

Dagvattenutredning

DP Del av Kv. Farao och Kairo, Solna stad
2022-05-13 (reviderad 2023-02-24)



Författare Jonas Robertsson, Per Askling
Beställare: Fabege Stockholm AB
Beställarens
projektnummer:
Konsultbolag: Structor Vatten & Miljö Uppsala AB
Uppdragsnamn: Dagvattenutredning DP Del av Kv. Farao och Kairo,
Solna Stad
Uppdragsnummer: 1224
Datum: 2022-05-13
Uppdragsledare: Per Askling
Handläggare/utredare: Jonas Robertsson
Granskare: Per Askling

Status: Granskningshandling (reviderad 2023-02-24)

Revideringar har utförts i:

- Kapitel 6.3
- Kapitel 6.4.1
- Kapitel 6.4.3
- Kapitel 6.5.3
- Kapitel 6.5.4
- Kapitel 6.5.5
- Kapitel 6.6

Sammanfattning

Fabege planerar tillsammans med Solna stad för att bygga nya kontorslokaler och bostäder i området kring Solna station och Arenastaden. I samband med detaljplanearbetet har Structor fått i uppdrag att genomföra en dagvattenutredning för detaljplaneområdet. Detaljplaneområdet omfattar ett område väster om spårområdet, norrut mot Arenastaden. Syftet med dagvattenutredningen är att ta fram lösningar för dagvattenhantering som följer gällande krav och riktlinjer i lagstiftning och Solna stads dagvattenstrategi och riktlinjer.

I och med exploateringen beräknas dagvattenflödet från detaljplaneområdet, utifrån erhållen situationsplan, minska med 150 liter/sekund, från 569 liter/sekund till 419 liter/sekund vid ett dimensionerande 10-årsregn, när hänsyn tagits till effekten av föreslagna dagvattenåtgärder och att regnintensiteten förväntas öka till följd av klimatförändringar, med en klimatkoefficient 1,25. Föreslagna åtgärder har utformats för att efterleva Solna stads dagvattenstrategi och riktlinjer för fördröjning av 20 mm nederbörd.

För att omhänderta 20 mm nederbörd krävs en fördröjningsvolym på totalt 514 m³ inom detaljplaneområdet, utifrån erhållen situationsplan. För att uppnå detta föreslås att dagvatten från takytorna omhändertas i gröna tak och andra typer av planteringar och anläggningar på takytorna. Anläggningar i marknivå, som framför allt utgörs av allmän platsmark, föreslås utföras som regnbäddar, alternativt andra typer av gröna lösningar, där dagvatten kan ledas in och fördröjas både ytligt och i ett underliggande poröst lager för fördröjning och rening. Teoretiska beräkningar med schablonhalter visar att föroreningsbelastningen för planerad situation, med föreslagna reningsåtgärder, minskar för samtliga studerade ämnen för utredningsområdet som helhet. Genomförandet av de planerade förändringarna inom utredningsområdet bedöms därför inte ha en negativ inverkan på möjligheten att uppnå miljö kvalitetsnormerna i recipienten, givet att föreslagna anläggningar för dagvattenhantering tillämpas.

För att minimera risk för översvämning vid extrema regn är det viktigt att marken inom utredningsområdet höjdsätts så att dagvattnet kan avrinna ytledes längs säkra avrinningsvägar utan att skada byggnader eller annan infrastruktur. Detta innebär att utredningsområdet behöver höjdsättas så att vatten inte riskerar att stängas in mot någon byggnad, utan kan avledas ytligt via gator, GC-vägar och torgytorna. Inom detaljplaneområdet finns en naturlig lågpunkt intill spårområdet där skyfallsmodellering visar på risk för översvämning i befintlig situation och omfattande översvämningrisker nedströms utredningsområdet. Genom att skapa en cirkulationsplats med nedsänkt grönyta i lågområdet och införa ytterligare skyfallsåtgärder längre uppströms i detaljplaneområdet kan en förbättrad skyfallssituation åstadkommas både inom detaljplaneområdet och vidare nedströms jämfört med befintlig situation. Genom planerad skyfallshantering och vägutformning medför detaljplanen ingen ökad översvämningrisk för spårområdet i öster.

Innehåll

1. Inledning	6
1.1. Koordinatsystem.....	6
2. Förutsättningar	7
2.1. Områdesbeskrivning	7
2.2. Recipient.....	7
2.3. Förorenad mark	8
2.4. Hydrogeologi	9
2.4.1. Topografi	9
2.4.2. Jordarter och jorddjup	9
2.4.3. Grundvatten.....	11
2.5. Befintlig dagvattenhantering.....	11
2.6. Markavvattningsföretag	11
2.7. Fornlämningar	11
3. Krav på dagvattenhantering	12
3.1. Kommunens dagvattenstrategi.....	12
3.2. Checklista	13
3.3. Kommunala riktlinjer.....	13
3.4. Rekommendationer för hantering av översvämningar till följd av skyfall	13
4. Dagvattenberäkningar	14
4.1. Markanvändning.....	14
4.1.1. Befintlig situation	14
4.1.2. Planerad situation.....	14
4.2. Dimensionerande flöden	15
4.2.1. Resultat flödesberäkningar.....	18
4.3. Erforderlig fördröjningsvolym.....	20
4.4. Föroreningar	21
4.4.1. Förutsättningar och indata till StormTac	22
4.4.2. Resultat	22
4.4.3. Osäkerheter i föroreningsberäkningarna.....	23
5. Förslag till dagvattenhantering	25
5.1. Principlösningar	27
5.1.1. Tak.....	27
5.1.2. Gröna tak.....	27
5.1.3. Terrasser och vistelseytor på bjälklag.....	28
5.1.4. Regnbäddar i gatuplan	30
6. Skyfall och sekundär avledning	32

6.1. Känd översvämningsproblematik	32
6.2. Ytvatten	32
6.3. Befintliga skyfallskarteringar.....	32
6.4. Skyfallsanalys.....	33
6.4.1. Metod och val av metodik.....	33
6.4.2. Implementering.....	38
6.4.3. Resultat	39
6.5. Hantering av skyfall inom utredningsområdet	45
6.5.1. Skyfallsyta i cirkulationsplats.....	45
6.5.2. Multifunktionell yta i parkområde längs Dalvägen.....	46
6.5.3. Skyfallsyta under Råsta Strandväg	48
6.5.4. Dagvattenanläggningar	50
6.5.5. Resultat av föreslagen skyfallshantering.....	50
6.6. Diskussion	52
7. Slutsats och rekommendationer	54
7.1. Bedömning av recipientpåverkan.....	55
Referenser.....	56

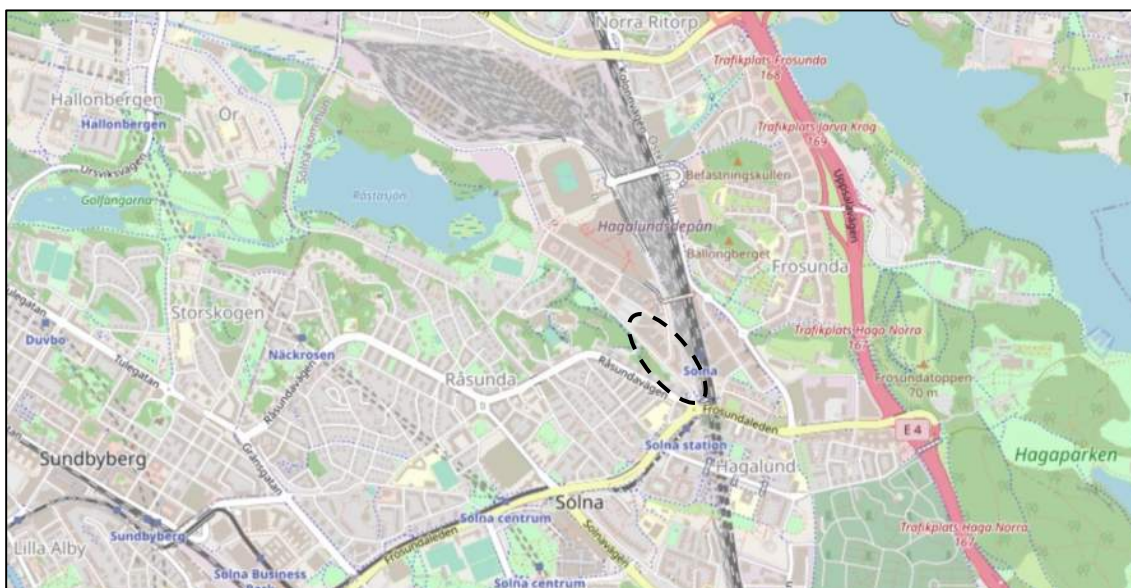
Bilagor

Bilaga 1	Planerad markanvändning
Bilaga 2	Översiktlig avvattningsplan
Bilaga 3	StormTac-rapporter

1. INLEDNING

Fabege planerar, tillsammans med Solna stad, för att bygga nya kontorslokaler och bostäder i området kring Solna station och Arenastaden, se översiktlig lokalisering i Figur 1-1. Enligt förslaget ska befintliga byggnader nordväst om Solna station rivras och nya byggnader uppföras. I samband med detta kommer också vissa gatusträckningar att förändras.

I samband med detaljplanearbetet har Structor fått i uppdrag att genomföra en dagvattenutredning för detaljplaneområdet, hädanefter benämnt *Utredningsområdet*. Utredningsområdet omfattar kvarteren Kairo 1, Farao 15, Farao 16 och Farao 17 i väster, tillsammans med Dalvägens och Pyramidvägens sträckningar förbi dessa kvarter. Syftet med dagvattenutredningen är att ta fram lösningar för dagvattenhantering som följer gällande krav och riktlinjer i lagstiftning och Solna stads riktlinjer. Utredningen utgår från Solna stads dagvattenstrategi och checklista för dagvattenutredningar, och de anvisningar som där anges.



Figur 1-1. Översiktskarta med utredningsområdets ungefärliga lokalisering markerad med en svartstreckad ellips. Bakgrundskarta: © OpenStreetMaps bidragsgivare, tillgänglig under licensen Open Database License.

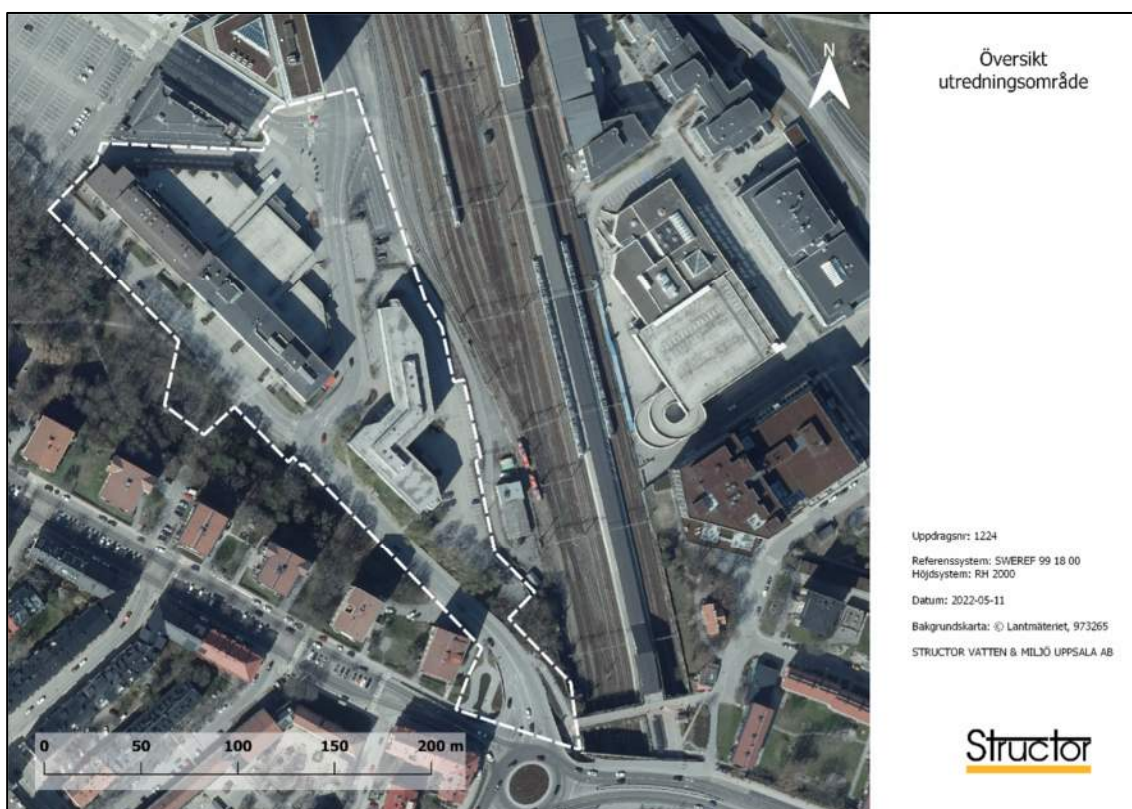
1.1. Koordinatsystem

Utredningen använder sig av koordinatsystem SWEREF 99 18 00 med höjdsystem RH 2000 om inget annat anges.

2. FÖRUTSÄTTNINGAR

2.1. Områdesbeskrivning

Utredningsområdet, Figur 2-1, ligger i området kring Solna station, har en yta på cirka 4,2 hektar och utgörs idag till största del av ett kontorsområde med tillhörande gator, parkeringar och förgårdsmark. Den planerade exploateringen inom utredningsområdet innebär främst att befintlig bebyggelse rivs och ersätts med nya byggnader, vilket innebär att andelen hårdgjorda ytor inte förväntas öka.



Figur 2-1. Utredningsområdets utbredning, markerat med vitstreckad linje.

2.2. Recipient

Dagvatten avleds via dagvattensystemet till Råstaån (NW658578-162509), som löper delvis kulverterad i väst-östlig riktning från Råstasjön i väster, under spårområdet och vidare till recipienten Brunnsviken (SE658507-162696). Råstaån ingår i kategorin *Vattendrag – övrigt vatten* i VISS och är alltså inte klassificerad som vattenförekomst, varför den nedströms belägna Brunnsviken utgör första recipient med definierade miljö kvalitetsnormer.

Råstaån har ingen övergripande statusklassning för ekologisk respektive kemisk status som helhet då den inte utgör en vattenförekomst, men enskilda kvalitetsfaktorer har klassificerats. Enligt VISS (2022a) har Råstaån *Otillfredsställande* status avseende

näringsämnen, *Hög* status avseende försurning och *God* status avseende Särskilda förorenande ämnen. Enskilda prioriterade ämnen som ingår i kemisk status (bly, kadmium och nickel) har *God* status.

Brunnsviken har, enligt VISS (2022b), *Otillfredsställande* ekologisk status och *Uppnår ej god* kemisk status. För klassningen av ekologisk status har miljökonsekvenstypen Övergödning styrt, där kvalitetsfaktorn växtplankton varit utslagsgivande, med stöd av kvalitetsfaktorn näringsämnen. Inte heller kvalitetsfaktorn Särskilda förorenande ämnen (SFÄ) uppnår god status, då gränsvärden överskrids för icke-dioxinlika PCB:er, koppar och zink. Ämnen som ej uppnår god kemisk status är enligt VISS (2022b) kvicksilver, PBDE, PFOS, bly, kadmium, antracen och TBT.

Miljö kvalitetsnormerna för ekologisk status i Brunnsviken är *God ekologisk status 2039*, där tidsfristen till 2039 gäller för påverkan från jordbruk. För övriga påverkanskällor gäller tidsfrist till 2027. Tidsfrist till 2027 gäller även för SFÄ, med motivering att det kommer ta lång tid för halterna i vattenförekomsten att nå god status även om åtgärder genomförs. För kemisk status är miljö kvalitetsnormen *God kemisk ytvattenstatus*, men undantag i form av mindre stränga krav för PBDE och kvicksilver och undantag i form av tidsfrist/senare målår till 2027 för antracen, kadmium, bly, TBT och PFOS. Undantaget i form av mindre stränga krav har satts med motivering att ämnena överskrider gränsvärdena i samtliga svenska vattenförekomster och det bedöms vara tekniskt omöjligt att sänka halterna till nivåer under gränsvärdena, då påverkan främst härrör från långväga luftburna föroreningar. Undantagen i form av tidsfrist har satts på grund av en komplex påverkansbild och oklarheter kring vilka åtgärder som är möjliga och mest effektiva.

2.3. Förorenad mark

Enligt Länsstyrelsens databas, tillgänglig i WebbGIS, finns några ej riskklassade potentiellt förorenade områden inom utredningsområdet. En miljöteknisk markundersökning (Hedenvind Projekt, 2022) inom kvarteren Farao och Kairo, som inkluderat en utredning av verksamhetshistoriken, har undersökt föroreningsituationen närmare.

Den miljötekniska markundersökningen konstaterar att fyllning inom kvarteren är förorenad av metaller, PAH och olja. Föroreningarna konstateras komma från att den fyllning som påförts vid tidigare anläggningsarbeten fläckvis har varit förorenad, och föroreningarna härstammar alltså inte från några tidigare verksamheter som förekommit inom utredningsområdet. Förekommande föroreningar konstateras också vara vanliga att hitta i äldre fyllning, och uppmätta halter är i nivå med vad som hittats inom övriga delar av Arenastaden. Några av föroreningarna har spridits ned till underliggande lager av torrskorpelera.

En spridning av klorerade alifater konstateras i den miljötekniska markundersökningen ske in till kvarteren och mellanliggande gator från föroreningskällor belägna utanför området. Spridningen kan potentiellt ske via grundvattenströmning, i både övre och undre grundvattenmagasin, eller ledningsgravar. Enligt markundersökningen är det

sannolikt avloppsledningar som fungerat som spridningsväg för klorerade alifater in till utredningsområdet.

Förorenad mark kan vara ett riskmoment vad gäller lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) genom infiltration av dagvatten till grundvatten. Det är dock viktigt att kunna infiltrera dagvatten så att befintliga grundvattennivåer kan upprätthållas eller förbättras då det i befintlig situation förekommer sättningar i lerområden. Att minska risken för sättningar är bra för byggnationer, såsom hus, ledningar, gator, förgårdsmark med mera, men det kan också vara bra för föroreningsituationen då exempelvis torrskorpelera (som uppstår genom grundvattennivåsänkningar) lättare kan sprida föroreningar än lera.

Enligt uppgift kommer befintlig fyllning och därmed eventuella föroreningar i fyllningen inom kvarteren att schaktas bort under exploateringen.

Baserat på ovanstående rekommenderas att där det förekommer föroreningar i fyllnadsmassor eller i underliggande jordlager, och dessa inte schaktas bort, bör dagvattenanläggningarna konstrueras med täta sidor och botten, för att minska risken för att dagvatteninfiltration för med sig föroreningar till grundvattnet. Detta kommer sannolikt i första hand vara fallet längs avloppsledningar och i vägar, där anläggningarna bör göras täta längs de sträckor där det påträffas föroreningar. Exakt vilka anläggningar som behöver göras täta stäms av i senare skede, när anläggningarnas exakta placering beslutas.

I övrigt rekommenderas att dagvatten tillåts infiltrera för att bidra till att upprätthålla grundvattennivåerna och minska risken att torrskorpelera uppstår.

2.4. Hydrogeologi

2.4.1. Topografi

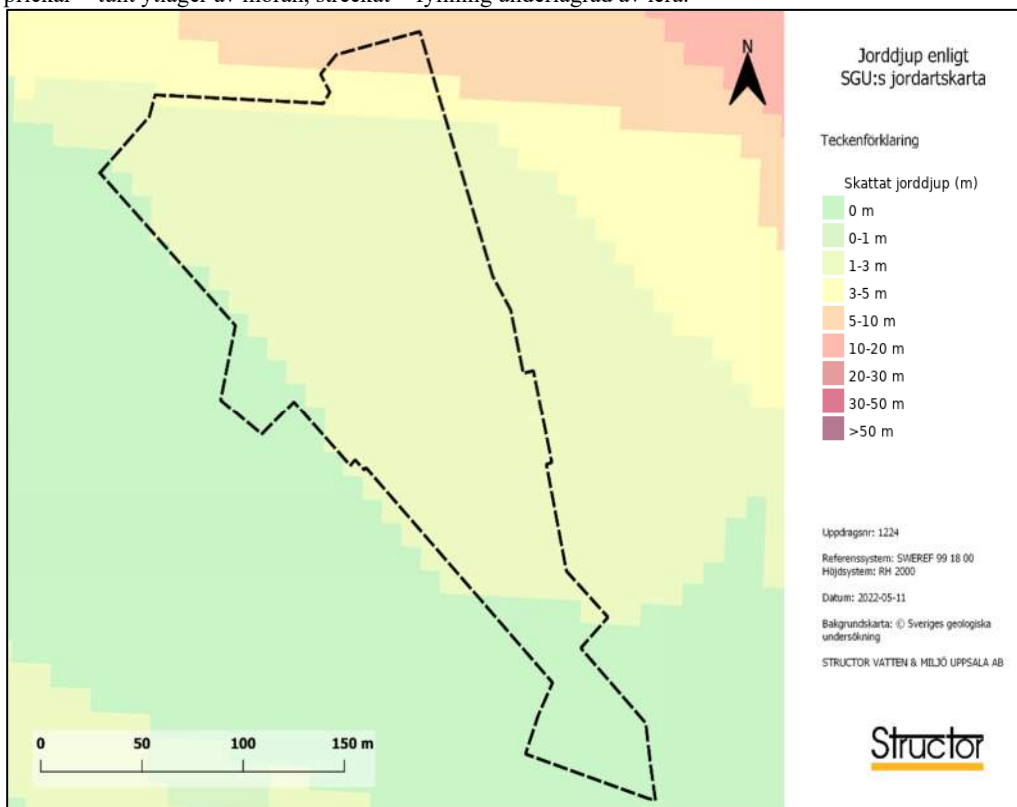
Spårområdet längs utredningsområdets östra gräns löper i en sänka omgiven av höjdområdet i väster och höjdområdet i öster. Spårområdet är flackt. Markhöjderna inom utredningsområdet varierar mellan cirka +17 vid Frösundarondellen i södra delen till cirka +4 vid Pyramidvägens sträckning intill spårområdet i norr. Utredningsområdet har en generell lutning från sydväst ner mot nordost.

