda dagvattenlösningar förbättrar hanteringen av dagvatten och minskar ytavrinning. Takvatten från SSPA-byggnaden samlas upp, yta bestående av park med rik vegetation samt permeabla ytor utökas och dike tillkommer. Till följd av dess åtgärder kommer flödet från området att minska. Flödet går från att vara 263 l/s till 207 l/s, vilket är en minskning på ca 21 %. I tabell 8 redovisas flödena med hänsyn till dagvattenlösningar.

Tabell 8. Beräkning av vattenflöde, med hänsyn till lösningsförslagen, enligt rationella metoden

Typ av yta	Ytor [ha]	Avrinningskoefficient	Flöde [l/s]
Chalmers kårhus (sedumtak)	0,078	0,6	15
Kårresturangens tak (tak utan ytmagasin)	0,1	0,9	28
SSPA-byggnadens tak (tak utan ytmagasin)	0,05	0,9	14
ACE-byggnadens tak (tak utan ytmagasin)	0,15	0,9	42
Geniknölen (gräs)	0,18	0,1	6
Grön yta vid A-dammen (gräs)	0,034	0,1	1
Stensatta ytor med grusfogar	0,41	0,7	90
Parker: Slänt och Olgas trädgård (rik vegetation)	0,12	0,1	4
Permeabel yta	0,04	0,3	4
Regnträdgård (rik vegetation)	0,03	0,1	1
Dike vid slänt (rik vegetation)	0,01	0,1	0,3
Grusytor	0,05	0,2	3
Summa	1,252		208,3

8 Diskussion

Diskussionen analyserar och utvärderar rapportens olika delar utifrån metod, genomförande och resultat. Eventuella felkällor adresseras för att diskutera rapportens relevans samt för att underlätta fortsatta studier. Diskussionen inleds med en analys av val av område och fortskrider sedan med en diskussion av val av lösning för området. Vidare analyseras lösningarnas tillämpning samt hur arbetet skulle kunna utvecklas i framtiden.

8.1 Val av område

Det kritiska området på Chalmers campus valdes till stråket från Teknologgården utanför Chalmers kårhus vidare mot entrén till byggnaden för samhällsbyggnadsteknik. Valet av området baserades på resultatet från enkätundersökningen samt modelleringen i *SCALGO*. Gruppen har varit mån om att inte lägga in egna preferenser och intressen vid områdesvalet eftersom samtliga gruppmedlemmar studerar vid samma institution, ACE, och således vistas på samma områden. Däremot gav enkätundersökningen högst resultat i de områden som gruppmedlemmarna själva spenderar tid vid, antagligen på grund av den stora andelen respondenter från ACE. Anledningen till detta urvalsfel beror till stor del på svårigheten att förmedla enkäten till studenter och anställda vid hela universitetet, särskilt under rådande omständigheter som gjorde det olämpligt att utföra enkäten fysiskt på campus. Önskvärt hade enkäten genomförts på plats, kanske till och med i regn, för att få ett resultat som tydligare speglar besökarnas upplevelse av Chalmers campus under regniga väderförhållanden. Att enkätundersökningen istället genomfördes digitalt kan ha resulterat i att en del frågor missuppfattades. Bland annat har gruppen identifierat en motsägelse mellan frågan om regn anses som ett problem på campus, där majoriteten svarade nej, och frågan om respondenterna behöver hoppa över vattenpölar för att ta sig fram på campus, där majoriteten svarade ja. Här kan en tolkning av ordet 'problem' vara anledningen till resultatet. Att enkätundersökningen genomfördes digitalt kan också ha påverkat svarsfrekvensen, som uppgick i 12 %. Enligt metodbeskrivningen är denna svarsfrekvens godtagbar, dock bör fördelningen av respondenterna varit bredare för att ge ett mer tillförlitligt resultat. Det var 12 % av respondenterna som hade annan institutionstillhörighet än ACE och angav därför spridda områden på Chalmers campus, men en stor del av de angav ändå en del av det område som sedan valdes som kritiskt. Detta är ytan utanför Chalmers kårhus, Teknologgården, vilket var väntat eftersom det är en tydlig passage och mötesplats för alla chalmerister. Även om enkäten kan vara missvisande och områdesvalet är till ACE:s fördel har delar av området som valts som kritiskt omnämnts av flertalet respondenter. Det kritiska området utgörs också av tre av de områdena i enkätundersökningen som hade övervägande nej-svar på frågan om respondenterna vill spendera tid där även när det regnar, och hade även flest nej-svar på frågan om det finns en brist på sociala mötesplatser inom området.

Områdesvalet baserades dock inte bara på enkätundersökningens resultat utan finner också stöd i resultatet av modelleringen i *SCALGO*. Resultatet i *SCALGO* visade två huvudsakliga områden med kritiskt vattendjup vid både 10-års- och 100-årsregn. Ett av dessa områden var det som sedan valdes till kritiskt område och den andra området ligger i utkanten av Chalmers campus, mot Gibraltargatan och är för närvarande en stor parkeringsplats. Detta område valdes bort på grund av att det inte fanns stöd i enkätundersökningen samt för att den inte är belägen centralt på Chalmers campus och är därmed av mindre social betydelse. Noterbart angående modelleringen i *SCALGO* är att den inte tar hänsyn till infiltration eller bortledning av dagvatten i befintliga ledningssystem. Detta innebär att dagvattnet samlas till de lägst belägna punkterna, men denna generalisering i *SCALGO* bör dock endast innebära marginell skillnad i vattendjup för de två nämnda områdena eftersom båda områdena består av hårdgjorda och impermeabla ytor.

Eftersom både enkätundersökningens resultat och SCALGO-modelleringen pekade på samma delar av Chalmers campus blev valet av kritiskt område naturligt. Området är centralt beläget på campus och har många besökare från alla institutioner dagligen. Respondenterna i enkätundersökningens upplevelse av brist på sociala mötesplatser i området är också en anledning till att det kritiska området bör utvecklas, för att samtidigt som dagvattenhanteringen förbättras även ha möjlighet att förädla sociala ytor på Chalmers campus. Till skillnad från Berkeleys tävlingsbidrag i *Campus Rainworks Challenge* som utvecklar en parkeringsyta på campus med dagvattenlösningar har denna rapportens valda område redan ett socialt värde. Gemensamt för projekten är hur lösningsförslagen bidrar till infiltrering av stora mängder nederbörd, med dagvattenlösningar utformade ur ett ekologiskt och socialt perspektiv.

8.2 Val av lösning

Utformningen av lösningarna på det valda området grundade sig i att förbättra sociala ytor på Chalmers campus och att samtidigt skapa en attraktiv dagvattenhantering som uppmuntrar vistelse i området. Genomförandet bestod till stor del av en kreativ fas med bred variation och idérikedom för att utforma platsen. Lösningarna arbetades huvudsakligen fram med grund i två metoder: MCDA och intervju. Intervjun med Jens Thoms Ivarsson gav stor inspiration till kreativa och interaktiva dagvattenlösningar där bland annat idén om ett vattenspel längs med SSPA-byggnaden tillkom. Ur intervjun framkom även att regnkonst kan skapa leenden och välmående hos människor som passerar området, vilket är en av gruppens visioner för att skapa ökade sociala mervärden på Chalmers campus. Inspiration har även hämtats från det liknande projektet utfört vid George Mason University som tydliggjorde vikten av att tekniska lösningar för dagvatten också kan utformas som konstverk.

Som grund till val av lösning låg bedömningen i MCDA, där de öppna dagvattenlösningarna i avsnitt 3 utvärderades. I MCDA fick dagvattendamm och öppna fördröjningsmagasin höga poäng, och därför har denna typ av dagvattenlösningar valts att implementeras på Chalmers campus, till exempel genom utveckling av A-dammen och Geniknölen. Geniknölen behålls och utvecklas eftersom den fungerar som ett effektivt fördröjningsmagasin där utökade sittplatsmöjligheter skapas för att utnyttja marken för ökad möjlighet till sociala möten. Vidare fick även regnträdgård höga betyg och därav har flera regnträdgårdar och regnrabatter planerats samt stora grönytor bevarats och utvecklats i valet av lösningar. Den totala summan av poäng i MCDA är viktig för val av lösning eftersom den tar hänsyn till alla tre dimensioner av hållbarhet: teknisk, social och ekologisk. Dagvattenlösningarna fick varierade poäng, men vid utformning har inte bara lösningarna med högst slutgiltig poäng applicerats. Varje enskild utvärderingskategori har tagits i beaktning. Regnåtervinning fick exempelvis låga betyg på rekreativvärde och mötesplats, varför denna valdes bort trots att den fick högre betyg än permeabla ytor. Permeabel yta tar å andra sidan stor yta i anspråk, däremot kan ytan användas som gångstråk och fyller därför ett ytterligare syfte än att endast omhänderta dagvatten.