2.4.2. Jordarter och jorddjup

Jordarterna inom utredningsområdet består enligt SGU:s jordartskarta av berg i dagen med tunna ytlager av morän i de höglänta delarna i söder, se Figur 2-2. I de lägre belägna delarna i norr utgörs jordarterna av fyllnadsmassor med underliggande lager av lera. Jorddjupen varierar enligt SGU:s jorddjupskarta mellan 0 – 1 meter i de höglänta delarna till mellan 5 – 10 meter längst i norr, se Figur 2-3. En mer detaljerad beskrivning av de geotekniska och geologiska förhållandena inom utredningsområdet ges i ELU (2022).



Figur 2-2. Jordarter inom och omkring utredningsområdet enligt SGU:s jordartskarta (SGU, 2022). Rött = urberg, blå prickar = tunt ytlager av morän, streckat = fyllning underlagrad av lera.



Figur 2-3. Jorddjup inom och omkring utredningsområdet enligt SGU:s jordartskarta (SGU, 2022).

2.4.3. Grundvatten

Grundvattennivåer i grundvattenrör inom utredningsområdet mäts regelbundet av Structor inom ramen för hydrogeologiskt mätprogram. Inom utredningsområdet förekommer övre grundvattenmagasin i fyllning ovan lerlager och undre grundvattenmagasin under lerlager. Enligt dessa mätningar varierar grundvattnets trycknivåer i undre grundvattenmagasin inom den södra delen av utredningsområdet normalt mellan cirka +3 och +4. I den norra delen har grundvattnets trycknivåer i undre grundvattenmagasin uppmätts till omkring +3. Grundvattennivåerna i undre magasin kan således konstateras vara relativt jämna inom utredningsområdet, med en svag gradient mot spårområdet i nordost. Grundvattenrör installerade i övre grundvattenmagasin har i stor utsträckning varit torra i de södra delarna och uppmätta grundvattennivåer omkring +3 i de norra delarna.

Det finns enligt VISS ingen utpekad grundvattenförekomst inom utredningsområdet och enligt Länsstyrelsens databas omfattas utredningsområdet inte heller av något vattenskyddsområde. Närmast belägna grundvattenförekomst är Stockholmsåsen - Solna, belägen öster om utredningsområdet, på andra sidan E4.

2.5. Befintlig dagvattenhantering

Utredningsområdet är idag till övervägande del hårdgjort och dagvatten avleds via det kommunala ledningsnätet till recipient. Dagvatten inom utredningsområdet samlas upp i ledningar som leder dagvattnet norrut. Inga kända befintliga anläggningar för fördröjning eller rening av dagvatten finns inom utredningsområdet idag. Däremot finns, enligt Solna stads dagvattenstrategi, en dagvattendamm längs Råsta Strandväg norr om utredningsområdet. Dagvattendammen anlades 2009 med syfte att rena dagvatten från vägen och etablerandet av Arenastaden.

2.6. Markavvattningsföretag

Enligt Länsstyrelsen i Stockholms län (2022) finns inga markavvattningsföretag mellan utredningsområdet och recipienten Brunnsviken.

2.7. Fornlämningar

Enligt Riksantikvarieämbetets tjänst Forsök finns en forn lämning i form av ett gravfält registrerad inom utredningsområdet. Då forn lämningen är placerad där Dalvägen möter Frösundarondellen har den redan avlägsnats vid tidigare anläggningsarbeten, och finns därmed inte kvar idag.

3. KRAV PÅ DAGVATTENHANTERING

3.1. Kommunens dagvattenstrategi

Solna stad har tagit fram dokumentet *Strategi för en hållbar dagvattenhantering i Solna Stad*. Strategin är ett verktyg för att stödja arbetet för en långsiktigt hållbar dagvattenhantering i både ny och befintlig bebyggelse. Särskilt tyngdpunkt ligger på att minimera föroreningar i dagvattnet, motverka skadliga översvämningar och tillvarata möjligheten att använda dagvattnet som en resurs i stadsplaneringen. Arbetet med att uppnå en långsiktigt hållbar dagvattenhantering ska ske genom fyra övergripande strategier, som i sin tur har riktlinjer för hur strategin ska uppnås:

1. Strategi för att minimera föroreningar i dagvatten och säkerställa god vattenkvalitet
 - Dagvatten ska omhändertas och renas lokalt så nära källan som möjligt och med bästa möjliga teknik. Utformning ska ske så att minst 20 mm nederbörd fördröjs och renas
 - Dagvatten ska inte medföra att gällande miljökvalitetsnormer för stadens vattenförekomster inte kan följas
 - Dagvatten ska inte medföra att vattenkvaliteten i stadens grundvatten försämras eller att grundvattennivåer ändras
 - Från vägar ska staden i takt med stadens ut- och ombyggnad se till att rening av dagvatten sker före utsläpp till recipient
 - Byggnads- och anläggningsmaterial innehållande miljöstörande ämnen ska undvikas
2. Strategi för att minimera översvänningsrisker och ta hänsyn till förutsättningar av ett förändrat klimat
 - Dagvatten ska omhändertas och renas lokalt så nära källan som möjligt och med bästa möjliga teknik. Utformning ska ske så att minst 20 mm nederbörd fördröjs och renas
 - Bebyggelse, infrastruktur och dagvattenhantering ska höjdsättas och utformas så att dagvatten inte riskerar att orsaka skadliga översvämningar, varken inom eller utom detaljplaneområdet, varken nu eller i ett framtida förändrat klimat
3. Strategi för att möjliggöra att dagvattenhanteringen bidrar till mervärden i stadsmiljön
 - Dagvatten ska användas som en resurs vid stadens utbyggnad för att skapa attraktiva och funktionella inslag i stadsmiljön
4. Strategi för att säkerställa att den långsiktiga dagvattenhanteringen sker på ett effektivt sätt
 - Dagvatten ska beaktas i varje skede av stadsbyggnadsprocessen
 - Dagvattenhanteringen ska systematiskt ses över och åtgärdas när åtgärder i den befintliga staden genomförs

3.2. Checklista

Solna stad har tagit fram en checklista, daterad 2017-11-23, som ska tillämpas för dagvattenutredningar inom kommunen.

3.3. Kommunala riktlinjer

Enligt Solna stads dagvattenstrategi och checklista ska dagvattenanläggningar utformas för att omhänderta 20 mm nederbörd, motsvarande 20 liter/m² hårdgjord yta, inom utredningsområdet. Anläggningarna ska också bidra till att dagvattnet kan tillvaratas som en resurs.

3.4. Rekommendationer för hantering av översvämningar till följd av skyfall

Länsstyrelserna (2018) har tagit fram ett faktablad med rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall, som ska fungera som ett stöd vid fysisk planering. Enligt faktabladet är 100-årsregn vägledande för när en bedömning av översvämningsrisken ska göras. En klimatfaktor ska inkluderas för att bedöma översvämningsrisken i ett förändrat klimat. I rekommendationerna anges bland annat att ny bebyggelse planeras så att den inte tar skada eller orsakar skada vid en översvämning från minst ett 100-årsregn.

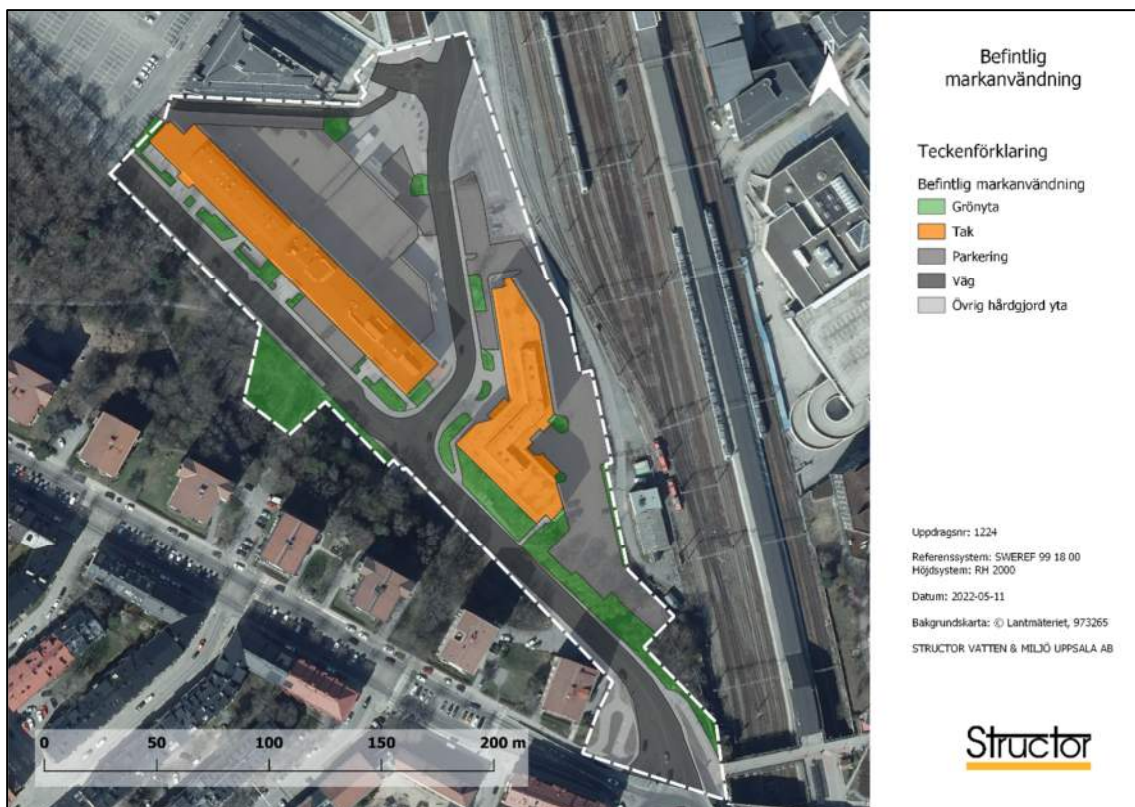
Vid förtätning av ett område anges att vid planering av ny bebyggelse anser Länsstyrelsen att den fysiska planeringen behöver syfta till att minska sårbarheten för eventuella översvämningar i hela områden. Kommunen behöver säkerställa att den nya bebyggelsen inte ökar översvämningsrisken för omkringliggande bebyggelse. Omkringliggande obebyggda områden kan dock tas i anspråk och fungera som skydd.

4. DAGVATTENBERÄKNINGAR

4.1. Markanvändning

4.1.1. Befintlig situation

Utredningsområdet utgörs i befintlig situation till stor del av bebyggelse och andra hårdgjorda ytor. De grönytor som finns inom utredningsområdet utgörs till övervägande del av planteringar intill byggnader och vägar. En ytkartering av befintlig markanvändning har utförts utifrån baskarta, med stöd av ortofoto och iakttagelser från ett platsbesök som genomfördes 2020-05-04. Tolkade markanvändningstyper redovisas i Figur 4-1.



Figur 4-1. Befintlig markanvändning inom utredningsområdet. Vitstreckad linje visar utredningsområdesgränsen.

4.1.2. Planerad situation

Inom utredningsområdet kommer befintliga byggnader att rivas och ersättas med nya byggnader som planeras omfatta kontor, handel, bostäder och förskola. Befintliga gatusträckningar kommer behållas men kompletteras med en ny gata genom Farao 16, mellan Dalvägen och en cirkulationsplats som planeras där Råsta Strandväg möter Pyramidvägen. Råsta Strandväg planeras också att förlängas med en bro som löper längs spårområdet, mellan spårområdet och den nya byggnaden inom Kairo 1, och ansluter till Frösundarondellen i utredningsområdets sydvästra del. Råsta Strandväg

ersätter därmed Dalvägen som sydlig infartsväg till Arenastadens område. En situationsplan över planerad markanvändning daterad 2022-05-09, erhållen från Bau, visas i Figur 4-2. En fullstor version av situationsplanen visas i Bilaga 1.



Figur 4-2. Situationsplan över planerad markanvändning inom utredningsområdet, daterad 2022-05-09.

4.2. Dimensionerande flöden

Dagvattenberäkningar enligt Svenskt Vattens publikation P110 har utförts för befintlig situation och planerad situation. Dimensionerande dagvattenflöden har beräknats med rationella metoden, vilken redovisas i Ekvation 1.

$$Q_{dim} = A \cdot \Phi \cdot i(t) \cdot K_f \quad (\text{Ekvation 1})$$

, där

Q_{dim} = dimensionerande dagvattenflöde [l/s]

A = utredningsområdets area [m²]

Φ = avrinningskoefficient [-]

$i(t)$ = dimensionerande regnintensitet beroende av regnets varaktighet t [l/s ha]

K_f = klimatfaktor [-]

Regnintensiteten beror på återkomsttid och av regnets varaktighet. I P110 rekommenderas att dimensioneringen ska ta hänsyn till att mer intensiva regn förväntas i framtiden till följd av klimatförändringar. Därför bör, utifrån P110, regnintensiteten räknas upp med en klimatfaktor 1,25 vid regn med varaktighet under en timme, som i detta fall. Den längsta rinntiden inom utredningsområdet har beräknats till cirka 6 minuter, då vattnet vid ett sådant regn antas avledas i ledningsnätet med en rindhastighet på 1,5 m/s (enligt P110) och den längsta rinnsträckan inom utredningsområdet uppgår till cirka 600 meter. Den dimensionerande regnvaraktigheten har därför satts till 10 minuter, som är den lägsta rekommenderade regnvaraktigheten enligt P110. Indata till flödesberäkningarna visas i Tabell 4-1. Observera att den dimensionerande regnvaraktigheten i händelse av skyfall blir längre eftersom vattnet då kan antas avrinna ytledes eftersom ledningsnätet är fullt, vilket ger en lägre rindhastighet.

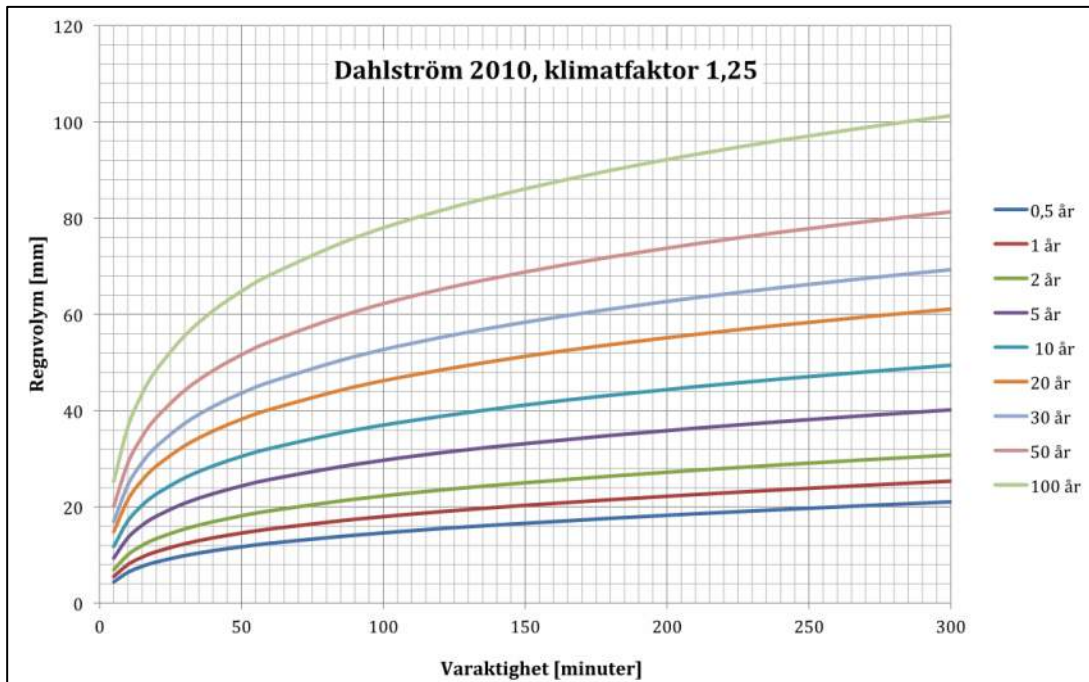
I enlighet med Solna stads checklista för dagvattenutredningar utgår beräkningarna av dimensionerande flöde från 10 års återkomsttid. För befintlig situation har beräkningarna utförts utan (nuläge) och med (nollalternativ) klimatfaktor 1,25, i enlighet med Solna Stads checklista. För planerad situation har beräkningen utförts med klimatfaktor 1,25.

Tabell 4-1. Indata till flödesberäkningar. Regnintensiteten utan klimatfaktor har använts för befintlig situation och regnintensiteten inklusive klimatfaktor har använts för planerad situation. Dimensionering av dagvattenanläggningar har gjorts för regn med 10 års återkomsttid, enligt branschnorm och Solna stads anvisningar för utformning av dagvattensystem.

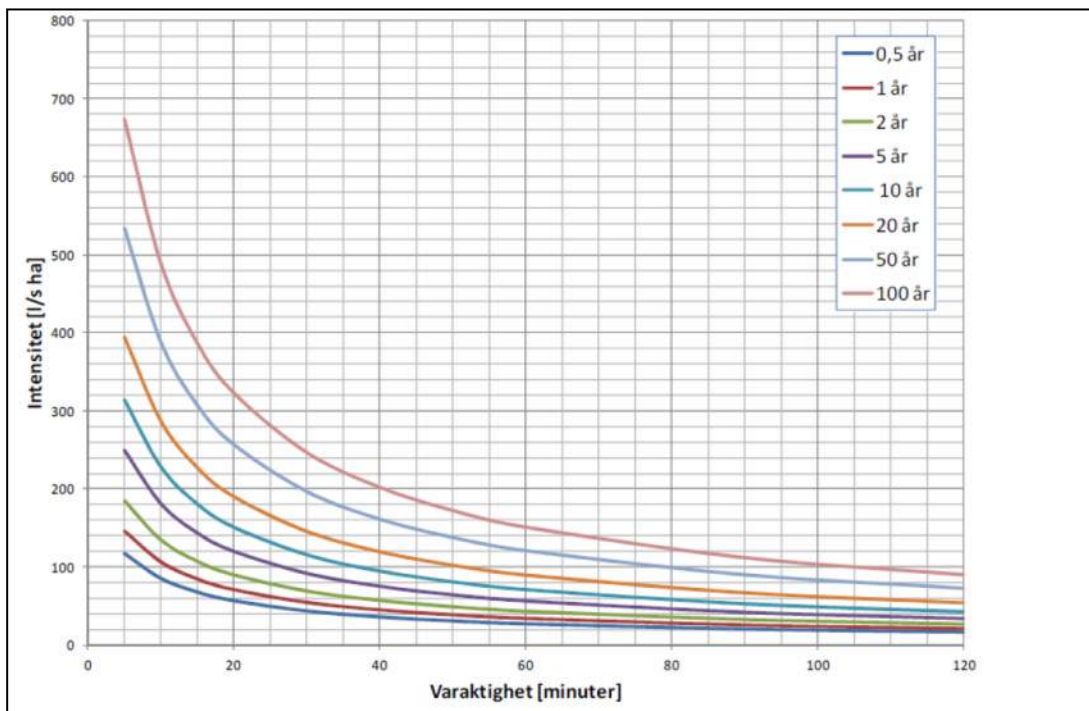
Återkomsttid	120	månader
Varaktighet	10	minuter
Regnintensitet	228	liter/sekund·hektar
Klimatfaktor	1,25	-
Regnintensitet inkl. klimatfaktor	285	liter/sekund·hektar

För att ta hänsyn till effekten av dagvattenanläggningar som dimensionerats enligt Solna stads riktlinjer om fördröjning av 20 mm nederbörd vid beräkning av dimensionerande flöden i planerad situation har en metodik med förlängd rinntid tillämpats. För ett 10-årsregn har regnvolymen 20 mm uppnåtts efter en varaktighet av 15 minuter (se Figur 4-3), när hänsyn tagits till att regnintensiteten förväntas öka till följd av klimatförändringarna. Eftersom intensiteten minskar med ökande regnvaraktighet (se Figur 4-4) innebär det att en lägre dimensionerande regnintensitet gäller för ett område med inbyggd fördröjning, vilket alltså innebär att det dimensionerande flödet minskar. Vid beräkningar av dimensionerande flöde efter exploatering adderas således 15

minuter till detaljplaneområdets rinntid på 10 minuter, vilket resulterar i en total rinntid på 25 minuter. För ytterligare beskrivning av beräkningsmetodiken hänvisas till Stockholms stad (2017).



Figur 4-3. Nederbördsvolym som funktion av regnvaraktighet och återkomsttid, från Stockholms stad (2017).



Figur 4-4. Intensitets-varaktighetskurvor för olika återkomsttider enligt Dahlström (2010).

4.2.1. Resultat flödesberäkningar

I Tabell 4-2 redovisas areor, avrinningskoefficienter, reducerad area och beräknade dimensionerande flöden för befintlig situation enligt ytkartering i kapitel 4.1.1.

Tabell 4-2. Beräknade areor och dimensionerande flöden för befintlig situation.

Markanvändning	Area [ha]	ϕ [-]	Red. area [ha]	Q 10 år, nuläge [l/s]	Q 10 år, nollalternativ ⁽¹⁾ [l/s]
Grönyta	0,27	0,1	0,03	6	8
Tak	0,55	0,9	0,50	113	142
Parkering	0,94	0,8	0,75	171	214
Väg	0,71	0,8	0,57	129	161
Övrig hårdgjord yta	0,82	0,8	0,66	150	187
Summa	3,29	0,76⁽²⁾	2,51	569	712

⁽¹⁾ Nollalternativ enligt Solna stads checklista – befintlig situation med klimatfaktor 1,25.

⁽²⁾ Sammanvägd ϕ = Summa reducerad area/Summa area

I Tabell 4-3 redovisas areor, avrinningskoefficienter, reducerad area och beräknade dimensionerande flöden för planerad situation. Beräkningarna har utförts utifrån situationsplanen redovisad i kapitel 4.1.2 (se även Bilaga 1), och delats in i kvartersmark, där respektive kvarter särredovisas, och allmän platsmark. Areorna har justerats något från det erhållna underlaget, då vissa ytor inte var inkluderade. Gröna tak har i beräkningarna givits avrinningskoefficient 1, eftersom all nederbörd som faller inom dessa ytor kommer att belasta anläggningarnas kapacitet och därmed behöver tas höjd för i dimensioneringen av anläggningarna. Detta enligt den beräkningsmetodik som redovisas i Stockholms stad (2017). Det dimensionerande flödet redovisas exklusive respektive inklusive åtgärder för fördröjning och rening av 20 mm nederbörd, i enlighet med Solna stads riktlinjer. Beräkningen av det dimensionerande flödet inklusive åtgärder har utförts enligt metodiken i kapitel 4.2.

Tabell 4-3. Beräknade areor och dimensionerande flöden för planerad situation utifrån situationsplanen redovisad i kapitel 4.1.2. Markanvändningen har delats in i kvartersmark, där respektive kvarter särredovisas, och allmän platsmark.

Markanvändning	Area [ha]	ϕ [-]	Red. area [ha]	Q 10 år, exkl. åtgärder [l/s]	Q 10 år, inkl. åtgärder [l/s]
Kvartersmark					
Bostadshus					
Gröna tak ⁽¹⁾	0,163	1	0,163	46	27
Terrasser	0,037	0,7	0,026	7	4
Bostadsgård ⁽²⁾	0,148	0,6	0,089	25	15
Plattsättning	0,007	0,7	0,005	1	1
Kv. Farao					
Tak	0,083	0,9	0,075	21	12
Gröna tak	0,298	1	0,298	85	49
Terrasser	0,056	0,7	0,039	11	6
Plattsättning	0,007	0,700	0,005	1	1
Kv. Kairo					
Tak	0,052	0,9	0,047	13	8
Gröna tak	0,358	1	0,358	102	58
Terrasser	0,158	0,7	0,111	32	18
Plattsättning	0,007	0,7	0,005	1	1
Lokalgata					
Plattsättning	0,056	0,7	0,039	11	6
Allmän platsmark					
Plattsättning ⁽³⁾	0,872	0,8	0,698	199	114
Vägar	0,725	0,8	0,58	165	95
Grönytor	0,266	0,1	0,027	8	4
Summa	3,29	0,75⁽⁴⁾	2,57	728	419

⁽¹⁾ Gröna tak utgör en anläggning för dagvattenhantering och ges därmed avrinningskoefficient 1, eftersom all nederbörd som faller på anläggningen kommer att hamna i anläggningsvolymen

⁽²⁾ Avrinningskoefficienten för bostadsgård har sammanvägts utifrån erhållna uppgifter gällande areor för grönyta respektive hårdgjord yta inom gården

⁽³⁾ I kategorin inkluderas ytor som enligt underlag planeras som *Plattlagda ytor* och *Entréytor mellan kontorshus*

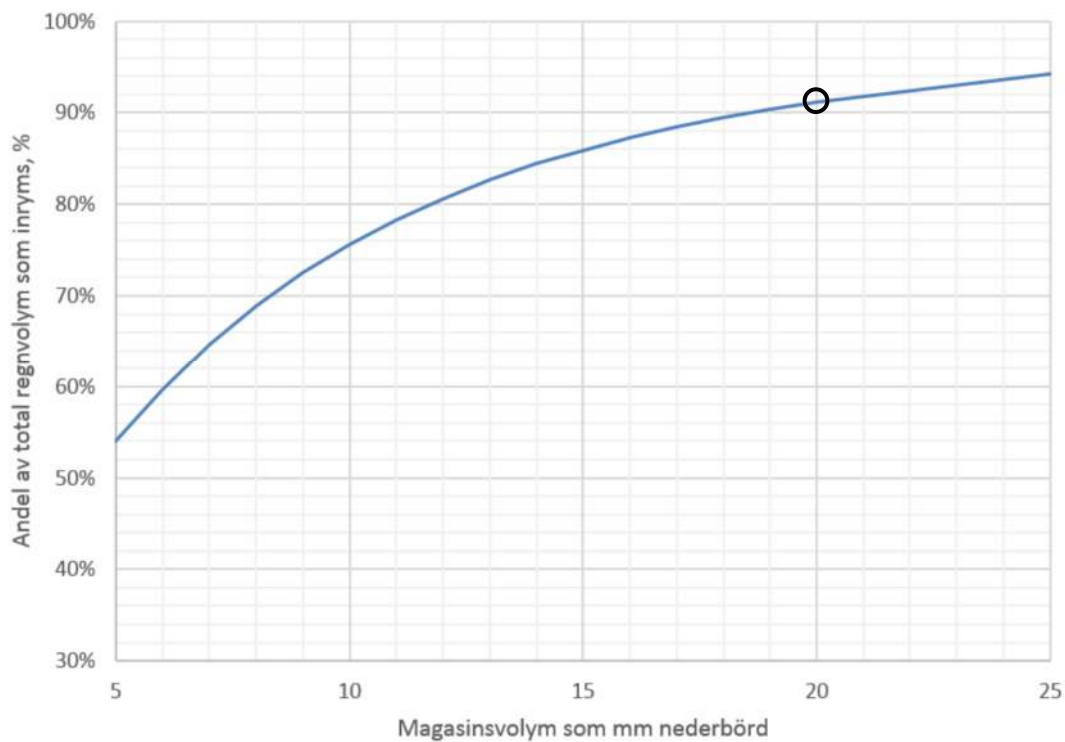
⁽⁴⁾ Sammanvägd ϕ = Summa reducerad area/Summa area

Enligt beräkningarna uppgår det totala dimensionerande flödet från utredningsområdet vid ett 10-årsregn till 569 liter/sekund för befintlig situation exklusive klimatfaktor och 419 liter/sekund för planerad situation, inklusive klimatfaktor och effekten av fördröjning i anläggningar dimensionerade för 20 mm nederbörd. Utan hänsyn till fördröjning i anläggningarna blir det dimensionerande flödet för planerad situation i stället 728 liter/sekund. Den då beräknade flödesökningen jämfört med befintlig situation beror på klimatfaktorn.

4.3. Erforderlig fördröjningsvolym

Utifrån Solna stads riktlinjer för dagvattenhantering ska 20 mm nederbörd renas inom utredningsområdet. Genom att anläggningarna dimensioneras för 20 mm nederbörd kommer cirka 90 % av den totala årsnederbörden att omhändertas, se Figur 4-5.

För att uppnå Solna stads riktlinjer om fördröjning av 20 mm nederbörd för hårdgjorda ytor krävs 514 m³ fördröjningsvolym inom utredningsområdet, beräknat utifrån reducerad area enligt Tabell 4-3. Fördröjningsvolymerna bör fördelas ut proportionellt inom kvartersmark respektive allmän platsmark och mot respektive markanvändningstyps andel av den totala reducerade ytan inom utredningsområdet. Erforderlig volym per markanvändningskategori visas i Tabell 4-4.



Figur 4-5. Andel av total regnvolyms (årsvolyms i procent), angivet på y-axeln, som inryms i olika magasinvolym (som mm nederbörd), angivet på x-axeln. Grafen gäller för uppehållstiden 12 timmar i magasinet. Den svarta cirkeln markerar den punkt längs kurvan som sammanfaller med magasinvolymen 20 mm. Källa: DHI, 2015.

Tabell 4-4. Erforderlig fördröjningsvolym per markanvändningskategori inom utredningsområdet, beräknat utifrån situationsplanen redovisad i kapitel 4.1.2. Markanvändningen har delats in i kvartersmark, där respektive kvarter särredovisas, och allmän platsmark.

Markanvändning	Erforderlig fördröjningsvolym [m³]
Kvartersmark	
<i>Bostadshus</i>	
Gröna tak	33
Terrasser	5
Bostadsgård	18
Plattsättning	1
<i>Kv. Farao</i>	
Tak	15
Gröna tak	60
Terrasser	8
Plattsättning	1
<i>Kv. Kairo</i>	
Tak	9
Gröna tak	72
Terrasser	22
Plattsättning	1
<i>Lokalgata</i>	
Plattsättning	8
Allmän platsmark	
Plattsättning	140
Vägar	116
Grönytor	5
Summa	514

4.4. Föroreningar

Föroreningsbelastningen från utredningsområdet för befintlig och planerad situation har beräknats i dagvatten- och recipientmodellen StormTac web (version 20.1.1). I StormTac web används schablonhalter av föroreningar, vilka baseras på resultat från studier med flödesproportionella provtagningar vid olika typer av markanvändningar. Föroreningshalter i dagvatten har stor variation mellan olika platser och tidpunkter, vilket gör att beräkningar utifrån dessa schablonhalter inte kommer bli exakta utan kan ses som uppskattningar. Föroreningstransport har i denna utredning beräknats med den korrigerade årsnederbörden 592 mm/år, vilket är senast tillgängliga korrigerade mätdata för Stockholm.

4.4.1. Förutsättningar och indata till StormTac

Den markanvändning som matats in i StormTac har utgått från de markanvändningskategorier som anges i Tabell 4-2 och Tabell 4-3, med vissa justeringar eftersom StormTac har ett avgränsat urval av markanvändningskategorier för vilka det finns schablonhalter. Alla ytor med plattor och terrasser har ansatts som kategorin ”marksten med fogar”, som bedömts vara mest representativ. Vägarna har i föroreningsberäkningarna antagits ha en oförändrad trafikintensitet mellan befintlig situation och planerad situation eftersom området har en liknande exploateringsgrad för befintlig och planerad situation. De avrinningskoefficienter som använts i modellen har utgått från StormTacs angivna volymavrinningskoefficienter, då dessa bättre representerar de relativt små men frekvent förekommande nederbördshändelser som är mest relevanta för beräkning av föroreningsbelastning.

I modellen har ingen rening implementerats för befintlig situation, då inga kända reningsanläggningar finns inom utredningsområdet idag. För planerad situation har rening i anläggningar enligt kapitel 5 implementerats i modellen, i form av gröna tak och regnbäddar (anges som biofilter i StormTac web).

4.4.2. Resultat

I Tabell 4-5 och Tabell 4-6 presenteras beräknade föroreningshalter respektive föroreningsmängder för befintlig och planerad situation inom utredningsområdet. Fullständiga beräkningar från StormTac Web redovisas i Bilaga 3.

Beräkningarna visar på minskade föroreningshalter och årliga föroreningsmängder av samtliga studerade föroreningar för planerad situation jämfört med för befintlig situation inom utredningsområdet, givet att föreslagna åtgärder för dagvattenhantering genomförs. Detta är väntat då utredningsområdet i stor utsträckning är hårdgjort redan idag och dagvatten avleds orenat till ledningsnätet, medan dagvattnet i planerad situation omhändertas i anläggningar som uppfyller Solna stads riktlinjer och dagvattenstrategi. För vissa ämnen uppnås modellens *Minsta möjliga utloppshalt* i planerad situation. Detta är den lägsta föroreningshalt som det bedöms vara rimligt att en anläggning av den aktuella typen har i sitt utloppsvatten. Detta indikerar att dagvattnet är att betrakta som rent.

Tabell 4-5. Beräknade föroreningshalter från utredningsområdet för befintlig situation och för planerad situation, före och efter rening.

Ämne	Enhet	Befintlig situation	Planerad situation	
			Före rening	Efter rening ⁽¹⁾
Fosfor, P	µg/l	120	120	25
Kväve, N	µg/l	1 800	1 600	610
Bly, Pb	µg/l	10	2,7	0,5
Koppar, Cu	µg/l	23	13	3,7
Zink, Zn	µg/l	54	26	3,9
Kadmium, Cd	µg/l	0,40	0,38	0,07
Krom, Cr	µg/l	8,1	3,7	1,4
Nickel, Ni	µg/l	7,2	3,4	1,5
SS ⁽²⁾	µg/l	62 000	30 000	6 900
Benso(a)pyren, BaP	µg/l	0,023	0,010	0,003

⁽¹⁾ Allt dagvatten har genomgått rening i antingen biofilter eller grönt tak.

⁽²⁾ SS: suspenderat material.

Tabell 4-6. Beräknad föroreningsbelastning från utredningsområdet för befintlig situation och för planerad situation, före och efter rening.

Ämne	Enhet	Befintlig situation	Planerad situation		Renings-effekt (%) ⁽¹⁾	Förändring befintlig/planerad situation efter rening (%) ⁽²⁾
			Före rening	Efter rening		
Fosfor, P	kg/år	2,0	1,8	0,33	82	-84
Kväve, N	kg/år	30	25	8,2	67	-73
Bly, Pb	kg/år	0,17	0,04	0,007	83	-96
Koppar, Cu	kg/år	0,38	0,20	0,05	75	-87
Zink, Zn	kg/år	0,89	0,40	0,05	88	-94
Kadmium, Cd	g/år	6,6	5,9	1,0	83	-85
Krom, Cr	kg/år	0,13	0,06	0,02	67	-85
Nickel, Ni	kg/år	0,12	0,05	0,02	60	-83
SS ⁽³⁾	kg/år	1 000	470	95	80	-91
Benso(a)pyren, BaP	g/år	0,38	0,15	0,039	74	-90

⁽¹⁾ Reduktion föroreningar uttryckt i % för planerad situation med och utan rening, angivet i StormTac. Viss avvikelse mot angivna värden kan förekomma på grund av avrundning.

⁽²⁾ Procentuell förändring i föroreningsbelastning för planerad situation efter rening jämfört med befintlig situation.

⁽³⁾ SS: suspenderat material.

4.4.3. Osäkerheter i föroreningsberäkningarna

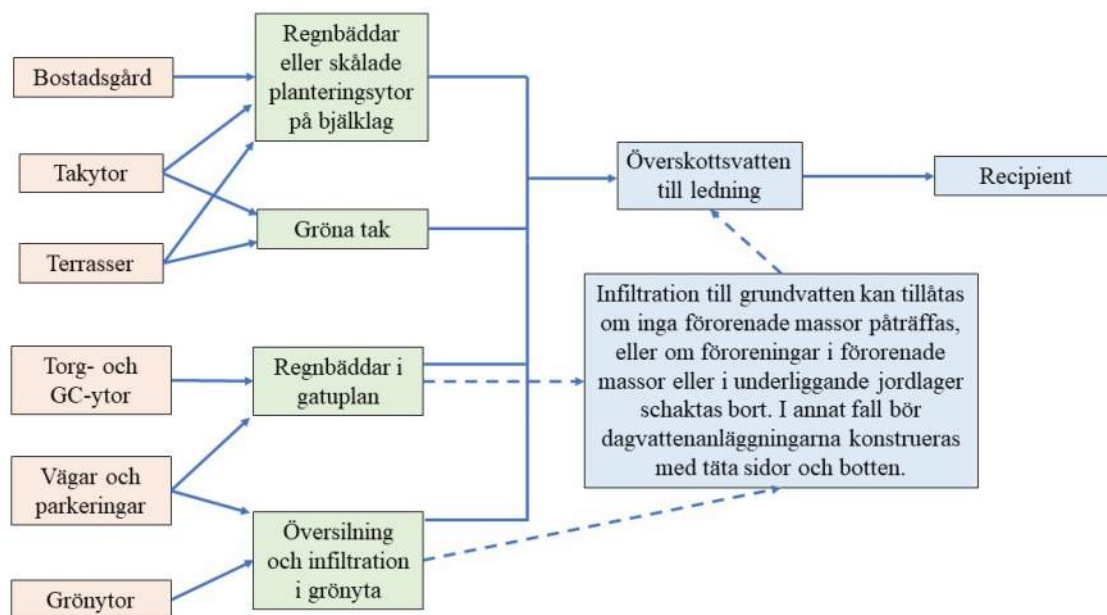
Resultaten från StormTac Web skall ses som indikationer på förändringar då modellen innehåller stora osäkerheter. Användandet av schablonhalter är beroende av tillförlitliga mätdata från flödesproportionella provtagningar, vilket i många fall inte finns att tillgå. Majoriteten av de mätningar som är med är utförda i Sverige under liknande

förhållanden. På sista tiden har exempelvis StormTac avlägsnat några ämnen från sina beräkningar med hänvisning till att osäkerheterna i data visat sig vara alltför stora. Beräknade föroreningshalter och föroreningsmängder bör därmed ses som indikationer mer än faktisk sanning.

5. FÖRSLAG TILL DAGVATTENHANTERING

Föreslagen utformning för dagvattenhantering bygger på att det dagvatten som bildas inom utredningsområdet omhändertas och renas lokalt så nära källan som möjligt och används som en resurs för att skapa attraktiva inslag i stadsmiljön, i enlighet med riktlinjerna i Solna stads dagvattenstrategi. För att efterleva riktlinjerna föreslås anläggningar som kan placeras direkt på tak- och bjälklagsgårdar tillsammans med anläggningar som placeras intill de gator, GC-områden och torgytor som planeras i utredningsområdet. Anläggningar förlagda i gatuplan omhändertar dagvatten från omgivande väg-, torg- och GC-ytor. Dagvatten som faller på takytorna omhändertas genom gröna tak på takytorna och överskottsvatten ansluts till ledningsnätet via stuprör. Där det förekommer föroreningar i fyllnadsmassor eller i underliggande jordlager, och dessa inte schaktas bort, bör dagvattenanläggningarna konstrueras med täta sidor och botten, för att minska risken för att dagvatteninfiltration för med sig föroreningar till grundvattnet.

En principiell beskrivning av föreslagen dagvattenhantering ges i Figur 5-1. En översiktlig avvattningsplan som illustrerar föreslagna avrinningsvägar, ytor för hantering av dagvatten och erforderliga volymer visas i Bilaga 2.



Figur 5-1. Boxmodell med principillustration av hur dagvatten från olika markanvändningstyper föreslås att omhändertas.

För att uppnå Solna stads riktlinje om fördröjning av 20 mm nederbörd krävs 514 m³ erforderlig fördröjningsvolym inom utredningsområdet, varav 253 m³ inom kvartersmark och 261 m³ inom allmän platsmark. Då det i stort sett saknas förgårdsmark inom kvartersmarken behöver den erforderliga volymen inom

kvartersmarken skapas i anläggningar på takytorna och inom den planerade bostadsgården. Eftersom delar av takytorna inte kommer utföras med gröna tak behöver dagvattnet från dessa i stället kunna omhändertas inom omgivande takytor. Gröna tak kan utföras med många olika konstruktioner, som medger olika typer av växtlighet och olika hög vattenhållande förmåga. Vegtech, som är en leverantör av lösningar för gröna tak, redovisar exempelvis en vattenhållande förmåga på 48 mm hos ett sedumtak med underliggande vattenhållande lager (bygghöjd 109,5 mm och taklutning 0 – 2°) respektive 65 – 100 mm hos en torräng för tak (bygghöjd 110 – 140 mm och taklutning 5 – 14°), se vidare kapitel 5.1.2. Enligt uppgift planeras för åtminstone mäktiga sedumtak inom utredningsområdet, och inslag av större växtlighet inom exempelvis takterrasser, varför en vattenhållande förmåga på 48 mm bedöms vara ett konservativt antagande. Vid senare val av leverantör och konstruktion av gröna tak är tjockleken och den vattenhållande förmågan avgörande parametrar i urvalsprocessen. Gröna tak av de tunnaste modellerna har inte en tillräcklig vattenhållande förmåga för att motsvara Solna stads krav på dagvattenhantering.

En sammanställning av hur stor takyta som behöver förses med gröna tak inom respektive kvarter, utifrån en vattenhållande förmåga på 48 mm, för att den erforderliga volymen ska uppnås visas i Tabell 5-1. För jämförelse anges också tillgänglig area för gröna tak enligt erhållet underlag.

Tabell 5-1. Erforderlig yta för gröna tak för att uppnå erforderlig fördröjningsvolym för den totala takytan inom respektive kvarter, antaget en vattenhållande förmåga på 48 mm (motsvarande sedumtak med underliggande vattenhållande lager och taklutning 0 – 2°).

Kvarter	Erforderlig fördröjningsvolym inom takyta [m ³]	Erforderlig yta gröna tak [m ²]	Tillgänglig yta gröna tak enligt underlag [m ²]
Bostadshus	38	792	1 630
Kv. Farao	83	1 729	2 980
Kv. Kairo	103	2 146	3 580

Erforderlig volym inom övriga ytor omhändertas i anläggningar som fördelas ut över utredningsområdet, enligt Tabell 4-4 och Bilaga 2, så att alla ytor kan avvattnas till en dagvattenanläggning. Gator och torgytor föreslås höjdsättas så att så stora ytor som möjligt kan avledas ytligt till anläggningar. Dagvatten från Råsta Strandväg föreslås ledas till grönytan i cirkulationsplatsen för rening och fördröjning.

Exakt placering och utformning av anläggningarna beslutas i ett senare skede i samband med detaljerad markplanering, i samråd med landskapsarkitekt. För att illustrera ytbehovet har en överslagsberäkning utförts där allt dagvatten från andra ytor än takytor antas omhändertas i regnbäddar (se kapitel 5.1.4) med en övre fördröjningszon med 0,2 meters djup och ett underliggande poröst lager med 0,3 meters mäktighet och 30 % porositet. Givet en sådan dimensionering krävs en total area för dagvattenanläggningarna på cirka 1 000 m² inom utredningsområdet. Detta utgör cirka 5 % av utredningsområdets area exklusive takytor, vilket bedöms vara möjligt att

samordna med områdets behov av gröna ytor och planteringar. Exempelvis planeras cirka 730 m² planteringsyta längs Dalvägens södra sträckning, mellan detaljplaneområdesgräns och korsningen med Pyramidvägen, och vidare längs Pyramidvägen ned mot cirkulationsplatsen. Detta motsvarar närmare 75 % av det totala behovet. Då det planeras för träd och andra planteringar även längs övriga gator bedöms den erforderliga volymen med marginal kunna hanteras inom utredningsområdet.