Poängsättningen och därmed lösningsförslagen påverkades av viktningen som gjordes i MCDA. Viktning är en del av metoden, men hur viktningen gjorts inom varje kategori och hur kategorierna ställs mot varandra är relevant att diskutera. I resultatet, avsnitt 7.3.2, beskrivs att lösningarna viktades olika inom kategorierna utifrån bedömning från teori. Kategorierna har däremot samma viktning och poängsättning vilket innebär att de spelar lika stor roll i resultatet. Eftersom rapportens syfte är att hitta lösningar som är sociala och skapar en hållbar dagvattenhantering på Chalmers campus skulle exempelvis mötesplats och fördröjning viktas högre än underhåll eftersom målet framförallt är att kunna ta hand om den ökade nederbörden och skapa mötesplatser. Däremot är underhåll en viktig aspekt utifrån hållbarhet där underhåll påverkar lösningarnas effektivitet, utseende och hur människor upplever platsen. Vidare är viktning mellan kategorierna svårt att fastställa och kategorierna valdes att vara med eftersom de ansågs viktiga varför de beräknades utifrån samma vikt.

Valet av lösning har även utgått från områdets befintliga utformning, vegetation, gångstråk och topografi. För att lösningarna skall vara implementerbara i området är det viktigt att ta den befintliga miljön i beaktning, dels för att göra mindre intrång i miljön, dels av ekonomiska skäl. A-dammen konstrueras därför om till en dagvattendamm för att utnyttja att platsen har en befintlig vattenspiegel som redan är delvis urgrävd. Genom att göra om botten till en infiltrerande yta och tillföra växtlighet ökar upptaget av föroreningar genom bland annat sedimentation enligt Egemose et al. För att bibehålla reningseffekten i dammen krävs enligt Al-Rubaei et al. underhåll och kontroll, för att tidigt identifiera problem. A-dammens tänkta utformning med trappor gör den tillgänglig för underhåll. Området vid 'Olgas trädgård' har relativt hög lutning vilket gör det till en lämplig plats för infiltration direkt i marken, samtidigt som nederbörd kan ledas ner till det öppna fördröjningsmagasinet i botten av slänten. Enligt analys i SCALGO är översvämningsrisken hög i hela det kritiska området, men framförallt på Teknologgården. Eftersom gården används för stora folksamlingar och event är det prioriterat att applicera lösningar närmare källorna och således minska ytavrinning ner till Teknologgården.

Där regnträdgården planeras, längs SSPA-byggnaden, finns idag stora buskage vilka ur ekologisk synpunkt hade varit bra att bevara. Däremot inramar buskaget en öde plats bredvid Tågvagnen som idag inte nyttjas. Istället för dessa buskar anläggs en regnträdgård med växter anpassade för att fördröja nederbörd och ta upp föroreningar. Regnträdgårdar är enligt SMHI en dagvattenslöning som inte bara bidrar med fördröjning utan också grönska i stadsmiljön vilket är viktigt för folkhälsan, enligt Nordh & Østby. Utformningen efterliknar regnträdgården i Kviberg då den visat goda resultat. Vattenbehållaren som ska stå i regnträdgården kan användas för fördröjning samt regnåtervinning. En idé är att vattnet kan bidra till forskning om hur dagvatten kan omvandlas till dricksvatten. Detta skulle kunna vara ett aktuellt forskningsområde vid Chalmers tekniska högskola på grund av den rådande vattenbristen i världen.

En grön vägg har valts att konstrueras längs med SSPA-byggnaden, dessa väggar är effektiva för dagvattenfördröjning utan att ta markyta i anspråk. Denna yta kan istället användas till utveckling av sociala mötesplatser och plats för rekreation. Gröna väggar i sig är ingen mötesplats men bidrar på andra sätt till ett socialt mervärde eftersom platsen upplevs mer estetiskt tilltalande och inbjudande jämfört med en tom tegelvägg. Att beklä en vägg med grönska är inte bara estetiskt tilltalande utan bidrar också till lokala ekosystemtjänster så som förbättrad luftkvalitet, sänkt temperatur och minskad ljudnivå vilket Manso et al. påpekar.

Enligt enkätundersökningen är behovet av fler sociala mötesplatser och sittplatser stort hos studenter och anställda på Chalmers tekniska högskola. Teknologgården besöks av studenter och anställda från samtliga institutioner eftersom Chalmers kårhus ligger invid gården. Att skapa fler sittplatser i slänten vid Teknologgården och i 'Olgas trädgård' gynnar därför många olika besökare på Chalmers campus. Området mellan Tågvagnen och Geniknölen har idag stora tomma ytor av hårdgjord mark vilka har goda förutsättningar att utveckla sociala mötesplatser. Lösningarnas utformning i detta område är utvecklade för att främja olika typer av aktivitet. Dessa lösningar möjliggör uteluncher, plats för studier och möten samt grillning eller annan typ av aktivitet. Däremot spelar platsens klimat roll för hur ytorna används, önskvärt är en låg ljudnivå, behaglig temperatur, väderskydd och fin utsikt enligt Metha. Sittplatserna i området är därför försedda både med och utan tak för att ge möjlighet att användas vid olika väder. Tak kan både fungera som sol- och regnskydd för att uppmuntra nyttjande av platserna vid alla typer av väderförhållanden, och samtidigt finns platser utan tak vilket efterfrågas vid mycket soliga dagar. Fokus vid utformningen av lösningarna har därför varit att skapa en stor variation av platser och lösningar för att bemöta olika behov. Även ljussättning har tagits i beaktning eftersom en stor del av året är mörkt i Sverige. Ljussättning som planeras efter områdes funktion kan enligt Seçkin göra att platsen ger socialt mervärde en längre tid på dygnet. Därför har fokus legat på att öka ljussättning i området för att området skall upplevas attraktivt och tryggt även under de mörka timmarna. Det handlar dels om nattetid men under hösten och vintern är även stora delar av eftermiddagar och kvällar mörka och är enligt Moyer i behov av god ljussättning för att bidra till en bättre upplevelse av platsen.

De valda lösningarna har stor påverkan på vattenflödet i området, enligt beräkningar med rationella metoden minskar dagvattenflödena med 21 % jämfört med dagens utformning. Denna minskning har stor betydelse för både skyfallshantering, dagligt regn och hantering av föroreningar i dagvattnet. Detta eftersom de föreslagna dagvattenlösningarna tar hand om en större mängd dagvatten än befintliga lösningar på Chalmers campus, och dessutom renar vattnet mer. Enligt Hanan visar studier att för att få ett universitetscampus att kännas mer levande krävs planering av utomhusytor för en blandning av aktiviteter. Genom att applicera olika typer av lösningar skapas en variation i utformningen vilket gör att Chalmers campus upplevs mer enhetligt och levande med ytor för sociala möten och rekreation, som samtidigt hanterar dagvatten effektivt.

8.3 Tillämpning av lösning

Att under planeringen av ett område exakt kunna avgöra hur lösningarna kommer fungera på lång sikt utifrån etiska aspekter och underhåll är problematiskt. Flera faktorer likt till exempel väder, skadegörelse och den mänskliga faktorn påverkar hur lösningar samspelar och kommer bete sig i framtiden. Den mänskliga faktorn påverkar lösningarna mycket, i och med att de baserats på önskemål och lösa tankar utifrån en enkätundersökning. Något som kan ha tolkats fel och därför ej bemöter de egentliga kraven från respondenterna. Det är viktigt att utforma och tillämpa lösningarna på ett inkluderande sätt där alla får möjligheten att vistas eller inte begränsas av nedsatt funktion eller rörlighet, även om dessa önskemål inte framgått av enkäten. Trots att lösningsförslagen innebär ökat rekreativvärde och sociala mötesplatser finns det ingen garanti på att fler personer kommer nyttja platsen än tidigare. Det finns inte heller någon garanti på att de som använder platsen kommer uppleva lösningarna lika områdesförbättrande som tänkt vid utformning, allt handlar om att platserna delvis utformas på rätt sätt men också att de upprätthålls för sitt ändamål.

De flesta lösningarna innebär ökad mängd vegetation på Chalmers campus vilket leder till ett ökat underhållskrav från fastighetsförvaltare. Det är också viktigt att ta i beaktning hur vegetationen bemöter ett varierat klimat med varmare temperaturer och säsongstorka likväl som ökad nederbörd under vår, höst och vinter. På grund av det varierande klimatet kommer därför effektiviteten variera hos de tänkta dagvattenlösningarna och därför är det, som tidigare nämnt, viktigt att göra ett medvetet vegetationsval. En förändring av områdets ekosystem med införandet av nya arter och mer växtlighet leder till en större biologisk mångfald och en högre resiliens men kan samtidigt innebära en risk för störningar av exempelvis skadedjur och insekter som kan påverka områdets attraktivitet och grad av trivsel. De föreslagna lösningarnas funktion är bland annat att fungera som attraktiva mötesplatser som bidrar till en ökad social närvaro på Chalmers campus. Detta kan i sin tur leda till större mängder skräp och avfall vilket resulterar i ett större behov av underhåll. För att lösningarna skall upplevas som trivsamma och behålla sin funktion under lång tid är det viktigt att skötseln av lösningarna inte blir eftersatt.

De tänkta lösningarna anses dock ej ha stor problematik att hamna i konflikt med övriga förslag på lösningar från andra aktörer för Chalmers campus. Sara Karlsson från Akademiska hus informerade däremot i ett samtal att en volleybollplan är tänkt att konstrueras till höger om Tågvagnen sett från Geniknölen. Denna sandbelagda spelplan kommer då stå i konflikt med den föreslagna dagvattenslösningen 'Skogsdungen'. Denna motsättning är något som gruppen tagit i åtanke och är medvetna om. Emellertid anses detta inte vara ett problem av betydelse, då 'Skogsdungen' har en så pass bred flexibilitet och därför har möjligheten att appliceras på annan plats. Däremot hade samtalet med Akademiska hus kunnat genomföras tidigare för att undvika denna typ av lösningskonflikt. De övriga lösningar är alla tänkta att appliceras på platser där inget annat redan är planerat att ta form och är således kompatibla på tilltänkt plats. En viktig notering är

dock att alla lösningar har möjligheten att appliceras omkring hela Chalmers campus, om än med små justeringar, vilket gör att gruppens lösningsförslag kan användas som inspiration och grund för hela campusutvecklingen.

8.4 Fortsatta studier

Som tidigare nämnt innefattar rapporten avgränsningar för att skapa en ram för arbetet och bibehålla en god relevans. Det innebär också att det finns flera frågeställningar som vidare kan undersökas och reflekteras kring. Exempelvis hade det varit fördelaktigt om metoden för rapporten hade utvecklats och innefattat fler intervjuer med sakkunniga personer i ett tidigt skede. I vidare undersökningar hade ett fokusområde kunnat vara hur hållbara dagvattenlösningar ska utformas utifrån reningseffekt. Förslagsvis genom att göra en kartläggning av befintlig vattenkvalité i området och se vilka sorters föroreningar som dominerar, för att sedan specificera dagvattenreningen därefter. Rapporten fokuserar på att mäta flöden för att undersöka översvämningsrisken men att undersöka föroreningshalterna hade alltså kunnat vara ytterligare ett steg. Moduleringsprogram som exempelvis *SWAT* eller *StormTac* hade då varit lämpliga verktyg för att kunna utvärdera den befintliga vattenkvalitén. Gestaltningen för öppna blågröna dagvattenlösningar kan också utvecklas, intervjuer med landskapsarkitekter samt vidare undersökningar av framgångsfaktorer från tidigare anlagda dagvattenprojekt skulle kunna studeras närmare.

9 Slutsats

Klimatförändringarna leder till ökad nederbörd och extrema skyfall, vilket skapar större risk för översvämningar med påföljande skador på all form av bebyggelse och infrastruktur. Detta klimathot i kombination med urbaniseringen ställer högre krav på förbättrad dagvattenhantering för att klara av framtidens klimat. Genom det faktum att dagvattenhantering numera måste tas i beaktning i samhällsplaneringen för att bemöta klimatförändringarna, kan likväl sociala behov bemötas i lösningarna. Chalmers campus är idag dominerat av hårdgjorda ytor som upplevs som öde, framförallt vid regn. För att campus skall klara av de ökade regnmängderna krävs fler dagvattenlösningar och bevaring av befintliga grönytor. Samtidigt som behovet av dagvattenlösningar på campus är stort finns det en ökad efterfrågan på sociala mötesplatser. Öppna dagvattenlösningar är inte bara effektiva för hantering av dagvatten utan är även en plats som bidrar till sociala mervärden. De bidrar med grönska, rekreation och en positiv upplevelse av platsen. Kombinationen av dagvattenlösningar och sociala mötesplatser har visats sig vara gynnsamt. Ett exempel på detta är att ökad grönska i stadsmiljö leder till större upptag av nederbörd samtidigt som den bidrar till människors välmående och uppmuntrar till utevistelse. Många dagvattenlösningar följer denna princip och föreslås för implementering på Chalmers campus, som till exempel regnträdgårdar, dagvattendammar och bevarande av Geniknölen. Alla dessa typer av dagvattenlösningar fick höga poäng i multikriterieanalysen ur de tre hållbarhetsaspekterna: tekniska, ekologiska och sociala. Avslutningsvis är det tydligt att en stor variation av öppna dagvattenlösningar i kombination med sociala mötesplatser för alla väder är ett måste för att Chalmers campus skall bli världens bästa campus när det regnar.

10 Källförteckning

- Ahn, C. (2016). A creative collaboration between the science of ecosystem restoration and art for sustainable stormwater management on an urban collage campus. *Restoration Ecology*, 24(3), 291–297. <https://doi.org/10.1111/rec.12341>
- Akademiska Hus. (2020). *Sven Hultins Park*. [Gestaltungsforstag].
- Allen, M. (2017). Survey response rates. *The SAGE encyclopedia of communication research methods*. SAGE research methods. <https://dx.doi.org/10.4135/9781483381411.n614>
- Al-Rubaei, A., Blecken, G., Marsalek, J., & Viklander, M. (2017). *25 kommunala dagvattendammar i Sverige - hur fungerar de?* (2017–18). Svenskt Vatten AB. https://www.svensktvatten.se/contentassets/bb0146d6f9de4e7ab4d19bd3be1b963e/svu-rapport_2017-18.pdf
- Andenæs, E., Kvande, T., Muthanna, T., & Lohne, J. (2018). Performance of blue-green roofs in cold climates: a scoping review. *Buildings*, 8(4), 55. <https://doi.org/10.3390/buildings8040055>
- BFS 2011:6. *Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd)*. Boverket. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/ljus-i-byggnader/belysning/>
- Blecken, G. (2016). *Rekommendationer för drift och underhåll av dagvattenanläggningar*. Luleå tekniska universitet. <https://vaguiden.se/wp-content/uploads/2016/06/Rekommendationer-drift-Infiltrationsanlaggningar.pdf>
- Borg, J. (2000). Ljus utomhus för trygghet och skönhet i staden. *Gröna fakta* 2000(8): <https://www.movium.slu.se/system/files/news/7627/files/Fakta2000-8.pdf>
- Boverket. (2019a, 28 mars). *Parker och grönområden reglerar vatten vid skyfall och översvämning*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/naturen/betydelse/reglerar/>
- Boverket. (2019b, 28 mars). *Öka den ekologiskt aktiva gröna ytan - gröna tak och väggar*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/praktiken/grona/>
- Broad, A., Ball, J., Bassaid, R., Bilingsoy, A., Colvin, J., Fitzgerald, S., Ngu, T., Wang, X., Yuan, Z. (2019). *Bank on it - slowing the flow on strawberry creek*. US Berkeley https://www.epa.gov/sites/production/files/2020-04/documents/d5-project_narrative.pdf
- Brobeck, J. (2018). *Öppna dagvattensystem: som komponent för hållbar stadsutveckling* [Masteruppsats], Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, Sveriges lantbruksuniversitet]. SLU. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-s-9960>
- Bryman, A. (2016). *Social research methods* (3 uppl., Vol. 4). Oxford University Press.
- Chalmers tekniska högskola. (2019a, 3 maj). *Chalmers campus*. <https://www.chalmers.se/sv/om-chalmers/campus-och-lokaler/Chalmers-campus/Sidor/default.aspx>
- Chalmers tekniska högskola. (2019b). *Campus Plan - Människor och möten för en hållbar framtid*. <https://chalmersfastigheter.se/wp-content/uploads/2019/10/190909-Campusplan-Chalmers-2019-2050.pdf>
- Chalmers tekniska högskola. (2020, 26 juni). *Om Chalmers*. <https://www.chalmers.se/sv/om-chalmers/Sidor/default.aspx>
- Department for Communities and Local Government [DCLG]. (2009). *Multi-criteria analysis: a manual*. Communities and Local Government Publications. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/191506/Mult-crisis_analysis_a_manual.pdf
- Egemose, S., J. Sønderup, M., Grudinina, A., S. Hansen, A., R. Flindt, M. (2015). Heavy metal composition in stormwater and retention in ponds dependent. *Environmental Technology*, 36(8), 959-969. <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.970584>