5.1. Principlösningar

5.1.1. Tak

De vanliga, hårdgjorda takytorna som planeras inom utredningsområdet avvattnas ut över omgivande gröna tak och andra takplanteringar för fördröjning. Eventuellt kan mindre rännilar och spridningsstråk i exempelvis grus anläggas ut i de gröna taken för att åstadkomma en bättre fördelning av vattnet över hela ytan. Se vidare kapitel 5.1.2 för beskrivning av gröna tak.

5.1.2. Gröna tak

Ett yteffektivt sätt att fördröja och minska avrinningen från tak är att takytorna bekläds med växtsubstrat och växtlighet, så kallade *gröna tak*. Dessa kan anläggas tunna eller med större mäktighet, där de mäktigare gröna taken kan hålla en större vattenvolym och medger en mer varierad växtlighet. Inom aktuellt utredningsområde ska gröna tak med en högre vattenhållande förmåga än de tunnaste gröna taken användas, för att erhålla en vattenhållande kapacitet motsvarande Solna stads riktlinjer för dagvattenhantering. Exempel på utformning av gröna tak ges i Figur 5-2, där den vänstra bilden visar en takträdgård med större mäktighet och växtlighet och den högra bilden visar ett tunnare grönt tak med torktåliga växter. Principuppbyggnad för Vegtechs sedumtak med ett underliggande vattenhållande lager respektive torrängstak visas i Figur 5-3.

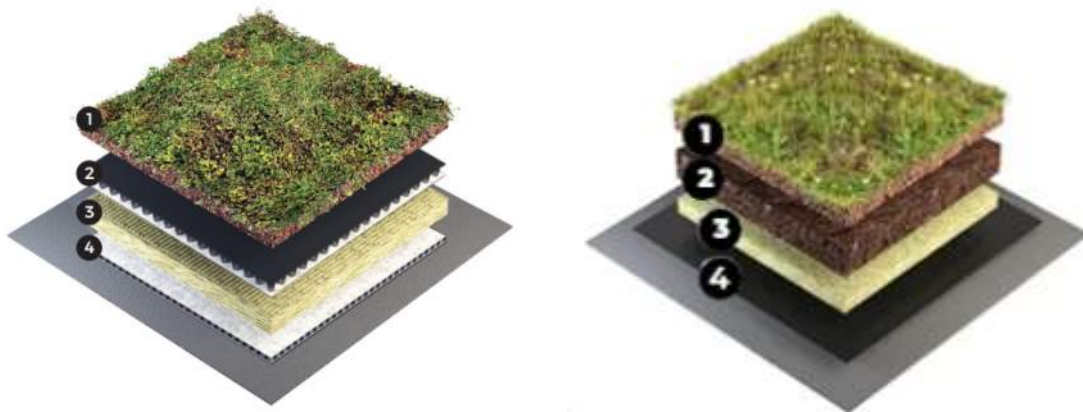
Gröna tak ger inte rening i någon större utsträckning, och kan vid felaktig skötsel snarare utgöra en föroreningskälla, men bidrar positivt till en hållbar dagvattenhantering genom att minska avrinningen från takytorna då vattnet i stället kan magasineras och evapotranspirera. De gröna taken kan också bidra positivt till biologisk mångfald i stadskärnor och andra områden som i övrigt är mycket hårdgjorda.

De gröna taken magasineras i princip all nederbörd tills de blivit vattenmättade, då avrinningen närmast kan jämföras med den från ett vanligt tak. Överskottsvatten från de gröna taken, som uppstår vid kraftiga regn som överstiger den vattenhållande förmågan, avleds via stuprör till det kommunala ledningsnätet.

Vid senare val av leverantör och konstruktion av gröna tak är tjockleken och den vattenhållande förmågan avgörande parametrar i urvalsprocessen. Gröna tak av de tunnaste modellerna har inte en tillräcklig vattenhållande förmåga för att motsvara Solna stads krav på dagvattenhantering.



Figur 5-2. Exempel på utformning av gröna tak, hämtat från Stockholms stads anläggningsbeskrivning för vegetationsklädda gröna tak. Foton: WRS.



Figur 5-3. Uppbyggnad av sedumtak med underliggande vattenhållande lager (till vänster) och torrängstak (till höger). Lager 1: Sedummatta med biokol (t.v.), torrängsmatta (t.h.). Lager 2: Dräneringslager (t.v.), takjord (t.h.). Lager 3: Grodan vattenhållande lager (t.v. och t.h.). Lager 4: Dräneringslager (t.v.), rotskydd (t.h.).

5.1.3. Terrasser och vistelseytor på bjälklag

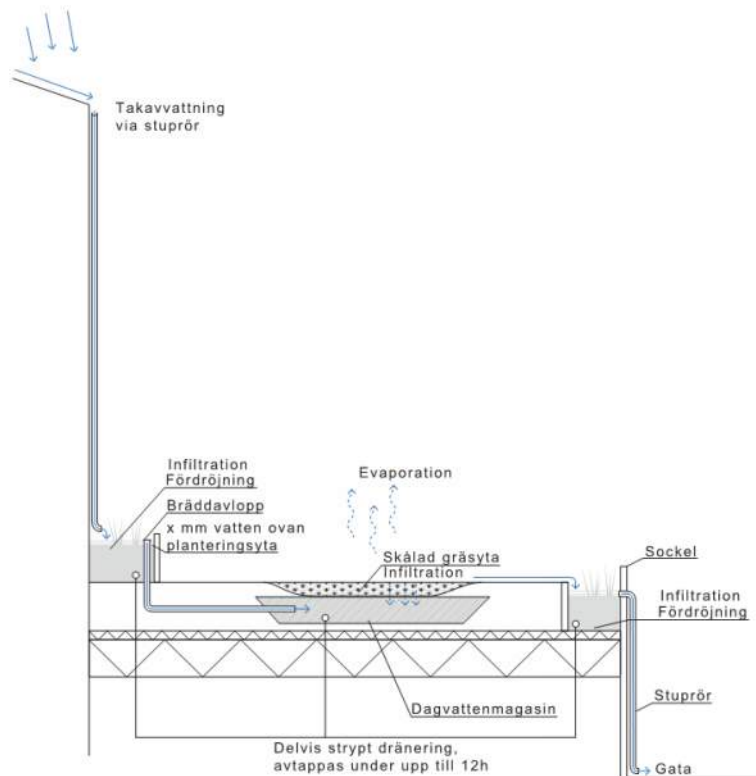
Inom gårdsytor och terrasser belägna på tak planeras för en blandning av vistelseytor och gröna ytor som kan nyttjas för dagvattenhantering.

Inom utredningsområdet finns enligt uppgift mindre terrasser där det planeras för trädäck eller plattsättning som delvis också kan förses med planteringar i planteringskärl eller i upphöjda bäddar. Dessa planteringar bedöms inte kunna omhänderta allt dagvatten från terrasserna, men de bidrar till att minska dagvattenbildningen och därmed den erforderliga fördröjningsvolym från terrasserna som i stället behöver omhändertas i omgivande gröna tak eller på bostadsgården.

Inom utredningsområdet planeras också för en bostadsgård på bjälklag inom kvarteret Faraö 15. Bostadsgården ska bland annat inrymma ytor för utomhusvistelse för en förskola. Enligt erhållit underlag i Bilaga 1 kommer cirka 530 m² av gårdens yta att utgöras av grönytor medan övriga ytor blir mer hårdgjorda. De hårdgjorda ytorna

föreslås lutas mot omgivande grönytor där dagvattnet då tillåts översila. Enligt Tabell 4-4 krävs en fördröjningsvolym på 18 m^3 inom bostadsgården, vilket motsvarar en planteringsyta på 62 m^2 , antaget en övre fördröjningszon med 0,2 meters djup och ett underliggande poröst lager med 0,3 meters mäktighet och 30 % porositet.

En principillustration för dagvattenhantering inom en bjälklagsgård erhållen från Kragh&Berglund landskapsarkitekter visas i Figur 5-4. Illustrationen beskriver föreslagen princip för dagvattenhantering inom bostadsgården. En exempelillustration av hur dagvattenhantering på en bjälklagsgård med dagvattenhantering kan gestaltas visas i Figur 5-5. I exempelillustrationen sker avledningen i öppna rännor, vilket förordas av Solna stad, men den kan också utformas med underjordiska ledningar om det finns skäl för det.



Figur 5-4. Principillustration för dagvattenhantering på bjälklagsgård, erhållen från Kragh&Berglund landskapsarkitekter 2020-05-29.

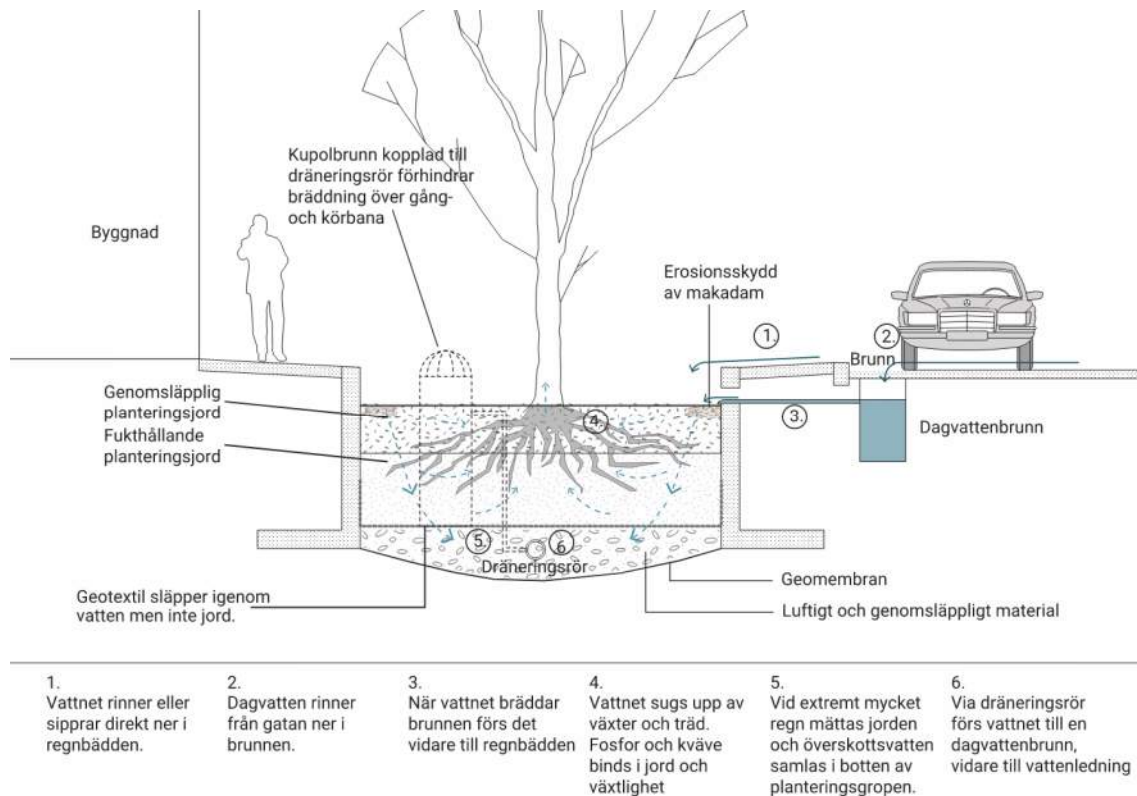


Figur 5-5. Avledning av takvatten till planteringar via ränndalar anlagda i gatsten. Exempelillustration från Linnéhuset i Uppsala (Källa: Uppsalahem).

5.1.4. Regnbäddar i gatuplan

För att hantera dagvatten från vägar och andra hårdgjorda ytor i markplan föreslås att planteringsytor i form av regnbäddar anläggs längs gator och inom torg- och GC-utor. Regnbäddar är en form av biofilter, där magasinsvolymen utgörs, dels av en fördröjningszon ovanpå jordlagret där det kan bildas en vattenspegel vid intensiva regn, dels av porvolymer i jordlagren. En fördel med regnbäddar är att de kan skapa en tilltalande miljö med rik och varierad växtlighet. Regnbäddar byggs upp av ett poröst dräneringslager i botten, som överlagras av en mineraljord och en övre jordblandning.

En exempelillustration för utformning av regnbäddar inom utredningsområdet, erhållen från Kragh&Berglund landskapsarkitekter, visas i Figur 5-6. Regnbäddarna omhändertar dagvatten från omgivande vägar och andra hårdgjorda ytor. Det rekommenderas också att kupolbrunnar anläggs i regnbädden, med cirka 0,2 meters upphöjning mot regnbäddens planteringsyta. Kupolbrunnarna syftar till att leda överskottsvatten från den övre fördröjningszonen till det underliggande porösa lagret när den övre zonen fyllts upp, vilket kan ske vid särskilt kraftiga regn.

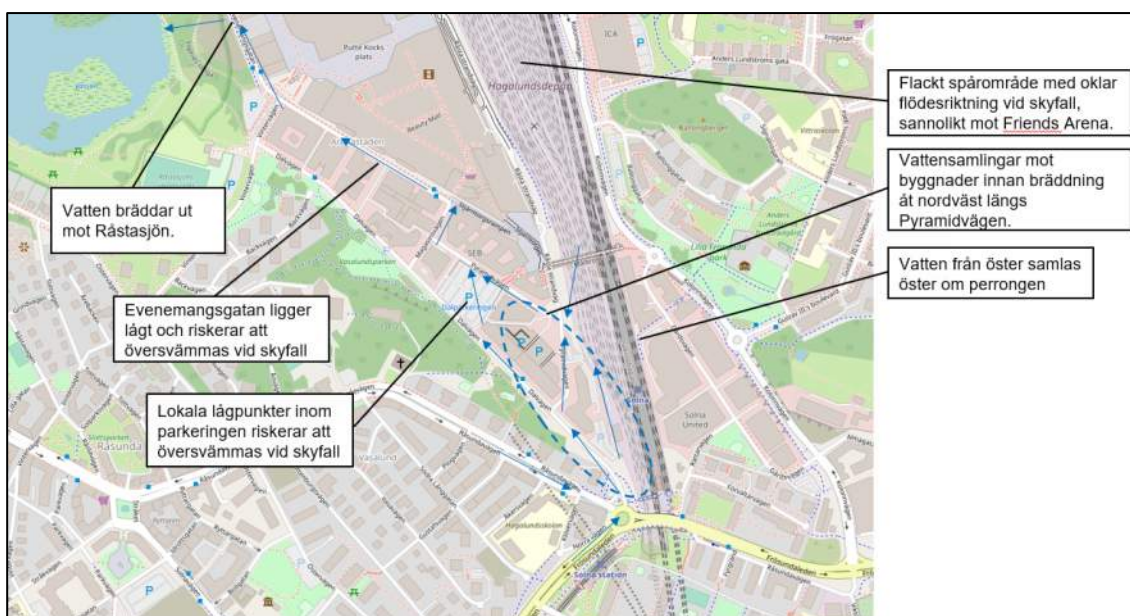


Figur 5-6. Exempelillustration för utformning av regnbäddar inom utredningsområdet, erhållen från Kragh&Berglund landskapsarkitekter (2022-04-29).

6. SKYFALL OCH SEKUNDÄR AVLEDNING

6.1. Känd översvämningsproblematik

Ingen kännedom om tidigare översvämningsproblem inom utredningsområdet har framkommit under utredningsarbetet. Det har dock skett omfattande ombyggnationer i närområdet under det senaste decenniet, varför dagens avrinningsförhållanden kan antas vara delvis relativt nya. Utifrån avrinningsförhållandena inom utredningsområdet kan dock konstateras att det föreligger en risk för översvämningsproblem i de låglänta delarna vid händelse av skyfall. En översiktlig illustration av avrinningsvägar och lokala lågpunkter som kan översvämmas vid skyfall inom och omkring utredningsområdet för befintlig situation visas i Figur 6-1.



Figur 6-1. Illustration över ungefärliga avrinningsvägar vid skyfall för befintlig situation. Utredningsområdets ungefärliga utbredning har markerats med en blåstreckad ellips. Bakgrundskarta: © OpenStreetMaps bidragsgivare, tillgänglig under licensen Open Database License.

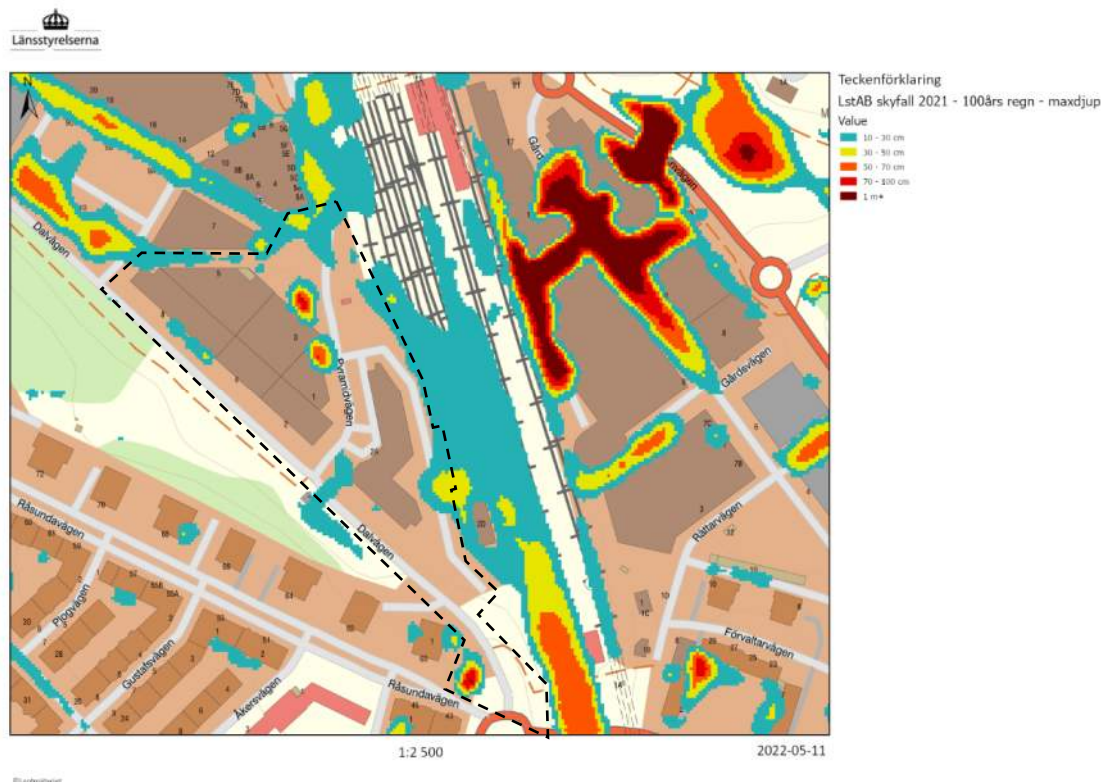
6.2. Ytvatten

Enligt tillgängliga översvämningskarteringar (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2022) föreligger inga risker för översvämningsproblem inom utredningsområdet till följd av höga flöden i närliggande ytvatten.

6.3. Befintliga skyfallskarteringar

Länsstyrelsen i Stockholms län (2022) tillhandahåller en skyfallskartering som omfattar 37 tätorter inom Stockholms län, där bland annat Solna stad ingår. Skyfallskarteringen studerar översvämningsproblem från klimatjusterade 100- och 500-årsregn med varaktighet 6 timmar, och visar bland annat modellerade maximala översvämningsytor och maximala vattendjup. Ett utdrag som visar modellerad maximal översvämningsutbredning och

maximalt översvämningsdjup för ett 100-årsregn med 6 timmars varaktighet, vilket resulterar i en total regnvolymer på 109 mm. Översvämningsens utbredning redovisas i Figur 6-2.



Figur 6-2. Utdrag från Länsstyrelsens skyfallskartering för maximalt översvämningsdjup vid ett klimatkompenserat (klimatfaktor 1,3) 100-årsregn med 6 timmars varaktighet, totalt 109 mm (Sweco, 2020).

6.4. Skyfallsanalys

En skyfallsanalys för utredningsområdet har utförts med modelleringsverktyget Scalgo Live, en modell som baseras på Lantmäteriets terrängdata och modellerar ytliga flödesvägar och vattenansamlingar utifrån terränghöjning och lokala lågpunkter.

6.4.1. Metod och val av metodik

I länsstyrelsernas rekommendationer för hantering av översvämmning till följd av skyfall – stöd i fysisk planering (Länsstyrelserna, 2018) rekommenderas att ny byggelse planeras så att den inte tar skada eller orsakar skada vid en översvämmning från minst ett 100-årsregn, och att risken för översvämmning från ett 100-årsregn bedöms i detaljplan och eventuella skyddsåtgärder säkerställs. Detta innebär att man, förutom att höjdsätta området korrekt, behöver bedöma behov av eventuella övriga skyfallsåtgärder, samt deras placeringar och vattenvolymer. Vad gäller bedömningar av vattenvolymer för skyfallsåtgärder är det viktigt att de blir tillräckligt stora eller större för att inga skador skall orsakas av skyfall, det vill säga att det är viktigt att inte beräkna eller modellera

fram för små vattenvolymer för skyfallsåtgärder (exempelvis genom att anta att infiltration i mark fungerar över tid vid skyfall).

Scalگو Live är ett program som bland annat visualiserar ytliga avrinningsvägar och utbredning av lågpunkter och instängda områden. Till skillnad mot traditionella lågpunktskarteringar tar Scalگو Lives metodik hänsyn till hur mycket regn som antas nå lågpunkterna. Detta förbättrar bedömningen av hur risken för eventuella översvämningsskador påverkas av nederbördshändelsens storlek. En begränsning i Scalگو Live är att det inte tar hänsyn till rinntid, vilket innebär att modellen beräknar totala vattenvolymer som når varje punkt och hur dessa samlas upp i lågpunkter, och inte vilka flöden (i liter/sekund) som genereras. Scalگو Live baseras på Lantmäteriets nationella höjdmödel med upplösning 1x1 meter. I Scalگو Live ingår inga avdrag för infiltration i mark eller avledning i ledningar, utan all nederbörd som faller inom avrinningsområdet beräknas avrinna på ytan.