- Eisenberg, B., Lindow, K. C., & Smith, D. (2015). *Permeable pavements*. The American Society of Civil Engineers.
- EPA. (2020). *Campus rainworks challenge - A green infrastructure design challenge for colleges and universities*. Office of Water, EPA. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-07/documents/final_2019_competition_brief_508.pdf
- Erickson, A. J., Weiss, P. T., Gulliver, J. S. (2016). *Optimizing Stormwater treatment Practices - A Handbook of Assessment and Maintenance*. Springer
- Förenta Nationerna [FN]. (2018). *Population Division - World Urbanization Prospects: The 2018 Revision, Online Edition*. (WUP2018-F21) Ekonomiska och sociala rådet. <https://population.un.org/wup/Download/>
- Gehl, J. (2010). *Cities for People [E-book]*. Island Press.
- Google Maps. (2021). *Chalmers tekniska högskola*. Karta. Hämtad 25 februari, 2021, från <https://www.google.se/maps/place/Chalmers+tekniska+h%C3%B6gskola/@57.6919857,11.9626268,14z/data=!4m2!1m6!3m5!1s0x464ff36b628efec3:0xc148ed83d6f0a03!2sChalmers+tekniska+h%C3%B6gskola!8m2!3d57.6898004!4d11.9741617!3m4!1s0x464ff36b628efec3:0xc148ed83d6f0a0>
- Göteborgs Stad. (2015). *Stadens ljus – policy för belysning och ljussättning i Göteborg*. https://goteborg.se/wps/wcm/connect/56935e92-1e8f-4adf-85c21c6718cbbd73/stadens_ljus.pdf?MOD=AJPERES
- Göteborgs Stad. (2017). *Göteborg när det regnar*. http://www.samhallsbyggarna.org/media/635983/goteborg-na-r-det-regnar-en-exempel-och-inspirationsbok-fo-r-god-dagvattenhantering_2018-04.pdf
- Göteborgs stad. (2019). *Översiktsplan för Göteborg - Tematiskt tillägg för översvämningsrisker*. <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/505ba586-d99d-4abc-8bc8-3473dd28002a/Tematisk+till%C3%A4gg+%C3%96P+%C3%B6versv%C3%A4mningsrisk.pdf?MOD=AJPERES>
- Göteborgs Stad. (2020). *Regnfärg*. Stadsutveckling Göteborg <https://stadsutveckling.goteborg.se/rain-gothenburg/upplevaregn/regnfarg/>
- Göteborgs Stad. (2021). *Reningskrav för dagvatten*. <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/2997f065-9532-4a05-9812-c0336237292e/Reningskrav+dagvatten+2021-03-11.pdf?MOD=AJPERES>
- Göteborgs Stad. (u.å.). *Dagvatten och skyfall - så här gör vi!* <https://goteborg.se/wps/portal/start/vatten-och-avlopp/dagvatten/dagvatten-och-skyfall-sa-har-gor-vi-?uri=gbglnk%3A2016326153133663>
- Göteborgs Stad. (u.å.). *Regnrabatt minskar översvämningsrisken*. <https://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/det-har-kan-du-gora/regnrabatter?uri=gbglnk%3A2015512123814>
- Göteborgs Stad. (u.å.). *Vatten- och avlopps- och avfallshistorik*. <https://goteborg.se/wps/portal/start/kommun-o-politik/kommunens-organisation/forvaltningar/forvaltningar/forvaltningen-kretslopp-och-vatten/vara-verksamheter/vatten--och-avlopps--och-avfallshistorik?uri=gbglnk%3A2016326141048897>
- Hanan, H. (2013). Open space as meaningful place for students in IBT campus. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 85, 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.08.361>
- Haq, S. (2017). *Introduction*. In: *Harvesting Rainwater from Buildings*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46362-9>
- Huddinge kommun. (2014). *Ta hand om dagvattnet. Råd vid planering och byggande av flerbostadshus*. <https://www.huddinge.se/globalassets/huddinge.se/bostad-och-miljo/din-bostad-och-tomt/vatten-och-avlopp/ta-hand-om-dagvattnet-flerbostadshus>
- Kamali, M., Delkash, M., & Tajrishy, M. (2017). Evaluation of permeable pavement responses to urban surface runoff. *Journal of Environmental Management*, 187, 43-53. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.11.027>
- Karlsson, L. (2021). *Klimatanpassning av Göteborg [föreläsning i kursen ACE185]*. WET/ACE. Chalmers tekniska högskola.

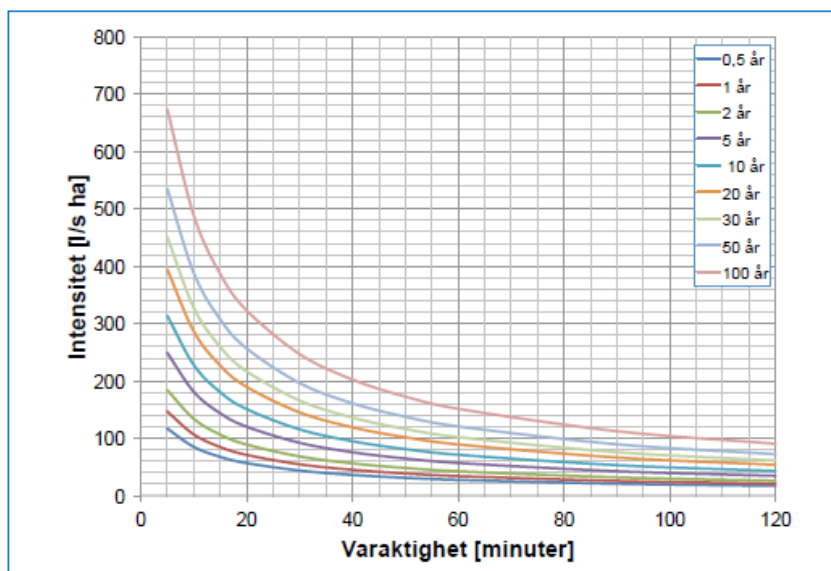
- Kundzewicz, Z. (2008). Climate change impacts on the hydrological cycle. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8(2-4), 195-203. <https://doi.org/10.2478/v10104-009-0015-y>
- Kvale, S., & Brinkman, S. (2017). *Den kvalitativa forskningsintervjun*. (3. Uppl.). Studentlitteratur.
- Lau, J., & Mah, D. (2018). Green wall for retention of stormwater. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 26(1), 283-298.
- Manso, M., Teotónio, I., Silva, C. M., Cruz, C. O. (2021). Green roof and green wall benefits and costs: a review of the quantitative evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>
- Marchioni, M., & Becciu, G. (2015). Experimental results on permeable pavements in Urban areas: A synthetic review. *International Journal of Sustainable Development and Planning*. 10(6), 806-817. <https://doi.org/10.2495/SDP-V10-N6-806-817>
- Martin, C., Ruperd, Y., & Legret, M. (2007). Urban stormwater drainage management: The development of a multicriteria decision aid approach for best management practices. *European Journal of Operation Research*, 181(1), 338-349. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.06.019>
- Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning*, 77(3), 217-226. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.02.010>
- Metha, V. (2014). Evaluating Public Space. *Journal of Urban Design*, 19(1). <https://doi.org/10.1080/13574809.2013.854698>
- Moyer, J. L. (2013). *The Landscape Lighting Book*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Mumcu, S., & Yilmaz, S. (2016). *Seating Furniture in Open Spaces and Their Contribution to the Social Life. Environmental Sustainability and Landscape Management*. St. Kliment Ohridski University Press.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap [MSB]. (2017). *Vägledning för skyfallskartering - Tips för genomförande och exempel på användning*. (MSB1121) <https://www.msb.se/sv/publikationer/vagledning-for-skyfallskartering--tips-for-genomforande-och-exempel-pa-anvandning/>
- Nationalencyklopedin. (u.å.). Vattnets kretslopp. I *Nationalencyklopedin*. Hämtad 16 maj, 2021, från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/vatten/vattnets-kretslopp>
- Naturvårdsverket. (2019). *Regeringsuppdrag att föreslå etappmål om dagvatten*. <https://www.naturvardsverket.se/upload/miljoarbete-i-samhallet/miljoarbete-i-sverige/regeringsuppdrag/2019/redovisning-ru-etappmal-for-dagvatten-skrivelse.pdf>
- Naturvårdsverket. (2020a, 22 juni). *Effekter i Sverige*. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Klimat/Klimatet-i-framtiden/Effekter-i-Sverige/>
- Naturvårdsverket. (2020b, 14 oktober). *Fakta om koppar*. <https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Manniska/Miljogifter/Metaller/Koppar/>
- Naturvårdsverket. (2020c 29 oktober). *Ekosystemtjänster är grunden för vår välfärd*. <https://www.naturvardsverket.se/ekosystemtjanster>
- Naturvårdsverket. (2021, 12 mars). *Sveriges miljömål: Dagvattenhantering i ny eller ändrad bebyggelse*. <https://sverigesmiljomal.se/etappmalen/dagvattenhantering-i-ny-eller-andrad-bebyggelse/>
- Naturvårdsverket. (u.å). *Minskad övergödning*. <https://www.naturvardsverket.se/upload/sa-mar-miljon/vatten/vatmark/5-minskad-overgodning.pdf>
- Ngiam, R., Lim, W., & Collins, C. (2017). A balancing act in urban social-ecology: human appreciation, ponds and dragonflies. *Urban Ecosystems*, 20, 743-758. <https://doi.org/10.1007/s11252-016-0635-0>
- Nikolajew, M. (2008). Att uppleva vattnet. *Gröna fakta* 2008(3). <https://www.movium.slu.se/system/files/news/7558/files/Fakta2008-3.pdf>
- Nordh, H., & Østby, K. (2013). Pocket parks for people - a study of park design and use. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(1), 12-17. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2012.11.003>