En hydraulisk skyfallsmodell modellerar vattenflöden och volymer över tid. I en hydraulisk skyfallsmodell finns alltså en tidsaspekt med som innebär att vatten från ytor längre upp i ett avrinningsområde når en viss punkt senare än vatten från mer närliggande ytor. Delar av vattnet från mer närliggande ytor har då hunnit transporteras vidare nedströms och belastar därmed inte längre eventuella lågpunkter i modellresultatet när vatten från ytor belägna längre uppströms når dessa.

Hydrauliska skyfallsmodeller simulerar också infiltrationsförmågan i grönytor och avledning via ledningsnätet. Detta innebär att en del av den nederbörd som faller inte bedöms bilda ytavrinning, och därmed inte bedöms bidra till marköversvämningar. I exempelvis Länsstyrelsen Stockholms läns skyfallskartering (Sweco, 2020) görs ett schablonavdrag för ledningsnätets kapacitet motsvarande att ett klimatanpassat CDS-regn med 10 års återkomsttid och klimatfaktor 1,3 dras bort från den totala nederbördsmängden för alla hårdgjorda ytor och ett avdrag för markinfiltration görs för olika typer av genomsläppliga markytor. Stockholm Vatten och Avfall har i sin skyfallsmodell för Huddinge kommun gjort ett generellt avdrag för ledningsnätet motsvarande ett 10-årsregn (Stockholm Vatten och Avfall, 2019) och en dynamisk beräkning för uppfyllnad av markmagasin. Dessa bedömningar och simuleringar gör att vattenvolymer minskar och därmed eventuella skyfallsåtgärders volymbehov.

Ovanstående innebär att de beräknade vattenvolymer för skyfallsåtgärder (totala vattenvolymer) blir mindre i en hydraulisk skyfallsmodell, jämfört med i Scalگو Live, med i övrigt lika indata.

I Stockholm Vatten & Avfall (2019) ges förslag på metodik för användning av Scalگو så att den efterliknar resultaten från den hydrauliska skyfallsmodellen. Enligt metodiken görs ett avdrag för ledningsnätets kapacitet respektive infiltration i grönytor genom att minska den modellerade nederbördsmängden. I metodiken rekommenderas att det för ett avrinningsområde som till merparten är hårdgjort bör användas en nederbördsmängd på minimum 30 mm i Scalگو (motsvarande ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 och varaktighet 6 h, med avdrag för ledningsnätets kapacitet).

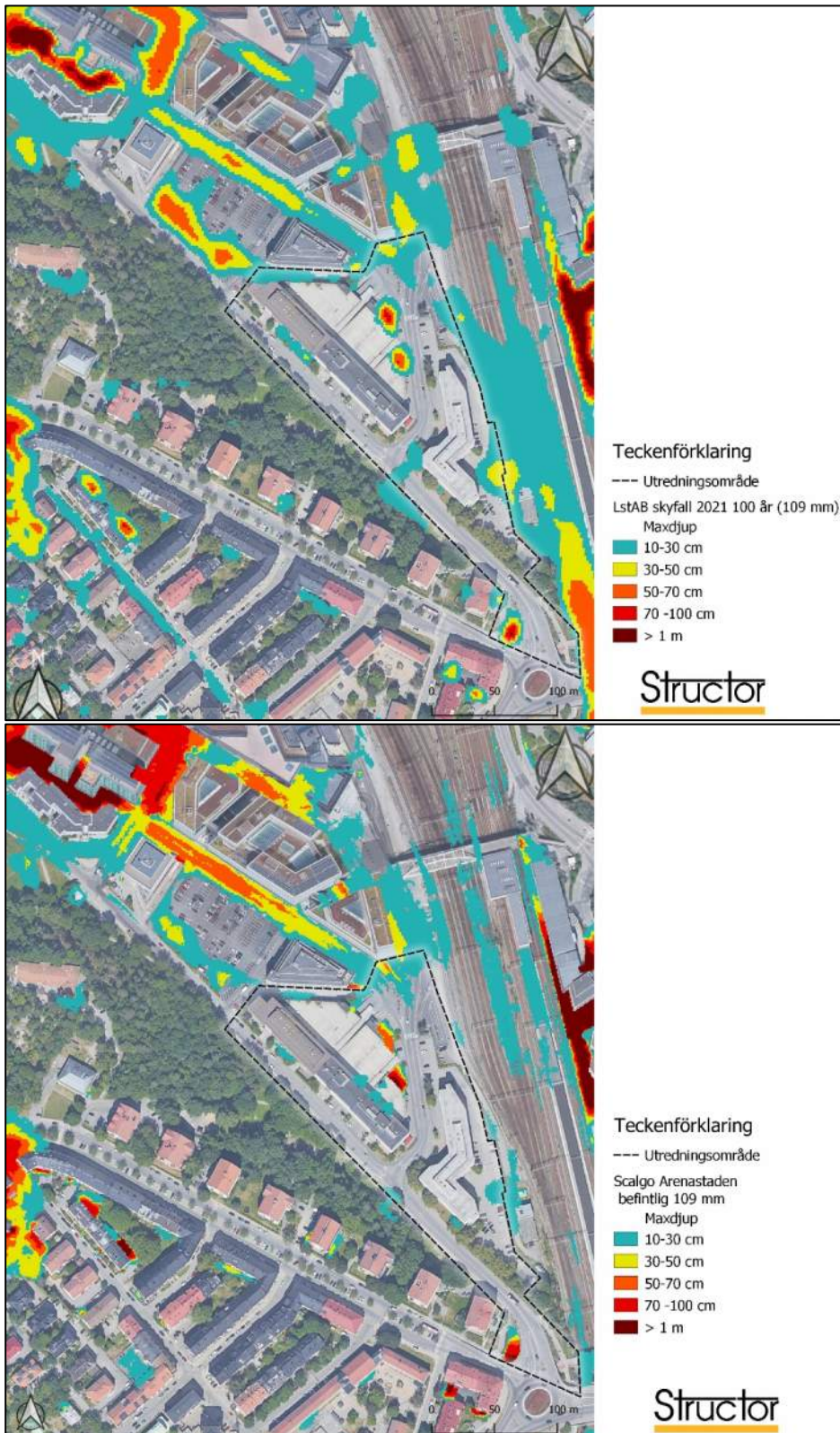
Baserat på tillgängliga indata i detta skede av projektet, att området är hårdgjort, relativt litet med relativt korta rinntider och att Scalgo Live ger större totala översvämningsvolym och översvämningsdjup än en hydraulisk skyfallsmodell, med i övrigt lika indata, har Scalgo Live använts för att identifiera viktiga flödesstråk, lämpliga ytor för skyfallsåtgärder och för att beräkna de totala vattenvolymer som når dessa ytor vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Den nederbörds mängd som använts i denna utredning är 48 mm (se ovanstående stycke för SVOA:s metodik). Som nämns ovan tar Scalgo Live inte hänsyn till rinntider utan beräknar den totala vattenvolym som passerar i rinnstråk och lågpunkter under en hel nederbördshändelse.

Användningen av Scalgo Live kan betraktas som en konservativ beräkning ("värsta scenariot") i jämförelse med en hydraulisk skyfallsmodell, där översvämningsvolymerna beror av en tidsfaktor, och där en del vatten således redan har hunnit lämna området vid den största skyfallsutbredningen, och en viss andel av nederbörden antas kunna avledas via ledningsnätet eller tas upp i markmagasin. Detta gör att de beräknade vattenvolymerna med Scalgo Live bedöms som större än de hade blivit beräknade i en hydraulisk skyfallsmodell, vilket ger extra trygghet vid skyfall.

De extra vattenvolymerna i skyfallsåtgärderna som beror på användandet av Scalgo Live, och som ger extra trygghet vid skyfall, planeras att utföras i befintliga och planerade nödvändiga ytor såsom mångfunktionella lösningar i enlighet med Länsstyrelserna (2018), exempelvis skyfallsyta i cirkulationsplats, multifunktionell yta i parkområde och parkeringsyta, vilket gör att de extra vattenvolymerna för skyfallsåtgärderna påverkar utformningen marginellt.

I Figur 6-3 visas en jämförelse mellan Länsstyrelsens skyfallskartering (övre) och skyfallsanalys i Scalgo Live (nedre) med maximalt översvämningsdjup vid ett klimatkompenserat (klimatfaktor 1,3) 100-årsregn, totalt 109 mm. Dock skiljer sig indata åt, vilket gör att jämförelsen inte är helt korrekt. Generellt sett har skyfallsanalysen i Scalgo Live större översvämningsdjup än Länsstyrelsens skyfallskartering och översvämningsutbredningarna skiljer sig åt i vissa delar. Att översvämningsdjup och översvämningsutbredningar skiljer sig åt i jämförelser i Figur 6-3 kan bland annat förklaras med skillnaderna i upplösningen i de höjdm modeller som har använts som indata i dessa fall. Länsstyrelsens skyfallskartering använde Lantmäteriets Nationella Höjdmmodell med en upplösning på 2 x 2 meter, medan skyfallsanalysen i Scalgo Live har använt en upplösning på 1 x 1 meter. De olika upplösningarna gör att länsstyrelsens lågpunkter ofta är mer utbredda och mindre djupa, medan Scalgo Live ger en mer verklighetsnära och detaljerad bild av lågpunkterna, med mer avgränsade ytor och ofta större djup. En ytterligare skillnad är att i Länsstyrelsens skyfallskartering har höjdsättning/flödesvägar lagts in, för att leda vatten, som bedöms stämma bättre överens med verkligheten. Ett sådant område är spårområdet, med tillflöde av vatten från överdäckningen i söder och i öster (från utanför aktuellt utredningsområde), vilket gör att det bedöms vara mer vatten i spårområdet i Länsstyrelsens skyfallskartering. De här faktorerna ger vissa skillnader i översvämningsdjup och översvämningsutbredningar. Väsentligt är att skyfallsanalysen i Scalgo Live inte missar några "problemområden" som Länsstyrelsens skyfallskartering

har med. Därutöver är det viktigt att samma typ av skyfallsanalys används för att jämföra planerad situation med befintlig situation, vilket görs här. Viktigt är också att de problemområden som har identifierats har åtgärdats i planen genom höjdsättning och fördröjning.



Figur 6-3. Jämförelse mellan Länsstyrelsens skyfallskartering (övre) och skyfallsanalys i Scalgo Live (nedre) med maximalt översvämningsdjup vid ett klimatkompenserat (klimatfaktor 1,3) 100-årsregn på totalt 109 mm.

6.4.2. Implementering

Indata och korrigeringar

En analys av rinnstråk och lågpunkter har utförts både för befintliga markförhållanden och för planerad framtida höjdsättning inom utredningsområdet. Befintliga markförhållanden har delvis korrigerats i höjdmodellen, eftersom exempelvis GC-tunnlar under vägar och järnvägstunnlar i söder inte fanns representerade i modellen. För att representera GC-tunnlarna har trummor och kulvertar lagts in i modellen, vilka skapar en hydraulisk koppling mellan områdena. För att representera effekten av järnvägstunnlarna i söder, som inte finns representerade i modellen, har ett antagande gjorts att det vatten som rinner mot tunnelmynningarna från Frösundaledens södra vägbana och söder därom rinner in mot tunnlar, och vatten från Frösundaledens norra vägbana och norr därom i stället avrinner norrut mot spårområdet. För att representera detta i modellen har en vall lagts in i höjd med Frösundaleden.

Planerad framtida utformning har hämtats från *Situationsplan etapp 1*, daterad 2021-09-29 med senaste revidering 2022-05-09, och från dwg-filen A-40-V-100, erhållen 2021-09-15, som utgör en 3D-modell över området. Placering av planerade byggnader har hämtats från förstnämnda fil. Ett urval planerade marknivåer har hämtats manuellt från 3D-modellen och lagts in i Scalgo Live, varpå mellanliggande höjder har ansatts genom linjär interpolation. I området inom och runt de planerade skyfallshanteringsytorna (vid cirkulationsplatsen längs järnvägen och längs Dalvägen söder om planerad tunnelbanestation, se kapitel 6.5) har höjder tagits ut med en högre upplösning än i övriga delar av området eftersom dessa varit av särskilt intresse ur skyfallshanterings- och översvämningssynpunkt. En övergripande manuell jämförelse av 3D-modellens höjder och de modellerade rinnvägarna i Scalgo utfördes för att säkerställa att dessa stämde överens.

Nederbörd

För att analysera översvämningssituationen inom och intill utredningsområdet har modellerna för befintlig respektive framtida utformning belastats med ett regn med återkomsttid 100 år. I planerad situation har klimatfaktor 1,25 använts. För att beräkna den nederbördsmängd som motsvarar detta regnscenario har hänsyn tagits till områdets rinntid, som beräknats utifrån avrinningsområdets längsta rinnsträcka och en antagen rindhastighet på 0,5 meter/sekund, enligt Svenskt Vatten P110. Den längsta rinnsträckan uppmättes till cirka 600 meter, vilket ger en rinntid för området på cirka 20 minuter. Ett blockregn med 100 års återkomsttid och en dimensionerande regnvaraktighet likställd med områdets rinntid har, enligt Svenskt Vatten P110, en regnintensitet på cirka 323 liter/sekund. Multiplicerat med regnets varaktighet blir den totala nederbördsmängden under nederbördshändelsen cirka 38 mm (=38 liter/m²). Med klimatfaktor 1,25 blir den totala nederbördsmängden, som implementeras i modellen för planerad situation, cirka 48 mm.

6.4.3. Resultat

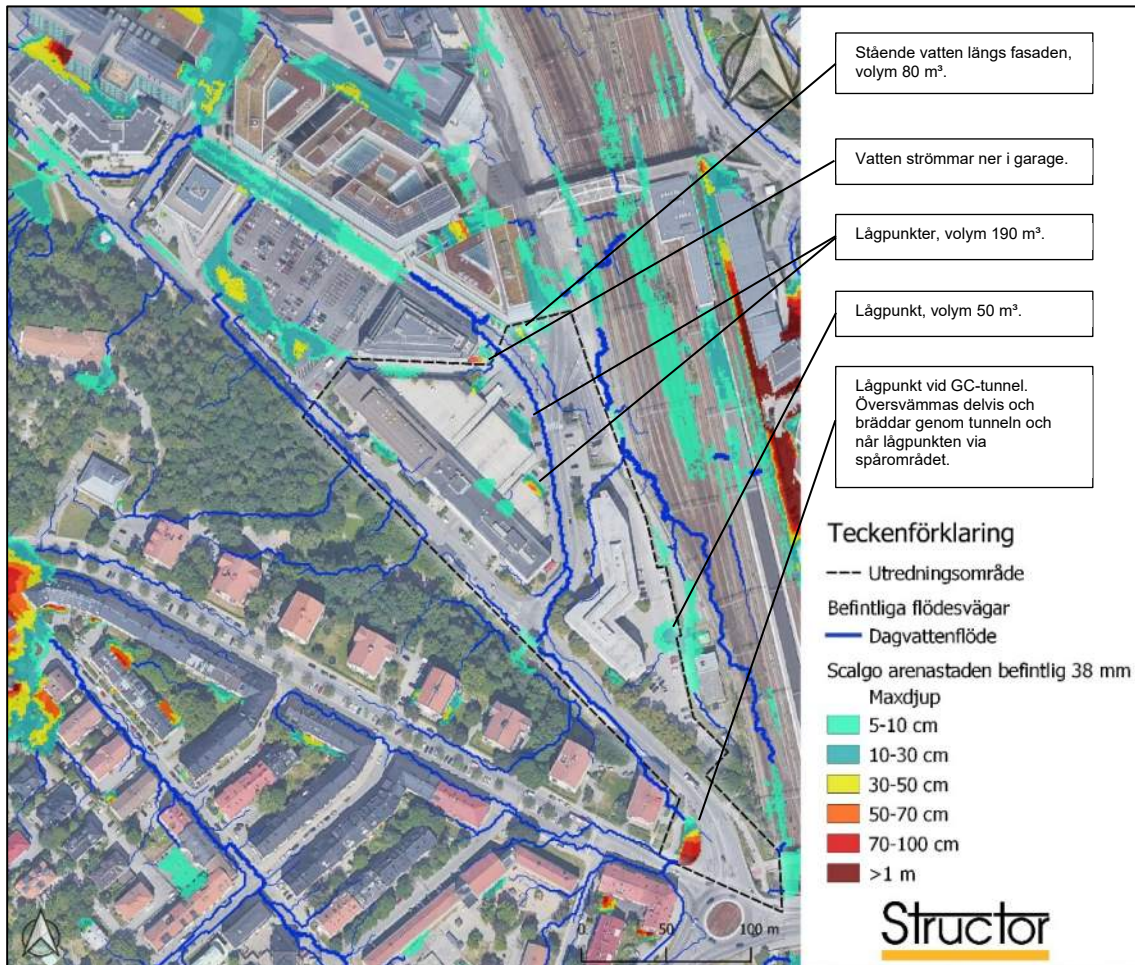
Resultatet från modelleringen visar att området i korsningen Pyramidvägen/Råsta Strandväg, intill spårområdet i utredningsområdets norra del, utgör en lågpunkt för såväl befintlig som planerad situation. Denna lågpunkt har för befintlig situation ett avrinningsområde på cirka 10 hektar, och för planerad situation ett avrinningsområde på cirka 11 hektar. Det större avrinningsområdet för planerad situation beror inte på en förändrad höjdsättning utan på att den större nederbördsmängden som uppstår till följd av klimatfaktorn (48 mm jämfört med 38 mm) innebär att flera lokala lågpunkter i systemet, som klarar av att i sin helhet magasinera den lägre nederbördsmängden, fylls upp helt med vatten och bräddar vidare mot lågområdet intill spåret.

Avrinningsstråk och lokala översvänningsområden, för befintlig och planerad situation, visas tillsammans med kommentarer i Figur 6-4 respektive Figur 6-5. En sammanställning av modellerade vattenvolymer som uppstår inom avrinningsområdet och de volymer som beräknas belasta nedströms liggande områden, för befintlig och för planerad situation, visas i Tabell 6-1. Resultaten visar att skyfallsvolymerna förväntas öka för planerad situation, dock uteslutande till följd av klimatförändringarna. En större vattenvolym än idag förväntas dock kunna kvarhållas inom utredningsområdet tack vare de planerade skyfallshanteringsytorna vid cirkulationsplatsen längs Råsta Strandväg, längs Dalvägen söder om planerad tunnelbanestation och en svagt skålad parkeringsyta under Råsta Strandvägs nya sträckning (se kapitel 6.5). Detta innebär att den volym som belastar nedströms liggande områden minskar, se Tabell 6-3. Om hänsyn tas till klimatfaktorn även i befintlig situation ses en minskad belastning på nedströms liggande områden till följd av planens genomförande, även utan de planerade skyfallshanteringsytorna.

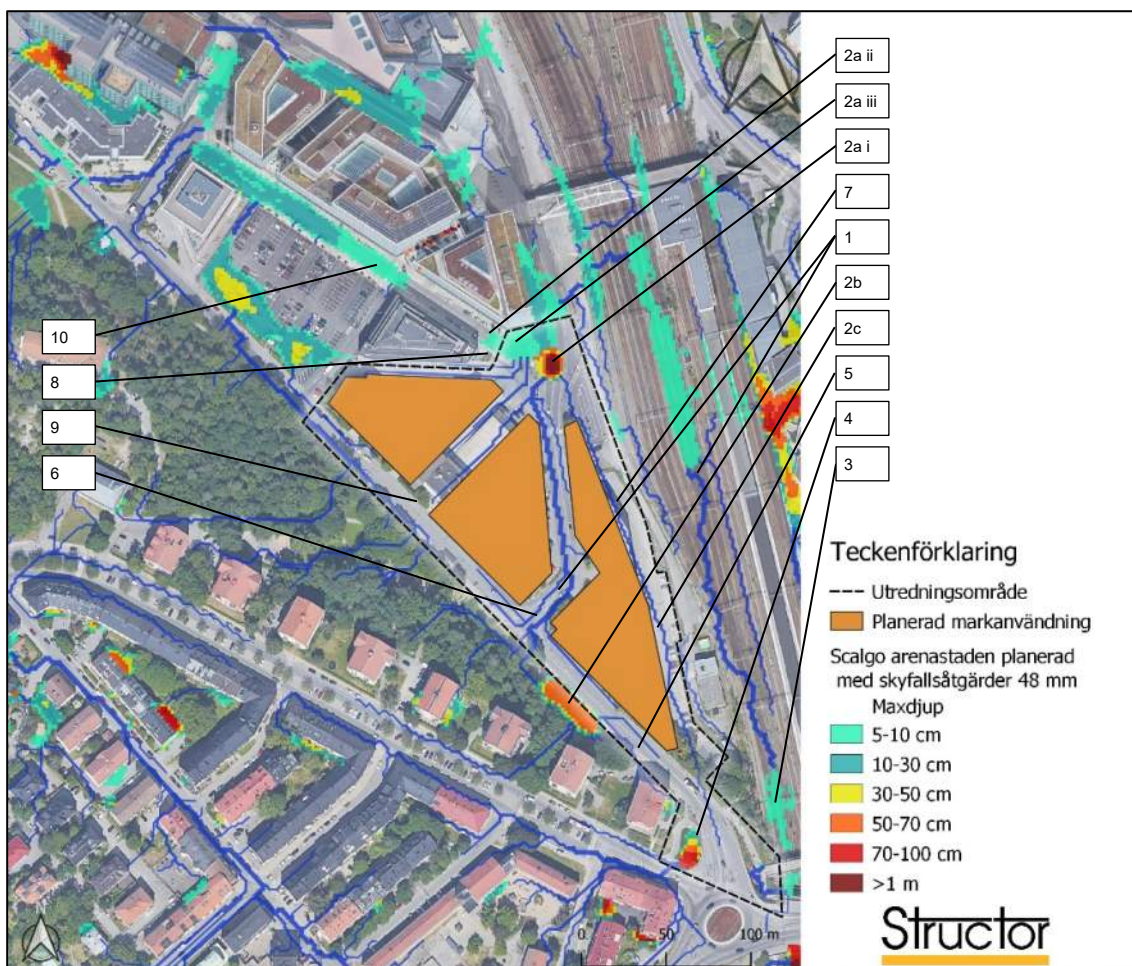
Tabell 6-1. Skyfallsvolymer inom avrinningsområdet till lågpunkten inom utredningsområdet (cirkulationsplatsen), utan effekten av föreslagna skyfallsåtgärder i planerad situation, vid ett 100-årsregn med 20 minuters varaktighet.