- Petterson, A., Malmberg, J., Emilsson, T., Jägerhög, T., Capener, C. M. (2017). *Grönatakhåndboken, Växtbädd och vegetation*. Vinnova. <http://gronatakhåndboken.se/wp-content/uploads/2017/02/Gronatakhåndboken-Vaxtbadd-och-Vegetation.pdf>
- Pettersson, T. (2021). *Hållbar dagvattenhantering - Vattenflöden [föreläsning i kursen ACE185]. WET/ACE*. Chalmers tekniska högskola.
- Rodríguez, R., Gundy, P., Rijal, G., & Gerba, C. (2012). The impact of combined sewage overflows on the viral contamination of receiving waters. *Food Environ Virol*, 4, 34-40. <https://doi.org/10.1007/s12560-011-9076-3>
- Sarté, S. (2010). *Sustainable infrastructure: the guide to green engineering and design*.
- Scalco. (u.å.a). *SCALGO Live Documentation*. <https://scalgo.com/en-US/scalgo-live-documentation/analysis/flash-flood-map>
- Scalco. (u.å.b). *SCALGO Live Flood Risk*. <https://scalgo.com/en-US/live-flood-risk>
- Schroll, E., Lambrinos, J., Righetti, T., & Sandrock, D. (2011). The role of vegetation in regulation stormwater runoff from green roofs in a winter rainfall climate. *Ecological Engineering*, 37(4), 595-600. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.12.020>
- Seçkin, Y. Ç. (2010). Understanding the relationship between human needs and the use of water in landscape design. *ITU A/Z 7(1)*. 1-17. https://jag.journalagent.com/itujfa/pdfs/ITUJFA-69875-THEORY_ARTICLES-SECKIN.pdf
- SFS 2006:412. *Lag om allmänna vattentjänster*. Miljödepartementet. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2006412-om-allmanna-vattentjanster_sfs-2006-412
- SFS 2010:900. *Plan- och bygglag*. Finansdepartementet SPN BB. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/plan--och-bygglag-2010900_sfs-2010-900
- SMHI. (2017). *Klimatberäkningar visar på mer extremt väder*. <https://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/nya-klimatberakningar-visar-pa-mer-extremt-vader-1.12922>
- SMHI. (2018). *Extrem nederbörd*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/extrem-nederbord-1.23060>
- SMHI. (2019a). *Regnrabatter i Göteborg, fördjupning*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhället/exempel-pa-klimatanpassning/regnrabatter-i-goteborg-fordjupning-1.117301>
- SMHI. (2019b). *Sveriges klimat har blivit varmare och blötare*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/sveriges-klimat/sveriges-klimat-har-blivit-varmare-och-blotare-1.21614>
- Statistikmyndigheten [SCB]. (u.å.). *Fel i statistiken*. <https://www.scb.se/dokumentation/statistikguiden/kvalitet-i-statistiken/fel-i-statistiken/>
- SurveyMonkey. (u.å.). *Urvalsstorlek för enkät*. <https://sv.surveymonkey.com/mp/sample-size/>
- Svenskt Vatten. (2007). *Klimatförändringarnas inverkan på allmänna avloppssystem: underlagsrapport till klimat- och sårbarhetsutredningen*. <https://www.svensktvatten.se/globalassets/dricksvatten/ravatten/m134.pdf>
- Svenskt Vatten. (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering - råd vid planering och utformning (P105)*. <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/produkt/hallbar-dag-och-dranvattenhantering-rad-vid-planering-och-utforande/>
- Svenskt Vatten. (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten (P110 - Del 1)*. <https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/produkt/p110-del-1-och-2-digital-avledning-av-dag-dran-och-spillvatten/>
- Sveriges miljömål. (2020). *Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se/>
- United States Environmental Protection Agency [EPA]. (u.å.). *Soak up the rain: what's the problem?* <https://www.epa.gov/soakuptherain/soak-rain-whats-problem>
- United States General Services Administration [GSA]. (2011). *The benefits and challenges of green roofs on public and commercial buildings*.

- https://www.gsa.gov/cdnstatic/The_Benefits_and_Challenges_of_Green_Roofs_on_Public_and_Commercial_Buildings.pdf
- Valinski, N., & Chandler, D. (2015). Infiltration performance of engineered surfaces commonly used for distributed stormwater management. *Journal of Environmental Management*, 160, 297-305. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.032>
- Viklander, M., Österlund, H., Müller, A., Marsalek, J., & Borris, M. (2019). *Kunskapsammanställning Dagvattenkvalitet*. (2019-2). Svenskt Vatten Utveckling. <http://vav.griffel.net/filer/svu-rapport-2019-02.pdf>
- Vineyard, D., Ingwersen, W., Hawkins, T., Xue, X., Demeke, B., Shuster, W. (2015). Comparing Green and Grey Infrastructure Using Life Cycle Cost and Environmental Impact: A Rain Garden Case Study in Cincinnati, OH. *Journal of the American Water Resources Association*, 51(5) , 1342-1360. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12320>
- Wadzuk, B., DelVecchio, T., Sample-Lord, K., Ahmed, M., & Welker, A. (2021). Nutrient Removal in Rain Garden Lysimeters with Different Soil Types. *Sustainable Water in the Built Environment*, 7(1). <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000924>
- Wihlborg, M., Sörensen, J., & Alkan Olsson, J. (2019). Assessment of barriers and drivers for implementation of blue-green solutions in Swedish municipalities. *Journal of Environmental Management*, 233, 706-718. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.12.018>
- Xiong, H., Sun, Y., & Ren, X. (2020). Comprehensive assessment of water sensitive urban design practices based on multi-criteria decision analysis via a case study of the university of melbourne, australia. *Water (Switzerland)*, 12(10), 1-37. <https://doi.org/10.3390/w12102885>

11 Bilagor

Bilaga 1. Rationella metoden



Figur 1.25
Intensitets-varaktighetskurvor
baserade på (Dahlström 2010).

Tabell 4.8 Avrinningskoefficienter för olika typer av ytor vid dimensionerande kortvariga regn.