	Befintlig situation		Planerad situation
	Exkl. klimatfaktor (38 mm)	Inkl. klimatfaktor (48 mm)	Inkl. klimatfaktor (48 mm)
Bildad vattenvolym inom avrinningsområdet	3 400	4 450	4 250
Fördröjning i lågpunkter ⁽¹⁾	530	580	400
Bräddning mot nedströmsliggande områden	2 870	3 870	3 850

⁽¹⁾Avser lågpunkter som förekommer i terrängen inom avrinningsområdet, och där vatten enligt modellen kommer att ansamlas vid skyfall. Lågpunkterna utgör alltså inte egentliga skyfallsanläggningar.



Figur 6-4. Avrinningsstråk och lokala översvämningsområden för befintlig situation vid 38 mm nederbörd, motsvarande ett 100-årsregn med varaktighet 20 minuter exklusive klimatfaktor, i Scalgo Live.



Figur 6-5. Avrinningsstråk och lokala översvänningsområden för planerad situation vid 48 mm nederbörd, motsvarande ett klimatkompenserat 100-årsregn med varaktighet 20 minuter, i Scalgo Live. Numreringen beskrivs nedan.

Figur 6-5 visar avrinningsstråk och lokala översvänningsområden i planerad situation. Där kan bland annat följande observeras:

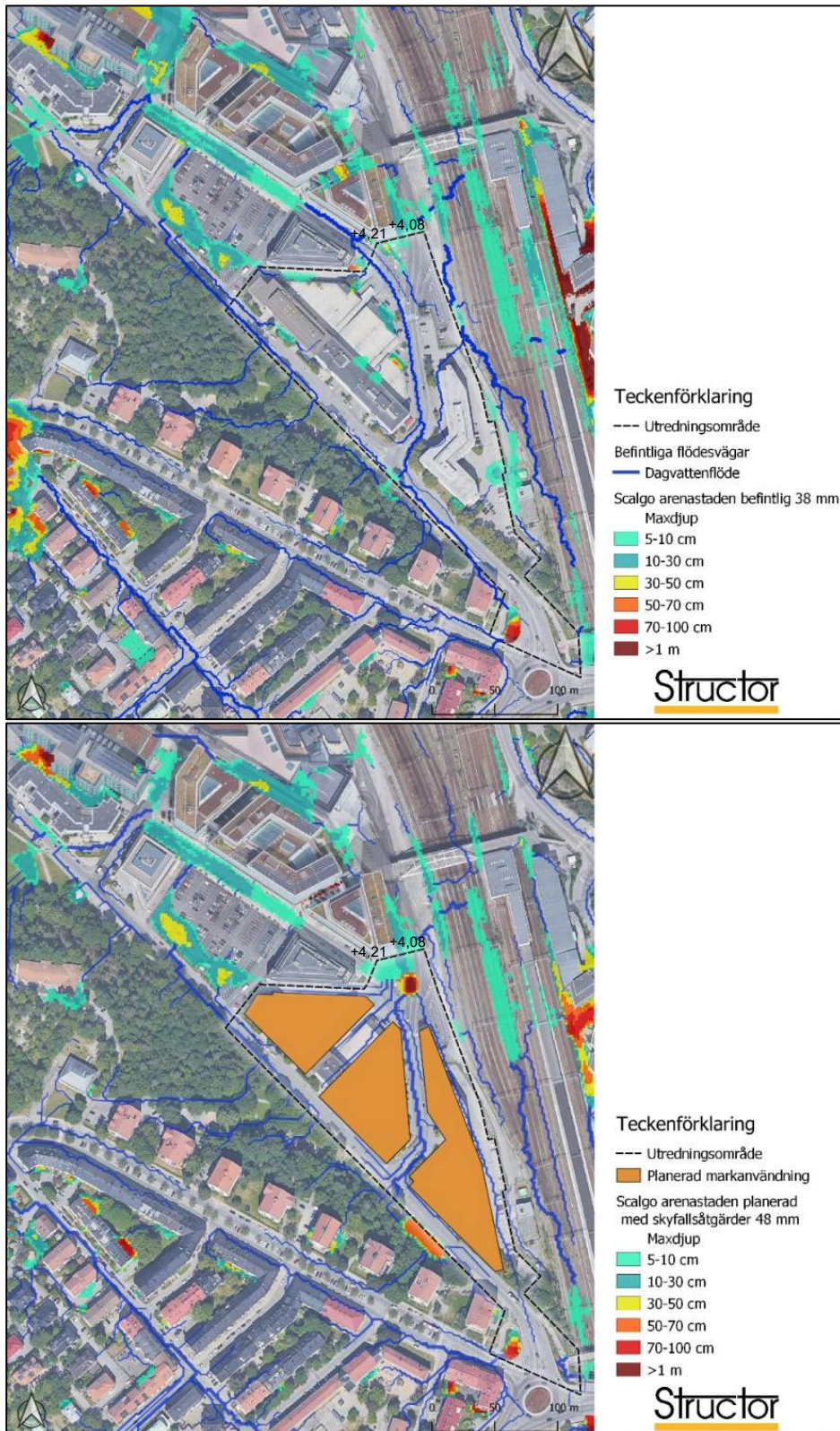
1. Avrinningsområdet till lågpunkten vid cirkulationsplatsen är cirka 11 hektar. Det vatten som når cirkulationsplatsen kommer huvudsakligen via avrinningsvägar från spårområdet och från Dalvägen/Pyramidvägen i söder.
2. Inom utredningsområdet föreslås tre ytor nyttjas för skyfallshantering:
 - a. En planerad cirkulationsplats intill spårområdet, vid mötet Pyramidvägen/Råsta Strandväg utformas med en skålad grönyta i mitten (kapitel 6.5.1).
 - i. Den skålade grönytan kan rymma 80 m³. Med höjdsättning av körbanorna enligt 3D-modell kan ytterligare 190 m³ vatten kvarhållas inom cirkulationsplatsen vid skyfall, utan att

- framkomligheten för utryckningsfordon påverkas. Totalt kan således 270 m³ vatten hanteras i cirkulationsplatsen vid skyfall.
- ii. Tröskelnivå för bräddning vidare längs Pyramidvägen åt nordväst är enligt 3D-modellen +4,21, vilket utgör befintlig tröskelnivå i gatan. Höjdsättning av Pyramidvägen åt nordväst förändras således inte jämfört med idag, vilket också innebär att högsta översvämningarnivå i lågområdet inte ökar jämfört med idag. Befintlig byggnad norr om cirkulationen påverkas därmed inte negativt, då den har vatten stående mot fasad även i befintlig situation och vattennivåerna inte kommer stiga i planerad situation. Snarare kommer sannolikheten för situationer med stående vatten mot fasaden minska jämfört med befintlig situation, tack vare föreslagna skyfallsåtgärder.
 - iii. Vattendjupen inom rondellen beräknas inte påverka framkomligheten för utryckningsfordon, då samtliga gator kan nås utan att passera den del av cirkulationen där störst vattendjup förväntas. Körbanans skevning innebär också att vattendjupen är mindre i körbanans ytterkant. Se vidare kapitel 6.5.1.
- b. En multifunktionell yta längs Dalvägen, intill den planerade tunnelbanestationen (kapitel 6.5.2), utformas för att kunna magasinera 300 m³ vid skyfall.
 - c. En planerad parkeringsyta under Råsta Strandvägs nya sträckning utformas med en svag skålning där 120 m³ vatten kan ansamlas ytligt vid skyfall (kapitel 6.5.3). Inom skålningen kan vatten ansamlas till ett djup på cirka 15 cm, vilket innebär att ytan kan samordnas med parkering utan risk för skador på fordon.
3. Vatten som faller i området runt den södra entrén till Solna station avrinner mot lågpunkten i cirkulationen, via spårområdet. Ytor och flöden över spårområdet bedöms inte öka vid en eventuell senare överdäckning av spårområdet. Beroende på hur överdäckningen utformas kan spårområdet snarare komma att avlastas genom att vattnet delvis i stället avrinner längs Dalvägen eller till anläggningar öster om spårområdet.
 4. Detsamma gäller en lågpunkt vid GC-tunnel väster om stationen, som kommer fungera som en skyfallsyta där nederbörd kan ansamlas vid skyfall. Alternativa vägar över ovanliggande gator finns för gångtrafikanter framkomlighet. Beroende på hur en eventuell överdäckning höjdsätts kommer vatten från lågpunkten, när den fyllts till sin bräddningsnivå, att brädda ned mot spårområdets västra sida, och då nå den skålade parkeringsyta som föreslås under Råsta Strandväg (se punkt 2c). Efter eventuell kommande överdäckning av spårområdet kan bräddning komma att ske antingen fortsatt mot spårområdets västra sida eller via Dalvägen, beroende på hur överdäckningen höjdsätts i anslutning till GC-tunneln.
 5. Dalvägens sträckning mellan stationsområdet och Pyramidvägen enkelskevas västerut för att vid skyfall möjliggöra ytlig avledning av vatten som rinner längs gatumarken till den multifunktionella ytan (punkt 2b). Vid inlopp från gatan mot den multifunktionella ytan används ingen, eller nollad, kantsten för att

- säkerställa att vattnet ges fri inströmningsväg. Med hänsyn till Dalvägens längslutning behövs nollad kantsten längs en längre sträcka, alternativt behöver vattnet bromsas upp genom att upphöjningar anläggs i gatan direkt nedströms inloppsvägen. Totalt passerar cirka 400 m³ ytan, cirka 300 m³ från punkthusen i sydväst, ytterligare cirka 100 m³ längs Dalvägen. Den multifunktionella ytans magasinierande kapacitet har maximerats utifrån tillgängligt utrymme med hänsyn till omgivande ledningar med mera.
6. Dalvägen höjdsätts så att vatten, vid så kraftiga skyfall att den multifunktionella ytans kapacitet överskrids, bräddar vidare över gatan och avrinner vidare ned längs Pyramidvägen mot cirkulationsplatsen. Höjdsättningen säkerställer också att varken tunnelbanestationen eller den intilliggande nätstationen påverkas.
 7. Den planerade skålade parkeringsytan under Råsta Strandväg, punkt 2c, samlar upp vatten som avrinner längs spårområdet västra sida och slutningen mot Råsundavägen/Frösundaleden i söder och avlastar därmed både det intilliggande spårområdet och lågpunkten i cirkulationsplatsen längre norrut. Från lågpunkten anläggs ett bräddutlopp under Råsta Strandväg som ansluter till cirkulationsplatsen, se Figur 6-11. Se vidare kapitel 6.5.3.
 8. Vid garagednfart intill cirkulationsplatsen anläggs en puckel i form av upphöjt farthinder direkt ovan infartsrampen, för att säkerställa att vatten inte tränger in i garaget utan i stället bräddar vidare längs Pyramidvägen åt nordväst.
 9. Den nya gatan som planeras från Dalvägen ned mot cirkulationsplatsen, mellan det planerade bostadshuset och Kv. Farao, höjdsätts så att det skapas en tröskel i korsningen med Dalvägen som får det vatten som når korsningen att avrinna längs Dalvägen åt nordväst, vilket är den väg vattnet tar i befintlig situation. Detta för att undvika att de vattenvolymer som når cirkulationsplatsen ökar till följd av ett utökat avrinningsområde till cirkulationen.
 10. Bräddningsnivåerna från detaljplaneområdet och nedströms, exempelvis +4,21 norrut mot Pyramidvägen, ändras inte utan är desamma i planerad situation som i befintlig situation, se Figur 6 6. Detta gör att planerade skyfallsåtgärder som minskar flödesvolymerna inom detaljplaneområdet förbättrar situationen och minskar risken för skador på bebyggelse nedströms detaljplaneområdet. Exempel på skyfallsåtgärd som förbättrar skyfallssituationen nedströms detaljplaneområdet längs Pyramidvägen är cirkulationsplatsens ökning av skyfallsåtgärder från 80 m³ till 270 m³.

En jämförelse av flödesvägar och översvämningsutbredning mellan befintlig situation (38 mm nederbörd, motsvarande ett 100-årsregn med varaktighet 20 minuter, exklusive klimatfaktor, modellerat i Scalgo Live) och planerad situation (48 mm nederbörd, motsvarande ett 100-årsregn med varaktighet 20 minuter, inklusive klimatfaktor) visas i Figur 6-6.

Vid planerad situation (nedre i Figur 6-6) ser man att skyfallsflödet når skyfallsytan i cirkulationsplatsen och skyfallsåtgärden i den multifunktionella ytan i parkområdet längs Dalvägen. Bräddningsnivåerna +4,21 (Pyramidvägen) och +4,08 till området nedströms detaljplaneområdet är lika för befintlig situation och för planerad situation.



Figur 6-6. En jämförelse mellan befintlig situation och planerad situation, modellerat i Scalgo Live. Bräddningsnivåerna +4,21 och +4,08 till nedströms detaljplaneområdet är desamma i befintlig och planerad situation.

6.5. Hantering av skyfall inom utredningsområdet

Modelleringsresultaten visar på ökade skyfallsvolymer inom utredningsområdet för planerad situation till följd av de ökade nederbördsvolymerna som förväntas på grund av klimatförändringarna, se Tabell 6-1. För att förbättra skyfallssituationen inom utredningsområdet, som redan idag kan förväntas vara utsatt för översvänningsrisker vid skyfall, föreslås att skyfallsytor och multifunktionella ytor anläggs på lämpliga platser inom avrinningsområdet.

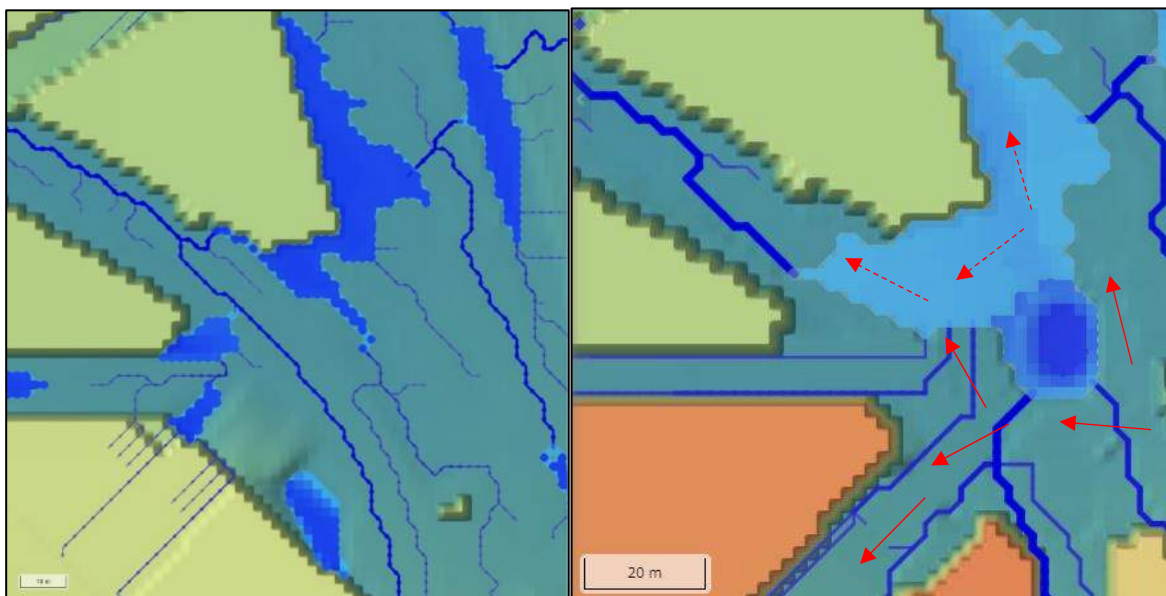
6.5.1. Skyfallsyta i cirkulationsplats

Den planerade cirkulationsplatsen vid Råsta Strandväg, intill spårområdet, ligger i en naturlig lågpunkt där det i dagsläget samlas vatten från flera håll till dess att lågpunkten fylls upp och bräddning sker mot Pyramidvägen i nordväst, se Figur 6-1. I dagsläget ansamlas vatten vid skyfall enligt modellen vid närliggande byggnaders fasader och garagedörrar, vilket riskerar att ge upphov till översvämningar i garage, källare och bottenvåningar. För att reducera översvänningsriskerna planeras cirkulationsplatsen därför att utformas som en skyfallshanteringsyta, med en nedsänkt grönyta i cirkulationsplatsens mitt och lågt liggande gatunivåer som kan leda bort vatten från byggnader. Körbanan runt cirkulationsplatsen kommer att skeva in mot den nedsänkta grönytan. Grönytan har därmed också en funktion för rening av dagvatten från omgivande körytor och från Råsta Strandvägs nya broförlagda sträckning i söder. Gatunivåer längs Pyramidvägens vidare sträckning åt nordväst kommer inte förändras jämfört med befintlig situation.

En jämförelse mellan modellerade översvämningar för befintlig respektive planerad situation visas i Figur 6-7. För planerad situation kan lågområdet enligt modellen magasinera cirka 270 m³ vatten, inom den centrala skyfallsytan (80 m³) och i små översvänningsdjup över delar av cirkulationsplatsen (190 m³). Detta kan jämföras med befintlig situation där totalt cirka 80 m³ kvarhålls inom området, och då till största delen intill befintlig byggnad i norr. För planerad situation fungerar skyfallshanteringsytan i cirkulationsplatsens mitt och delar av körytorna som översvänningsytor med små översvänningsdjup, som därmed avlastar områdena längre nedströms samtidigt som den modellerade översvänningsutbredningen mot intilliggande byggnader minskar.

Passage för utryckningsfordon säkerställs genom höjdsättning av cirkulationsplatsens körbanor. Vatten kan ansamlas i området runt cirkulationsplatsen upp till nivån +4,21 då det bräddar vidare åt nordväst längs Pyramidvägen.

Utifrån planerade gatunivåer runt cirkulationsplatsen innebär detta ett maximalt översvänningsdjup på cirka 12 cm sett till varje enskild sida av cirkulationsplatsen. På cirkulationsplatsens norra sida kommer körbanans skevning, enligt erhållet underlag, innebära att vattendjupen varierar mellan cirka 11 cm i ytterkant, intill gångbanan, och cirka 25 cm i innerkant, intill skyfallsytan. Genom skevningen är således samtliga sidor av cirkulationsplatsen framkomliga för utryckningsfordon även vid översvämning (körbanan är cirka 8 meter bred). De största översvänningsdjupen återfinns i området mellan Pyramidvägen och Råsta Strandvägs sträckning norrut, och samtliga gator går därför att nå med översvänningsdjup mindre än cirka 11 cm.



Figur 6-7. Avrinningsvägar och översvämmade ytor i den naturliga lågpunkten intill spårområdet för befintlig situation (vänster bild) respektive planerad situation (höger bild), modellerat i Scalgo Live. För befintlig situation samlas vattnet i stor utsträckning mot fasader och garagedfarter på närliggande byggnader, och bräddar i övrigt vidare åt nordväst, där vattnet belastar lågpunkter längs Pyramidvägen och Evenemangsgatan. För planerad situation fungerar den nedsänkta ytan i cirkulationsplatsens mitt och delar av körytorna som översvämningsytor, som därmed avlastar områdena längre nedströms och den modellerade översvämningsutbredningen mot intilliggande byggnader minskar. Röda pilar visar vägar i och omkring cirkulationsplatsen där räddningsfordon kan passera. Streckade röda pilar visar passage där översvämningsdjupen enligt modellen blir upp till 0,11 meter (inom hela eller delar av körbanan), vilket fortsatt möjliggör passage för utryckningsfordon.

6.5.2. Multifunktionell yta i parkområde längs Dalvägen

Inom parkområdet sydöst om den planerade T-banestationen längs Dalvägen planeras för ytterligare en skyfallshanteringsyta. Ytan planeras utformas som en multifunktionell yta som till vardags används till andra ändamål, men som vid händelse av extremregn kan tillåtas översvämmas. Ytan är alltså enbart tänkt att motta dagvatten vid extrema nederbördshändelser som överstiger kapaciteten i dagvattenledningsnätet och andra föreslagna anläggningar för dagvattenhantering. Dagvatten från omgivande ytor och Dalvägen omhändertas, i enlighet med Solna stads riktlinjer, lokalt i de regnbäddar (kapitel 5.1.4) som planeras i området och längs Dalvägens sträckning, för att sprida ut dagvattenhanteringen och efterlikna den naturliga vattenbalansen i största möjliga utsträckning. Det är enbart vid skyfall där kapaciteten i dessa överskrids som vatten kommer att brädda vidare till den multifunktionella ytan.

I ytans botten placeras en kupolbrunn eller rännstensbrunn som avleder den nederbörd som faller direkt på ytan till ledningsnätet. Brunnen kommer också ha som funktion att leda bort det vatten som vid skyfall samlas i ytan när det extrema regnet har upphört och ledningsnätet återigen har kapacitet att leda bort dagvatten. Vid skyfall kan eventuellt vatten komma att tryckas upp från ledningsnätet genom kupolbrunnen, beroende på anslutningsnivåer och vattnets trycknivåer i ledningssystemet. Detta skulle innebära att den multifunktionella ytans kapacitet nyttjas för att avlasta ledningsnätet längre nedströms och påverkar inte föreslagen skyfallshantering, eftersom motsvarande

kapacitet då tillgängliggörs i ledningen nedströms. Snarare kan det bidra till en minskad översvämningsrisk nedströms genom att en större del av den vattenhållande kapaciteten nyttjas även vid skyfall som är mindre än 100-årsregn.

Den multifunktionella ytan kan exempelvis utformas som en trappad, plattbelagd torgyta med plan botten eller som en skålad, gräsbeklädd yta. För att undvika risk för att infiltrerande vatten bidrar till en spridning av eventuella befintliga föroreningar i grundvattnet, utförs anläggningen med täta material som förhindrar infiltration, i form av en underliggande tätduk under anläggningens gräsbeklädnad. En principsektion för den multifunktionella ytan, framtagen av Kragh & Berglund (2022-05-03), återges i Figur 6-8.