Typ av yta	Avrinningskoefficient, ψ
Tak utan ytmagasin	0,9
Betong- och asfaltyta, berg i dagen i stark lutning	0,8
Stensatt yta med grusfogar	0,7
Grusväg, starkt lutande bergigt parkområde utan nämnvärd vegetation	0,4
Berg i dagen i inte alltför stark lutning	0,3
Grusplan och grusad gång, obebyggd kvartersmark	0,2
Park med rik vegetation samt kuperad bergig skogsmark	0,1
Odlad mark, gräsyta, ängsmark m.m.	0-0,1
Flack tätbevuxen skogsmark	0-0,1

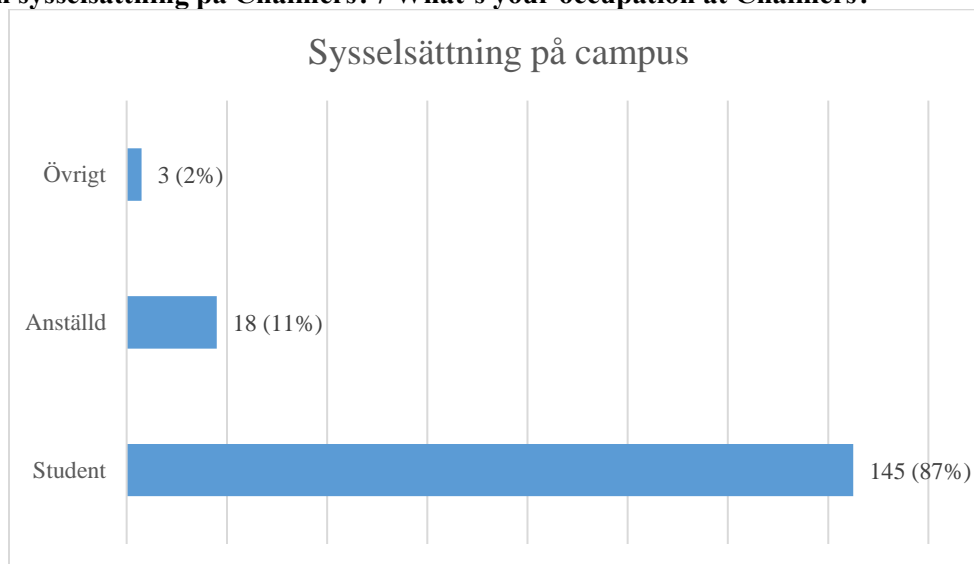
Bilaga 2. Resultat från enkätundersökning

Resultatet för sysselsättning presenteras med antalet svar på respektive alternativ samt den procentuella fördelningen jämfört med det totala antalet respondenter (166 personer av 1386 möjliga). För områdesfördelningen har den procentuella fördelningen gjorts i förhållande till antalet svar på frågan inom olika institutionskategorier (285 för alla institutioner, 258 för ACE och 27 för övriga institutioner), då respondenterna kunde välja flera alternativ. Vidare presenteras resultaten för frågor om nederbörd och sociala mötesplatser inom varje område med procent fördelat gentemot antalet respondenter inom varje område samt med antal svar.

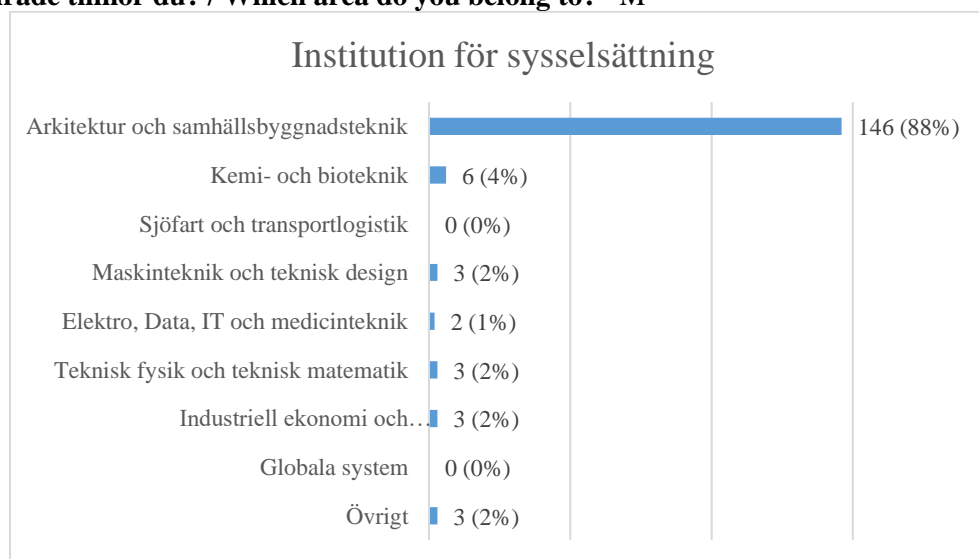
* = Obligatorisk fråga

M = Flervalsfråga

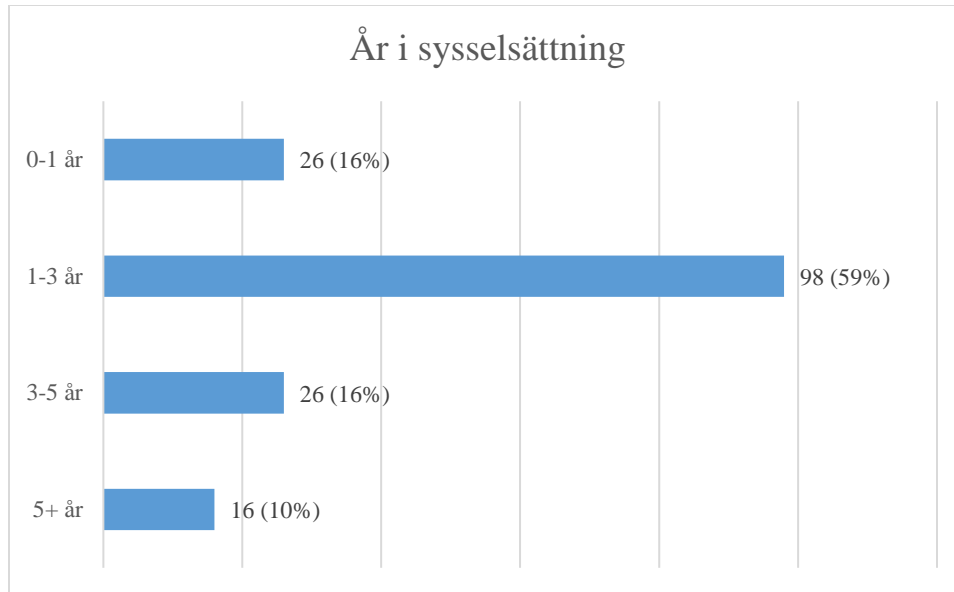
Vad är din sysselsättning på Chalmers? / What's your occupation at Chalmers? *



Vilket område tillhör du? / Which area do you belong to? *M

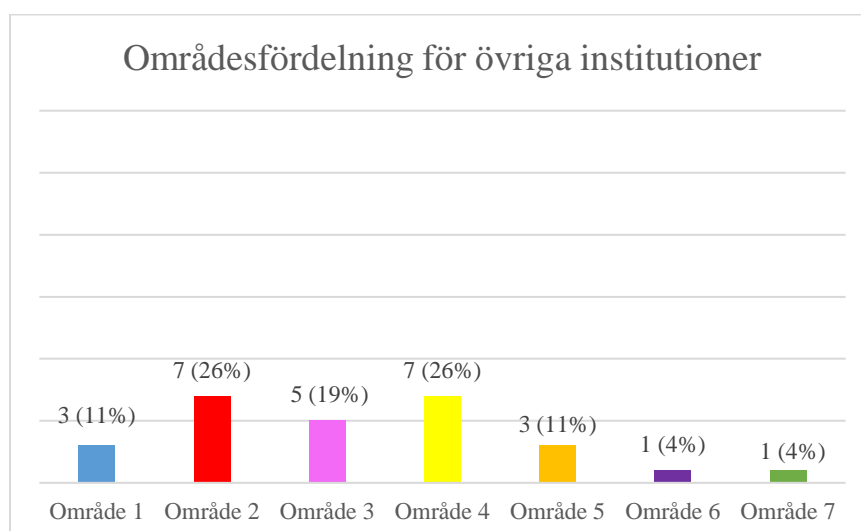
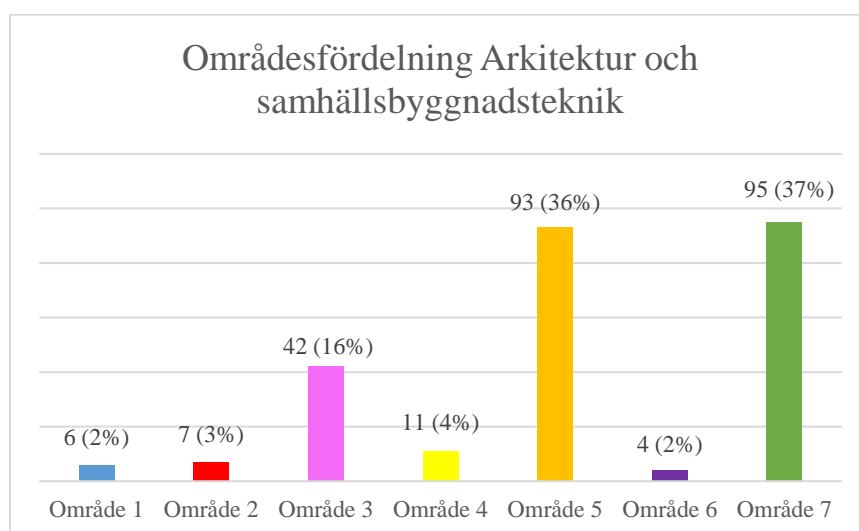
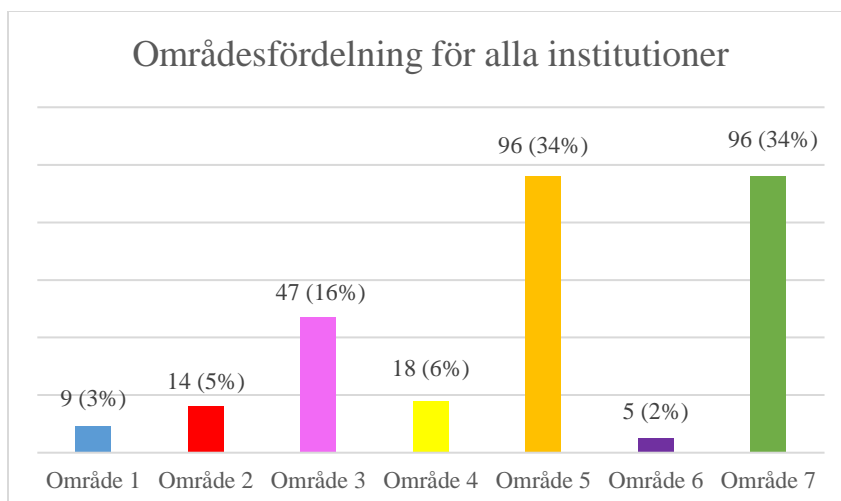


Hur länge har du studerat/jobbat på Chalmers? / For how long have you been studying/working at Chalmers? *

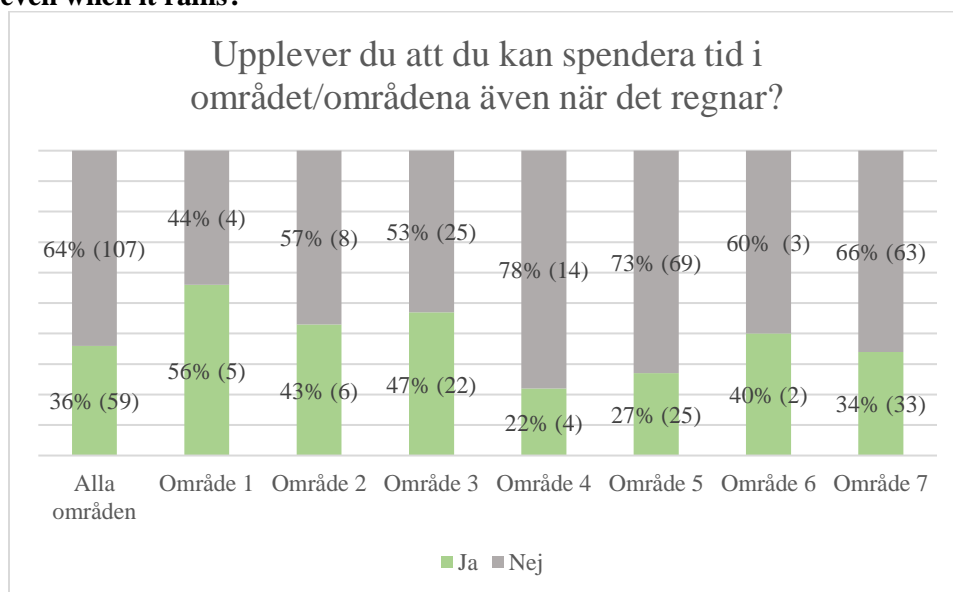


Vart föredrar du att spendera tid när du vistas utomhus på campus? Oavsett väder. / Where do you prefer to spend time outdoors on campus? Regardless weather. (See picture below) *M



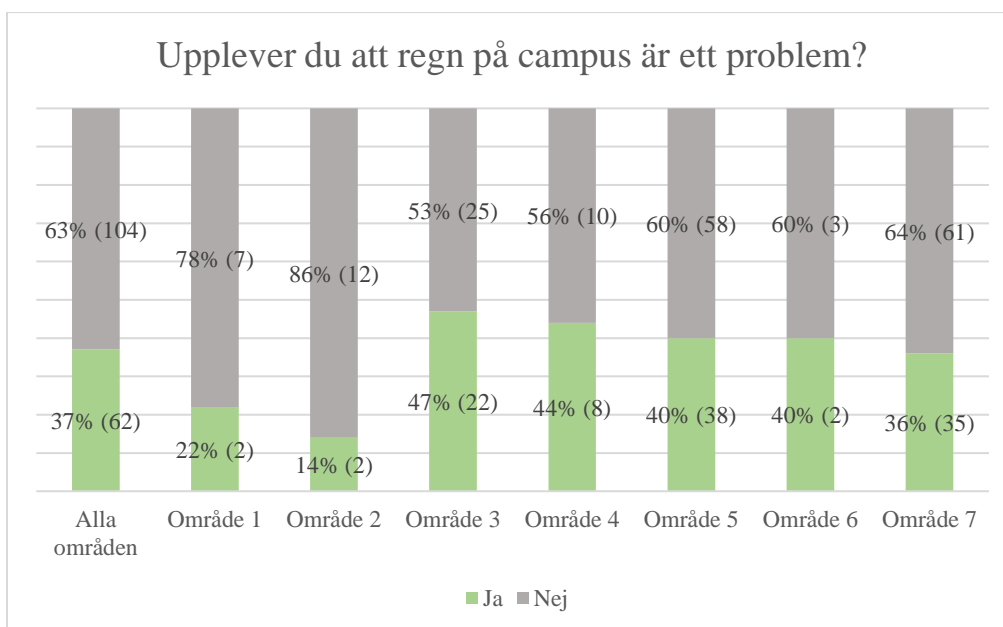


Upplever du att du kan vistas där även när det regnar? / Do you experience that you can spend time there even when it rains? *



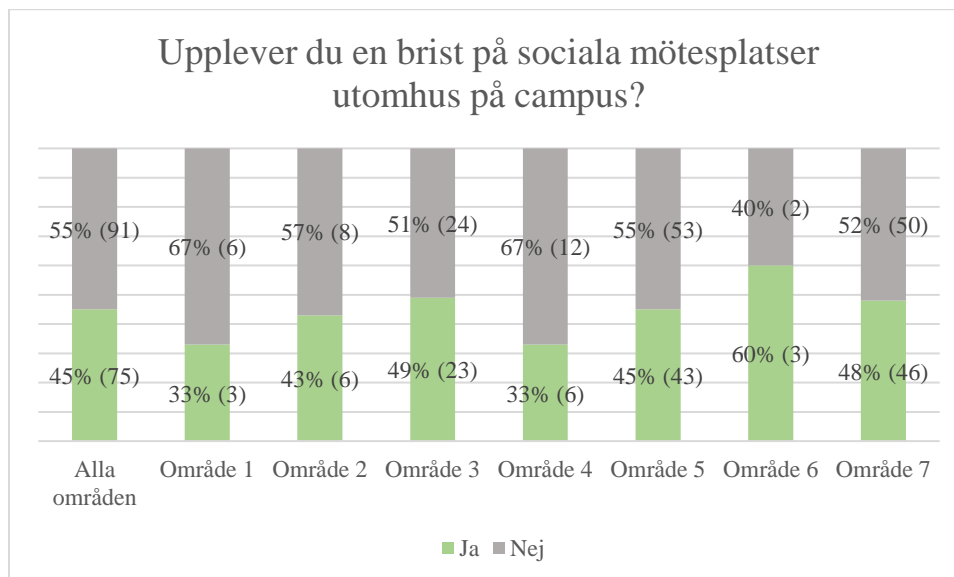
Om nej, varför? / If no, why?