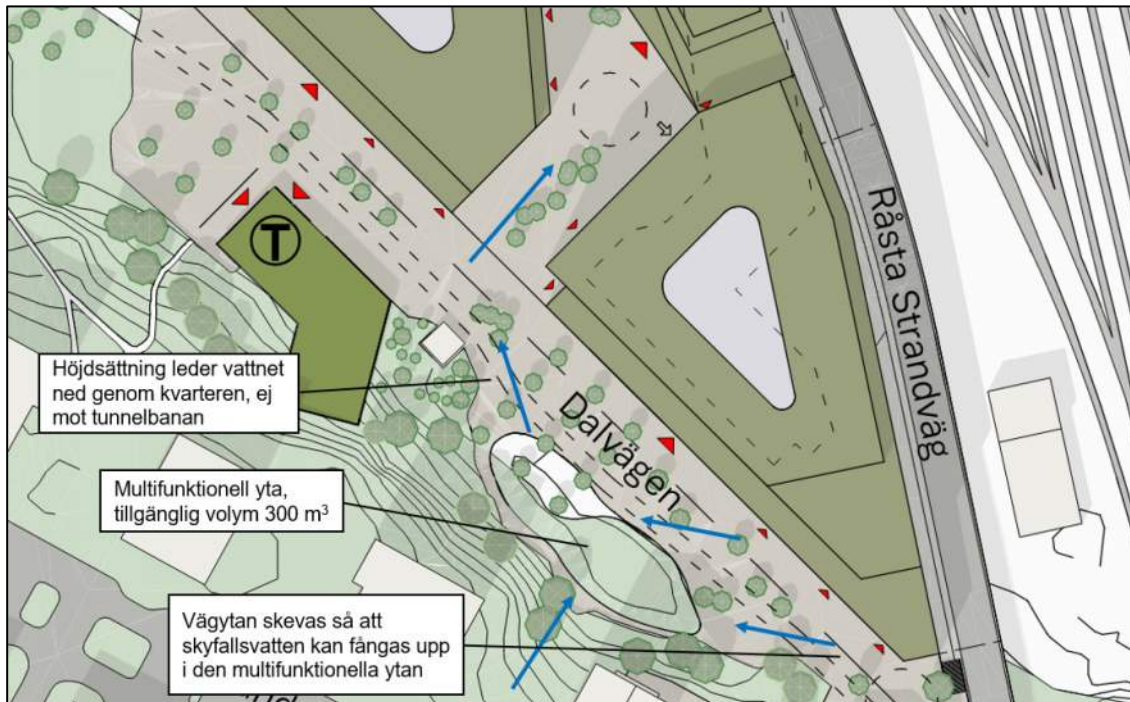
KRAGH & BERGLUND LANDSKAPSARKITEKTER

ARBETSMATERIAL, SEKTION VID SKÅLAD YTA 1:500 A4

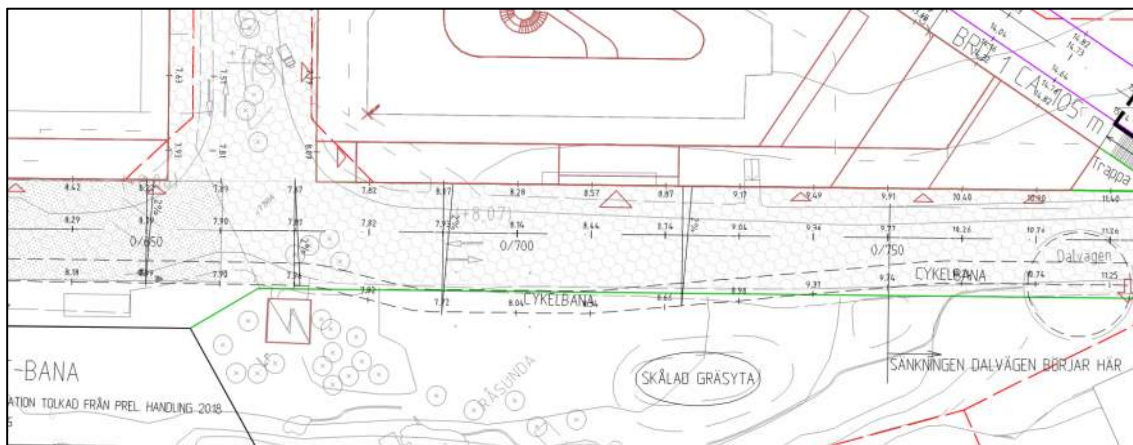
Sunniva Wejlemark, 2022-05-03

Figur 6-8. Principsektion för multifunktionell yta längs Dalvägen (Kragh & Berglund Landskapsarkitekter, arbetsmaterial 2022-05-03).

Vid 48 mm nederbörd, motsvarande ett 100-årsregn med 20 minuters varaktighet, beräknas 400 m³ passera i närheten av den multifunktionella ytan. Med hänsyn till tillgängligt utrymme med ledningsdragningar, byggnader och vägar kommer den multifunktionella ytan kunna få en kapacitet på 300 m³. Anläggningen illustreras i Figur 6-9. Vid nederbördshändelser där den multifunktionella ytans kapacitet överskrids kommer vatten, genom den planerade gatuhöjdsättningen att avledas norrut mot Pyramidvägen och vidare mot skyfallsytan i cirkulationsplatsen. Ett urklipp från gatuhöjdsättningen, som beskrivs i L.T.V AB (2022), återges i Figur 6-10. Planerad höjdsättning innebär att det inte föreligger någon risk för översvämning mot befintlig nätstation i nordväst.



Figur 6-9. Förslag till åtgärd för skyfallshantering i form av en multifunktionell yta intill Dalvägen och planerad T-banestation. Illustrationen är hämtad från situationsplan daterad 2021-09-29, erhållen från Bau.



Figur 6-10. Planerad höjdsättning av gaturummet i närområdet till den multifunktionella ytan. Urklipp från L.T.V AB (2022).

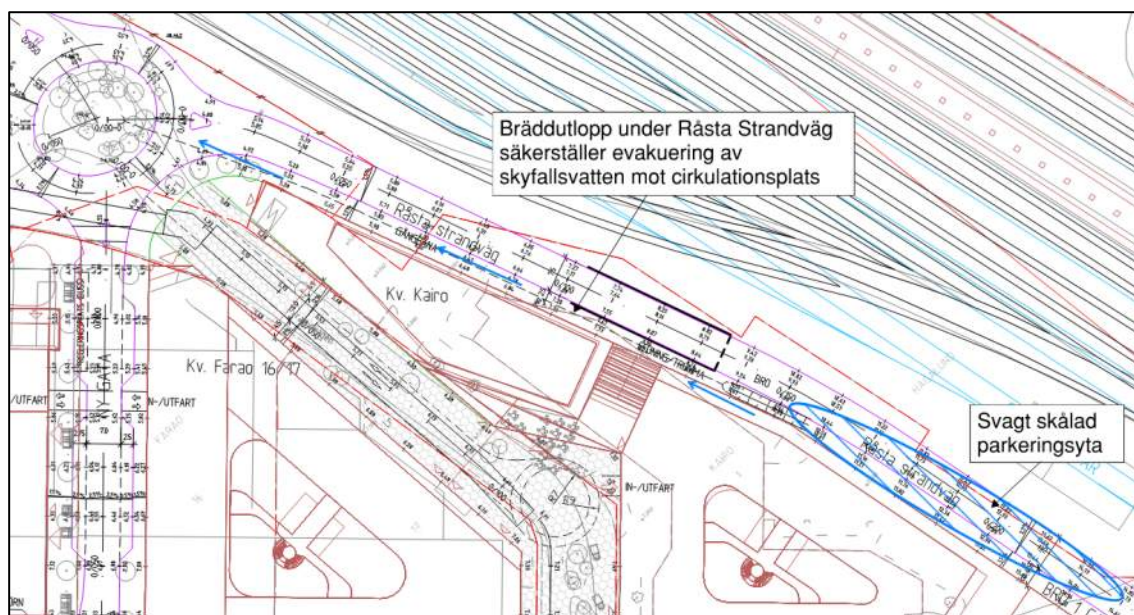
6.5.3. Skyfallsyta under Råsta Strandväg

För att ytterligare förbättra skyfallssituationen och reducera översvänningsriskerna i utredningsområdet och dess omgivning har ytterligare ett åtgärdsförslag tagits fram. Förslaget avser att en skyfallsyta skapas under Råsta Strandvägs planerade sträckning. Skyfallsytan mottar enbart vatten från närområdet (delar av spårområdet och slänten mot Solna station i söder) och kommer inte motta vatten från planerade hårdgjorda ytor inom utredningsområdet. Skyfallsytan kan exempelvis utformas som en svagt skålad

parkeringsyta med en rännstensbrunn i skålens lågpunkt. Vid normala regn är skålningen torr och kan nyttjas för parkeringsändamål, men vid skyfall då ledningsnätet är överbelastat kan skålningen magasinera vatten som då inte riskerar att belasta områden längre nedströms. Parkeringsytan är enligt underlag cirka 90 meter lång och 9 meter bred, vilket ger en area på 810 m². Totalt passerar, enligt modelleringen i Scalgo, 120 m³ vatten platsen vid 48 mm nederbörd, motsvarande ett 100-årsregn med 20 minuters varaktighet. För att kvarhålla hela volymen krävs en skålning med ett medeldjup på strax under 15 cm. Det lilla vattendjupet innebär att ytan kan samordnas med fordonsparkering utan risk för skador på fordonen.

Förslaget innebär enbart marginella förändringar av markhöjderna i området, och eftersom skyfallshanteringen sker i små vattendjup på markytan krävs inga schaktarbeten för anläggandet. Eftersom ytan är förlagd under den planerade bron för Råsta Strandväg kommer ingen dagvattenbildning ske inom ytan, eftersom nederbörden i stället faller på Råsta Strandväg. Beroende på planerad höjdsättning kommer vatten således enbart att nå ytan i skyfallssituationer, och det bedöms därför inte föreligga något behov av andra anläggningar för dagvattenhantering. Åtgärderna för rening och fördröjning av dagvatten utförs i stället för Råsta Strandväg, se kapitel 6.5.1 och Bilaga 2.

Den föreslagna parkerings-/skyfallsytan utgör en lokal lågpunkt som avgränsas av planerad byggnad i väster och spårområdet i öster. För att säkerställa säkra avrinningsvägar från ytan, så att överskottsvatten kan avledas på ett säkert sätt även vid regnhändelser som är större än ett 100-årsregn, skapas ett bräddutlopp i form av en ledning under Råsta Strandväg, intill planerad byggnad, och vidare norrut mot skyfallsytan i cirkulationsplatsen (se kapitel 6.5.1). Utifrån tillrinningsområdet till skyfallsytan behöver ledningen ha kapacitet att avleda cirka 100 liter/sekund för att kunna avleda ett dimensionerande 100-årsregn. Vid händelser där skyfallsytan under Råsta Strandväg fylls kommer överskottsvatten då att brädda vidare norrut, utan att riskera att tränga in mot vare sig byggnaden eller spårområdet. En principskiss, hämtad från L.T.V AB (2022), visas i Figur 6-11.



Figur 6-11. Princip för evakueringsväg för överskottsvatten från den skålade parkeringsytan under Råsta Strandväg. Bild modifierad från L.T.V AB (2022).

6.5.4. Dagvattenanläggningar

Utöver ovanstående åtgärder, särskilt utformade för skyfallshantering, planeras också för dagvattenanläggningar som ska uppfylla kommunens krav på rening och fördröjning av dagvatten. Införandet av sådana anläggningar, för hantering av 20 mm nederbörd, bidrar också till att minska översvämningsvolymerna vid skyfall, eftersom dessa anläggningar ska utformas med en kapacitet på drygt 500 m³ inom utredningsområdet. 40 m³ av dessa, den erforderliga volymen för Råsta Strandväg, föreslås förläggas i cirkulationsplatsens nedsänkta grönyta, och därmed nyttja en del av den där tillgängliga volymen. En volym på 460 m³ kommer således att magasineras i dagvattenanläggningarna inom området och inte belasta nedströms liggande områden vid skyfall, förutsatt att anläggningarna utförs enligt utredningens förslag (se kapitel 5), så att även underjordiska volymer hinner fyllas vid ett skyfall. Kapaciteten kan tillgodoses i skyfallshanteringen tack vare de upphöjda kupolbrunnar som kommer anläggas i regnbäddarna, se kapitel 5.1.4 och Figur 5-6. När den övre fördröjningszonen fyllts kommer vatten att ledas via kupolbrunnarna ner till anläggningarnas dräneringsledningar, som då kommer att leda ut vattnet i anläggningen. Vattnet kan då fylla upp det porösa lagret underifrån, via ledningen, och på det viset utnyttja hela den tillgängliga volymen i anläggningarnas porösa lager även vid skyfall.

6.5.5. Resultat av föreslagna skyfallshantering

Sammantaget har ovan föreslagna åtgärder, inklusive planerade skyfallshanteringsytor, en magasinvolym på 1 150 m³, se sammanställning i Tabell 6-2. Detta innebär att volymen som belastar nedströms liggande områden längs Pyramidvägen och Evenemangsgatan minskar från 2 870 m³ för befintlig situation till 2 700 m³ för

planerad situation, där det för planerad situation också tagits höjd för en ökning av nederbördsvolymerna med 25 % till följd av klimatförändringarna, se Tabell 6-3. Samtidigt kommer översvämningsrisken för bebyggelse inom och intill utredningsområdet att minska eftersom höjdsättningen intill byggnader kan förbättras i samband med ombyggnationerna. Genomförandet av detaljplanen bedöms således ha en positiv inverkan på skyfallssituationen såväl inom som nedströms utredningsområdet. Med föreslagna skyfallsåtgärder beräknas detaljplanens genomförande innebära att framtida ökade nederbördsvolym till följd av klimatförändringarna kan magasineras inom utredningsområdet. Därmed bidrar detaljplanen till att skydda nedströms belägna områden från att bli än värre utsatta för översvämnningar i framtiden.

Tabell 6-2. Sammanställning av anläggningar som kan magasinera vatten vid skyfall, och beräknade tillgängliga volymer inom dessa.

Yta för hantering av skyfall	Tillgänglig volym [m ³]
Multifunktionell yta intill Dalvägen/T-bana	300
Cirkulationsplats	270
Skålad parkeringsyta	120
Dagvattenanläggningar*	460
Totalt	1 150

*Förutsatt att anläggningarna utförs enligt förslag i denna utredning.

Tabell 6-3. Skyfallsvolymer inom avrinningsområdet till lågpunkten inom utredningsområdet (cirkulationsplatsen) vid ett 100-årsregn med 20 minuters varaktighet i befintlig situation jämfört med planerad situation, inräknat samtliga åtgärder för skyfallshantering. För planerad situation avses således fördröjningen en summerad volym från Tabell 6-1 och Tabell 6-3.

	Befintlig situation		Planerad situation
	Exkl. klimatfaktor (38 mm)	Inkl. klimatfaktor (48 mm)	Inkl. klimatfaktor (48 mm)
Bildad vattenvolym inom avrinningsområdet	3 400	4 450	4 250
Fördröjning i lågpunkter och skyfallsåtgärder	530	580	1 550
Bräddning mot nedströmsliggande områden	2 870	3 870	2 700

En eventuell framtida överdäckning vid stationsområdet i söder bedöms inte påverka skyfallssituationen eller beräkningarna då vattenströmningarna även idag, när nederbörden faller på spåren, avrinner mot lågpunkten med cirkulationsplatsen. Så kommer vara fallet även vid en eventuell överdäckning, med en eventuell skillnad att delar av vattnet som idag rinner längs spåren i stället kan komma att rinna längs

Dalvägen åt nordväst. Detta påverkar inte skyfallssituationen, översvämningsrisker eller förslagen skyfallshantering. Inte heller en framtida utbyggnad av spårområdet in mot detaljplaneområdet bedöms påverka situationen, då avrinningsvägar och anläggningar för skyfallshantering i spårområdets närhet i sin helhet planeras inom utredningsområdets fastigheter. Planerad utformning och höjdsättning av utredningsområdet innebär också att vattnet vid skyfall hanteras utan att det uppstår framkomlighetsproblem för utryckningsfordon och utan att risken för översvämningar inom järnvägsanläggningen och spårområdet i öster ökar.

6.6. Diskussion

Användning av Scalgo Live är i dagsläget en vedertagen metod för skyfallsanalys i syfte att bedöma hanteringen av skyfall vid exploatering, och för att bedöma huruvida den planerade exploateringen förändrar skyfallssituationen nedströms utredningsområdet (detaljplaneområdet). Denna skyfallsanalys utförs med målet om att säkerställa att översvämningsrisken inte ökar i närområdet.

Baserat på att detaljplaneområdet är relativt litet, hårdgjort, har relativt korta rinntider (20 minuter) och att Scalgo Live ger större totala översvämningsvolym och översvämningsdjup än en hydraulisk skyfallsmodell (skyfallskartering), med i övrigt lika indata, har Scalgo Live använts för att identifiera viktiga flödesstråk, lämpliga ytor för skyfallsåtgärder och för att beräkna de totala vattenvolymer som når dessa ytor vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25.

Användningen av Scalgo Live kan betraktas som en konservativ skyfallsanalys. Detta då skyfallsanalysen ger större översvämningsvolym och översvämningsdjup i jämförelse med en skyfallskartering, baserat på att beräkningar i Scalgo Live utgår från att hela detaljplaneområdet är hårdgjort, inget vatten infiltrerar i mark, inget vatten leds bort i ledningsnätet och inget vatten rinner ut ur området. En jämförelse mellan Länsstyrelsens skyfallskartering och skyfallsanalysen i Scalgo Live visas i Figur 6-3.

Skyfallsåtgärderna för att hantera de beräknade översvämningsvolymerna planeras i redan befintliga och planerade ytor (cirkulationsplats, multifunktionell yta i parkområde, parkeringsyta, dagvattenanläggningar), vilket gör att det finns utrymme för de större volymer skyfallsåtgärder som Scalgo Live beräknar. Det finns därför inget incitament för att använda en skyfallskartering för att optimerat minska dessa volymer av skyfallsåtgärder, vilket skyfallskartering används till genom att beräkna infiltration av skyfallsvatten i olika typer av markanvändningar, leda bort skyfallsvatten i ledningsnätet och låta skyfallsvatten rinna ut ur utredningsområdet över tid.

De större volymerna i planerade skyfallsåtgärder ger extra trygghet vid skyfall och är också i linje med Länsstyrelsens rekommendationer om att ny bebyggelse planeras så att den inte tar skada eller orsakar skada vid en översvämning från minst ett 100-årsregn.

Jämförelser av volymer mellan befintlig situation och planerad situation, båda vid ett 100-årsregn inklusive klimatfaktor (48 mm):

- Översvämningsvolymer inom avrinningsområdet minskar från 4 450 m³ till 4 250 m³
- Fördröjningsvolymer ökar från 580 m³ till 1 550 m³
- Bräddningsvolymer mot nedströms områden minskar från 3 870 m³ till 2 700 m³

Höjdsättningen och de planerade skyfallsåtgärderna inom detaljplaneområdet ger en förbättring av skyfallssituationen i planerad situation jämfört med i befintlig situation inom detaljplaneområdet vid ett 100-årsregn och ingen bebyggelse bedöms bli skadad inom detaljplaneområdet, se Figur 6-6. Flera lågpunkter i länsstyrelsens skyfallskartering för maximalt översvämningsdjup vid ett klimatkompenserat 6-timmars 100-årsregn på totalt 109 mm (se Figur 6-3) byggs också bort.

Bräddningsnivåerna från detaljplaneområdet och nedströms (exempelvis +4,21 norrut mot Pyramidvägen) ändras inte utan är desamma i planerad situation som i befintlig situation, se Figur 6-6. Detta gör att planerade skyfallsåtgärder som minskar flödesvolymer inom detaljplaneområdet förbättrar situationen och minskar risken för skador på bebyggelse nedströms detaljplaneområdet. Exempel på skyfallsåtgärd som förbättrar skyfallssituationen nedströms detaljplaneområdet längs Pyramidvägen är cirkulationsplatsens ökning av skyfallsåtgärder från 80 m³ till 270 m³.

Viktigt oavsett vald metod för skyfallsanalys är att det säkerställs att det skapas säkra avrinningsvägar och ytor för hantering av skyfall inom detaljplaneområdet. Särskild vikt har lagts vid höjdsättning av detaljplaneområdets gator för att säkerställa en avvattning i enlighet med vad som föreslås i utredningen. Genom planerad utformning skapas ytor för skyfallshantering som minskar belastningen på nedströms belägna områden. Under vidare arbete rekommenderas att projekterad höjdsättning löpande stäms av mot skyfallssituationen för att säkerställa att avrinningsvägarna fortsatt skapas enligt rekommendationerna i utredningen, och att inga oavsiktliga tröskelnivåer som riskerar att ge oönskade översvämnningar skapas.

Skyfallsanalysen har utförts med vedertagna metoder och är tillräcklig för att visa att skyfallshanteringen förbättras i planerad situation jämfört med i befintlig situation.

7. SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Enligt genomförda beräkningar blir det dimensionerande dagvattenflödet inom utredningsområdet större för planerad situation jämfört med befintlig situation om inga åtgärder för dagvattenhantering införs. Flödesökningen beror i stor utsträckning på den klimatfaktor som används för att ta höjd för ökade regnintensiteter i ett framtida klimat. Genom att anläggningar för omhändertagande av 20 mm nederbörd implementeras i samband med de föreslagna förändringarna minskas flödet för utredningsområdet med 150 liter/sekund, från 569 liter/sekund i befintlig situation till 419 liter/sekund i planerad situation med dagvattenåtgärder, vilket motsvarar en minskning med cirka 26 %. I dessa dimensionerande flöden har också en klimatfaktor på 1,25 inkluderats för planerad situation. Den beräknade minskningen av det dimensionerande flödet med föreslagna åtgärder beror på att området i stor utsträckning är hårdgjort idag, och att inga kända åtgärder för rening eller fördröjning av dagvatten finns.