Upplever du att regn på campus är ett problem? / Do you experience rain as a problem on campus? *



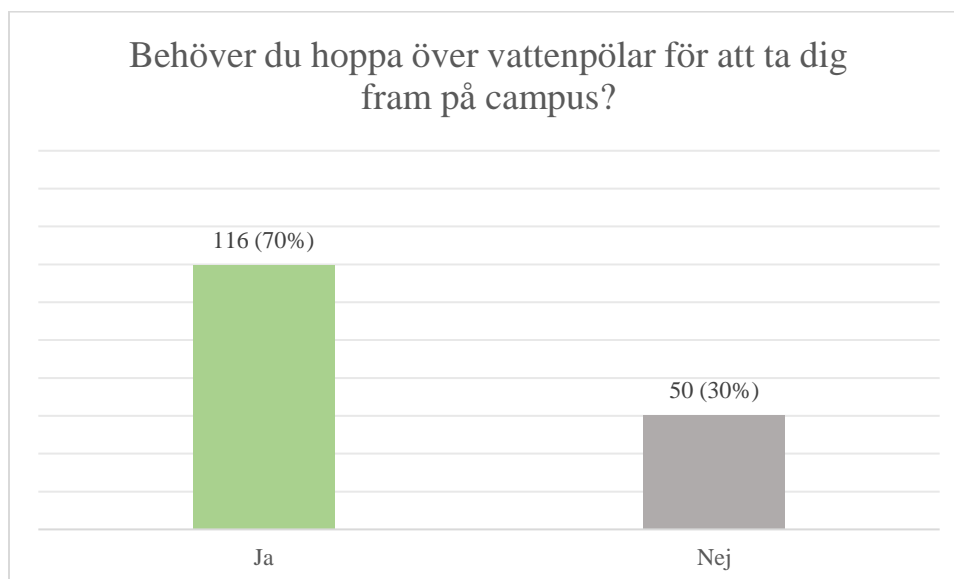
Upplever du en brist av sociala mötesplatser alternativt ställen att spendera tid på utomhus på campus? / Do you experience a lack of social meeting places or places to spend time at on campus?

*



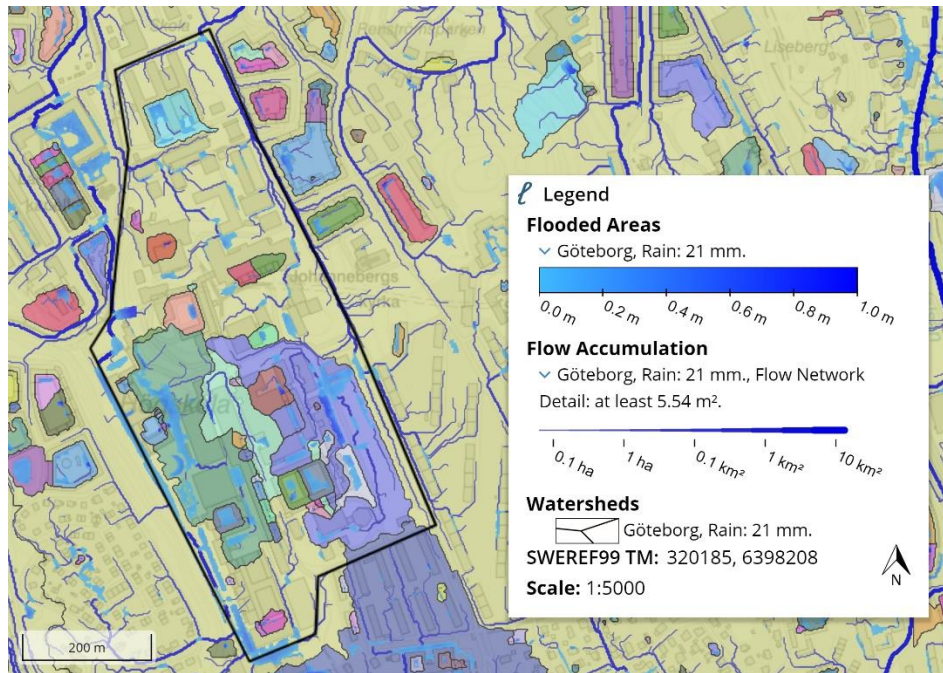
Om ja, vad saknas? / If yes, what's missing?

Behöver du hoppa över vattenpölar för att ta dig fram på campus? / Are you forced to jump over puddles of water to make your way down campus? *

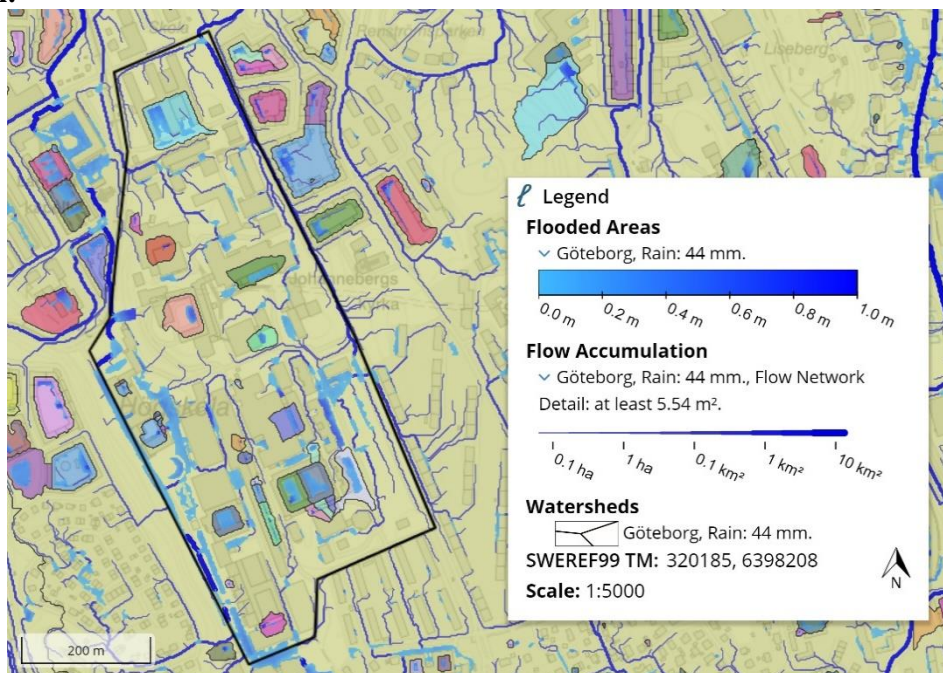


Bilaga 3. Mätning i SCALGO vid 10- och 100-årsregn

10-årsregn:



100-årsregn:



Bilaga 4. Intervjuguide

Intervjuguide

En semistrukturerade kvalitativ intervju
Med Jens Thoms Ivarsson 30/3

• = Förslag på fråga/ämne
() = Förslag på följdfråga

Introduktion

- Är det okej om vi spelar in?
- Introduktion/presentation om oss samt syftet med intervjun.
- Vilken är er roll i projektet Rain Gothenburg?
(Vilka delar av processen är ni med?)

Sociala aspekter

- Vilka olika aspekter arbetar ni kring när ni utformar en dagvattenlösning?
- Vilken typ av information är ni i behov av för att kunna välja en optimal lösning?
- Vad är viktigast aspekten för er? (socialt/kreativt/miljö)
(hur går ni till väga för att väga parametrarna mot varandra?)
(Hur stor roll har den sociala aspekten i utformningen av dagvattenlösningar?)
(Betraktar ni den sociala aspekten mer än andra aktörer?)

Ekonomiska aspekter

- Av er erfarenhet, skiljer sig kostnaden mellan att utforma en socialt integrerad dagvattenlösning mot att utforma en social yta och en dagvattenlösning separat?
- Tar ni hänsyn till lösningarnas hela livscykel när ni beräknar kostnaden?
- På ett ungefär, hur stor del av kostnaden för en dagvattenlösning består av underhåll?
- Hur lång tid förväntas en dagvattenlösning vara i bruk?

Kreativa lösningsprocessen och inspiration

- Hur gör ni för att utveckla en kreativ daglösning?
- Vilka olika behov tar ni hänsyn till?
(hur inkluderar ni alla grupper?)
- Hur resonerar ni kring lösningarna i olika sorters väder?
(Prioriteras social effekt under regnigt eller soligt väder?)
- Hur hämtar ni inspiration?
(Kollar ni på andra platser i världen? I så fall vart och hur?)
- Utifrån gruppens valda område, har ni några spontana idéer för sociala dagvattenlösningar?
(Hur skapar ni platser och rum längs med ett gångstråk?)

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2021
www.chalmers.se



CHALMERS