Teoretiska beräkningar med schablonhalter visar att den årliga föroreningsbelastningen minskar för samtliga studerade ämnen, och de planerade förändringarna inom utredningsområdet bedöms därför ha en positiv inverkan på recipientens möjligheter att uppnå miljökvalitetsnormerna.

Förslagen till anläggningar för dagvattenhantering har tagits fram utifrån målen i Solna stads dagvattenstrategi och riktlinjer om fördröjning av 20 mm nederbörd. Riktlinjerna har tagits fram som ett led i kommunens åtagande om att god vattenstatus ska kunna uppnås i kommunens vattenförekomster, och genom att uppfylla riktlinjerna bidrar utredningsområdet till uppnåendet av detta.

Det är viktigt att säkerställa att det skapas säkra avrinningsvägar och ytor för hantering av skyfall inom utredningsområdet. Särskild vikt har lagts vid höjdsättning av utredningsområdets gator för att säkerställa en avvattning i enlighet med vad som föreslås i denna utredning. Genom planerad utformning skapas ytor för skyfallshantering som minskar belastningen på nedströms belägna områden, och säkerställer att översvämningsriskerna inom spårområdet och järnvägsanläggningen i öster inte ökar jämfört med befintlig situation. Snarare minskar risken för påverkan i och med att säkra avrinningsvägar för skyfall skapas inom utredningsområdets fastigheter, så att spårområdet inte belastas. Under vidare arbete rekommenderas att projekterad höjdsättning löpande stäms av mot skyfallssituationen för att säkerställa att avrinningsvägarna fortsatt skapas enligt rekommendationerna i denna utredning, och att inga oavsiktliga tröskelnivåer som riskerar att ge oönskade översvämnningar skapas.

Dagvattenhantering och en säker avledning av skyfallsvatten under byggskedet kommer att tas fram och säkerställas för respektive steg i ombyggnationen i senare skede, i samband med att etappindelning för byggnationerna tas fram.

7.1. Bedömning av recipientpåverkan

Vid bedömning av recipientpåverkan bör det noteras att detaljplaneområdet endast utgör ett litet bidrag till recipientens totala näringsämnestillförsel. Recipienten Brunnsvikens ekologiska status har enligt VISS (2022b) klassats som *Otillfredsställande*, där övergödning varit utslagsgivande, men har även klassats som *Måttlig status* avseende bland annat koppar och zink. Ämnen som ej uppnår god kemisk status är bland annat kvicksilver, bly och kadmium.

De teoretiska beräkningarna med schablonhalter visar att den årliga föroreningsbelastningen för samtliga studerade ämnen kommer att minska med föreslagna dagvattenåtgärder för utredningsområdet. De föreslagna förändringarna inom utredningsområdet bedöms därför ha en positiv inverkan på recipientens möjligheter att uppnå god status, givet att föreslagna lösningar för dagvattenhantering genomförs.

Eftersom tak (som markanvändning) i StormTacs schablonhalter genererar utsläpp av metaller kan materialval minska det teoretiska utsläppet av dessa metaller ytterligare. Hårdgjorda takytor på planerade byggnader rekommenderas därför att anläggas med material utan koppar och kadmium. För att ytterligare minska läckage av näringsämnen från detaljplaneområdet rekommenderas att grönytor, gröna tak och planteringar inte gödslas alls, men annars gödslas sparsamt i de fall då gödsling eventuellt krävs. Föroreningsmängderna som erhålls vid beräkningarna i StormTac utgår från schablonhalter där både regnbäddar, gröna tak och andra grönytor gödslas i viss utsträckning.

Genom att materialval och skötsel/gödsling tillämpas enligt ovan kan föroreningsbelastningen minska ytterligare mot vad som redovisas i föroreningsberäkningarna.

REFERENSER

DHI, 2015. *Kompletterande regnstatistik för Stockholm*

ELU, 2022. *PM Geoteknik – DP Del av Kv Farao m.fl.* Uppdrag: 40261, 2020-05-20, rev. C.

Hedenvind Projekt, 2022. *Miljötekniska markundersökningar Kvarteren Kairo och Farao, Solna stad.* Uppdrag: HP180712, daterad 2019-06-24, reviderad 2022-05-12.

L.T.V AB, 2022. *Detaljplan Kv Kairo m.fl. – PM Vägutformning, Laktana Trafik- & Vägplanering AB, 2022-05-13.*

Länsstyrelsen i Stockholms län, 2022. WebbGIS, hämtat 2022-05-11, <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=d1b3761e5e944f129a698acc7e7ed183>

Länsstyrelserna, 2018. *Rekommendationer för hantering av översvämning till följd av skyfall*, Fakta 2018:5, Länsstyrelsen i Stockholms län, Länsstyrelsen i Västra Götalands län.

SGU, 2022. *SGU:s kartvisare*, <https://apps.sgu.se/kartvisare/>, hämtat 2022-05-11.

Stockholm Vatten & Avfall, 2019. *Att använda Scalgo och hur det skiljer sig mot Huddinge kommuns skyfallsmodell*, 2019-04-30.

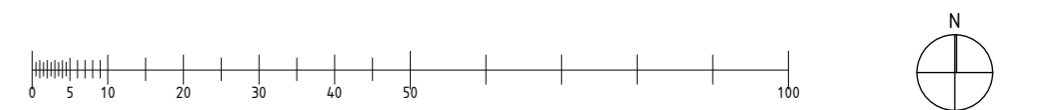
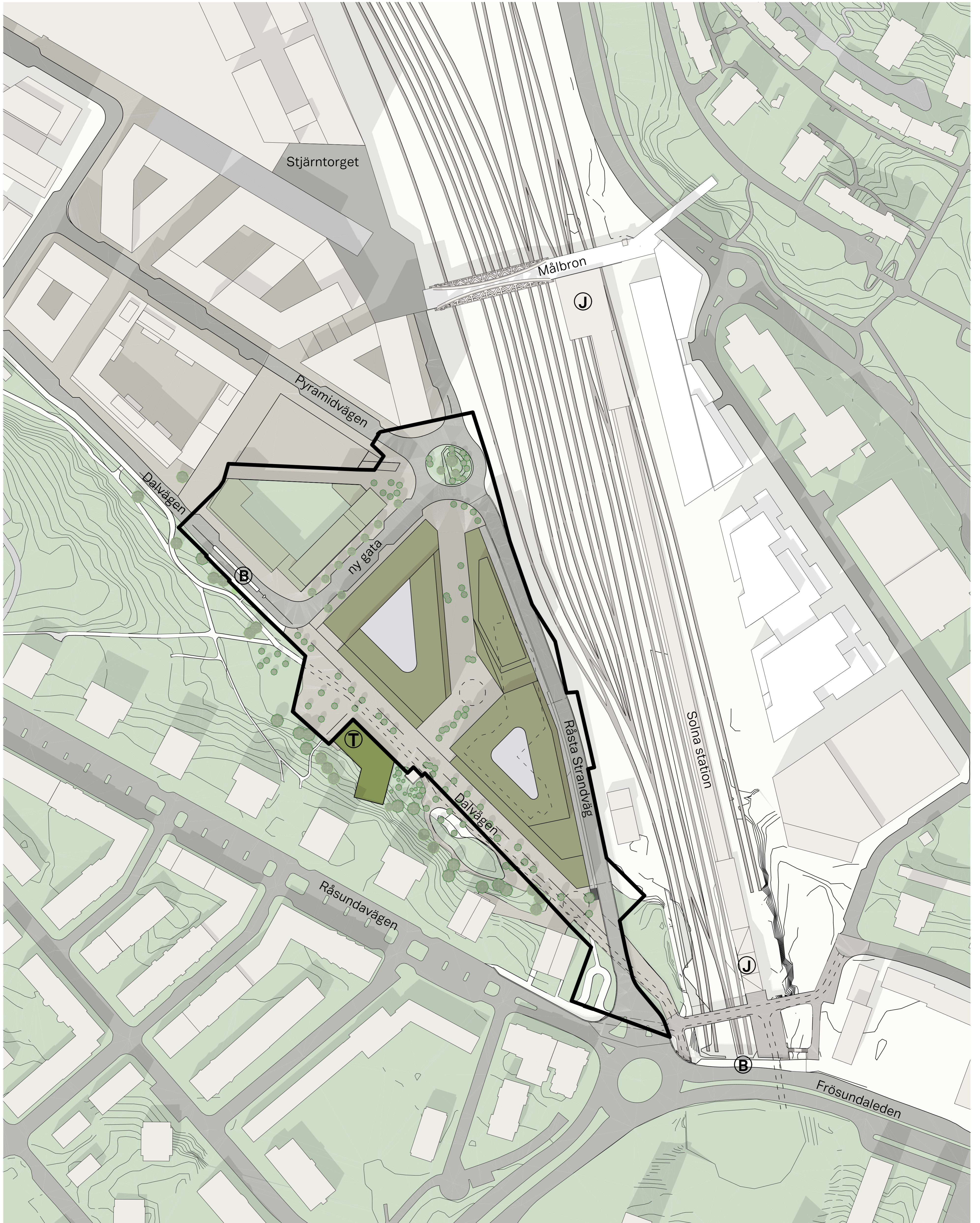
Stockholms stad, 2017. *Dagvatten PM Beräkningsmetodik för dagvattenflöde och föroreningstransport*, version 1.0.

Sweco, 2020. *Skyfallskartering Länsstyrelsen Stockholm – Rapport med vägledning i resultattolkning och praktisk användning*, Uppdrag 13010768.

VISS, 2022a. *Råstaån*, NW658578-162509, <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA69256633>, hämtad 2022-05-09.

VISS, 2022b. *Brunnsviken*, SE658507-162696, <https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA68040883>, hämtad 2022-05-09.

Bilaga 1 - Situationsplan, planerad markanvändning



Bilaga 2 - Oversiktlig avvattningsplan

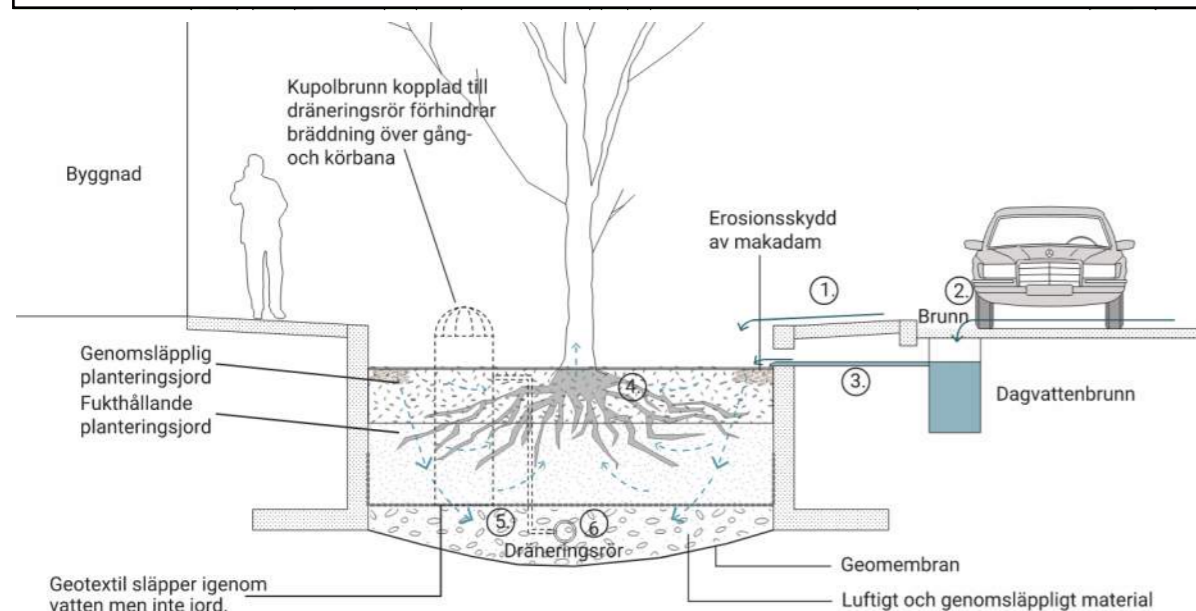
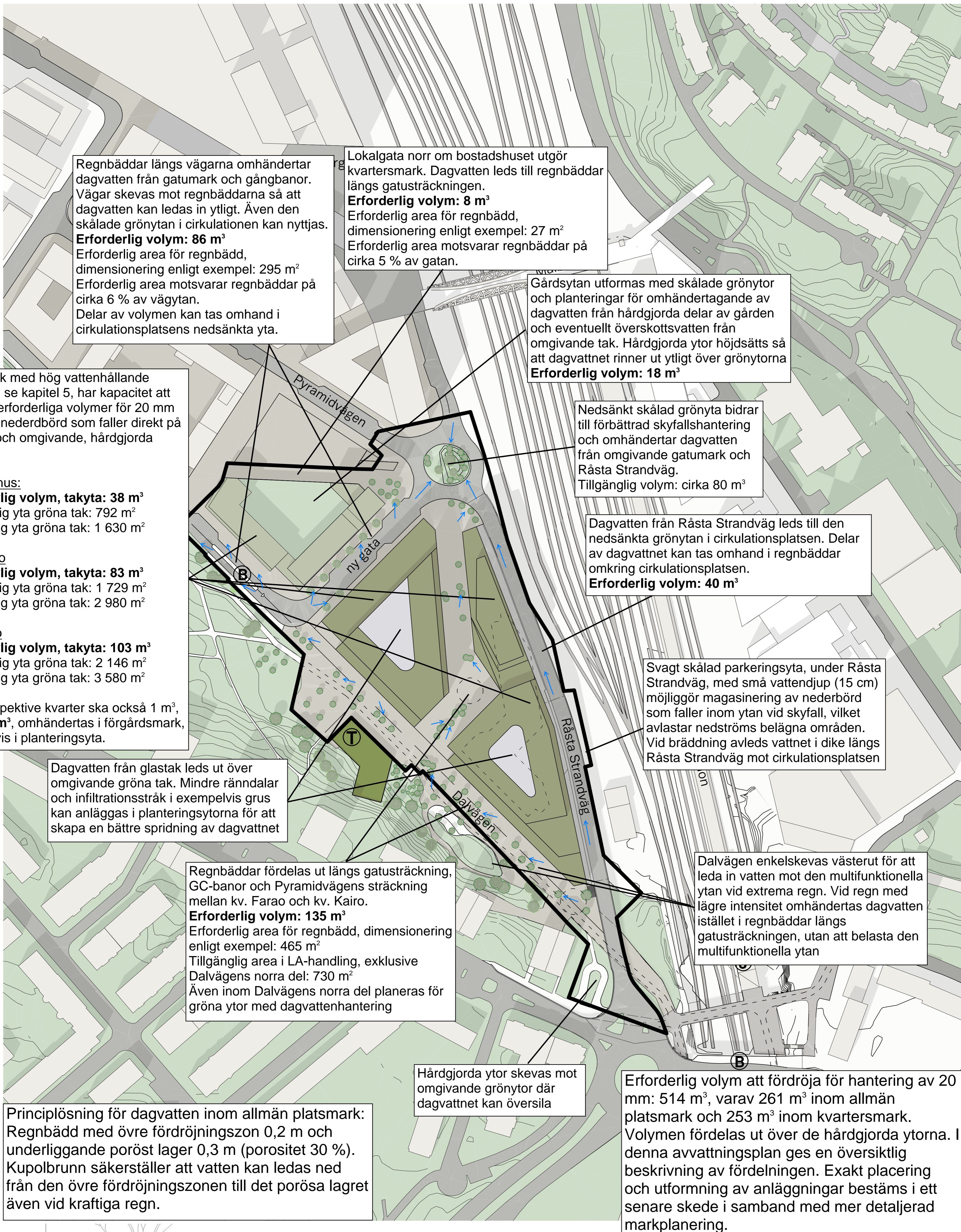


Illustration: Kragh&Berglund landskapsarkitekter, 2022-04-29



Resultatrapport StormTac Web

I denna resultatrapport redovisas in- och utdata (resultat) från simulering med StormTac Web.

3. Föroreningstransport

3.1 Indata

- Årligt basflöde och dagvattenflöde enligt 1. Avrinning.
- Schablonhalter för basflöde resp. dagvattenflöde enligt uppdaterade tabeller på www.stormtac.com.

Markanvändning	Faktor *
Väg 1	1.0
Parkering	5.0
Takyta	5.0
Blandat grönområde	5.0
Gång & cykelväg	5.0

* Vägar: faktor = trafikintensitet = 0-200. Enhet: x 1000 fordon/dygn. Annan markanvändning: faktor = 5 (1-10).

Enhet: -. 5 = standard schablonhalt från databasen för den specifika markanvändningen, 0 = minimum schablonhalt, 10 = maximum schablonhalt.



Relativ osäkerhet (%)

Basflöde / ämne	20
Dagvatten / ämne	20

Basflödeshalt (µg/l) per markanvändning

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Vägar	52	1600	2.0	13	55	0.034	1.8	5.4	25000	0.0042
Parkering	29	960	3.6	11	47	0.041	2.5	2.2	35000	0.010
Takyta	21	880	0.50	5.0	10	0.025	0.50	1.0	1200	0.0035
Blandat grönområde	35	880	0.72	3.3	7.7	0.025	0.30	0.54	11000	0.0010
Gång & cykelväg	21	880	0.50	5.0	10	0.025	0.50	1.0	1200	0.0010



Bilaga 3 - StormTac

Dagvattenhalt (µg/l) per markanvändning. SD = Standard Deviation (standardavvikelse). nd = no data (ingen data)

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	150	1900	3.7	22	16	0.28	7.2	5.7	76000	0.011
SD	63	1900	18	25	82	0.51	11	nd	42000	nd
Parkering	140	2400	30	40	140	0.45	15	15	140000	0.060
SD	45	450	94	24	120	0.97	9.6	nd	98000	nd
Takyta	170	1200	2.6	7.5	28	0.80	4.0	4.5	25000	0.010
SD	230	2900	440	1000	5900	160	nd	nd	29000	75
Blandat grönområde	120	1000	6.0	12	23	0.27	1.8	1.0	43000	0.010
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gång & cykelväg	85	1800	3.5	23	20	0.30	7.0	4.0	7400	0.010
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Klassificering av osäkerhet

Hög säkerhet

Medel säkerhet

Låg säkerhet



Bilaga 3 - StormTac

3.2 Utdata

Basflödeshalt (µg/l) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Basflödeshalt	31	1100	1.7	8.2	30	0.031	1.3	2.2	17000	0.0045
Absolut osäkerhet (%)	6.3	210	0.34	1.6	5.9	0.0062	0.26	0.44	3300	0.00090

Dagvattenhalt (µg/l) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Dagvattenhalt	130	1900	11	25	56	0.44	8.8	7.7	66000	0.025
Absolut osäkerhet (+/-)	26	380	2.2	4.9	11	0.087	1.8	1.5	13000	0.0050

Basflödesmängd (kg/år) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Basflödesmängd	0.044	1.5	0.0024	0.011	0.041	0.000044	0.0018	0.0031	23	0.0000063
Absolut osäkerhet (+/-)	0.014	0.47	0.00075	0.0036	0.013	0.000014	0.00058	0.00098	7.4	0.0000020

Dagvattenmängd (kg/år) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Föroreningsmängd	2.0	28	0.17	0.37	0.85	0.0066	0.13	0.12	1000	0.00038
Absolut osäkerhet (+/-)	0.63	9.0	0.054	0.12	0.27	0.0021	0.042	0.037	320	0.00012



Föroreningshalter (µg/l) (dagvatten+basflöde) utan rening

Jämförelse mot riktvärde där gråmarkerade/fetstilta cellerna visar överskridelse av riktvärde. Totala fraktioner avses där inget annat anges.

		P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Beräkning	C	120	1800	10	23	54	0.40	8.1	7.2	62000	0.023
Riktvärde	C _{gr,sw}	160	2000	8.0	18	75	0.40	10	15	40000	0.030
Absolut osäkerhet (+/-)	C	47	680	4.0	8.8	20	0.16	3.1	2.8	24000	0.0089
Relativ osäkerhet (%)	C	38	38	38	38	38	39	38	38	38	38



Föroreningsmängder (kg/år) (dagvatten+basflöde) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Föroreningsmängd	2.0	30	0.17	0.38	0.89	0.0066	0.13	0.12	1000	0.00038
Absolut osäkerhet (+/-)	0.63	9.0	0.054	0.12	0.27	0.0021	0.042	0.037	320	0.00012
Relativ osäkerhet (%)	31	30	31	31	30	31	31	31	31	31

Föroreningsmängder (kg/ha/år) (dagvatten+basflöde) utan rening

P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
0.61	8.9	0.051	0.11	0.26	0.0020	0.040	0.036	310	0.00011



Bilaga 3 - StormTac

Föroreningshalter (µg/l) per markanvändning med dagvatten+basflöde utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	138	1912	3.6	21	19	0.26	6.8	5.7	71475	0.011
Parkering	131	2287	28	38	133	0.42	14	14	131699	0.056
Takyta	160	1179	2.5	7.3	27	0.75	3.8	4.3	23432	0.0096
Blandat grönområde	81	942	3.6	8.0	16	0.16	1.1	0.79	28073	0.0058
Gång & cykelväg	80	1727	3.3	22	19	0.28	6.5	3.7	6910	0.0093



Föroreningsmängder (kg/år) per markanvändning med dagvatten+basflöde utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	0.53	7.4	0.014	0.082	0.075	0.00100	0.026	0.022	276	0.000042
Parkering	0.63	11	0.13	0.18	0.64	0.0020	0.068	0.067	635	0.00027
Takyta	0.51	3.7	0.0078	0.023	0.085	0.0024	0.012	0.013	74	0.000030
Blandat grönområde	0.030	0.35	0.0013	0.0030	0.0059	0.000058	0.00041	0.00029	10	0.000022
Gång & cykelväg	0.34	7.4	0.014	0.093	0.082	0.0012	0.028	0.016	30	0.000040



Basflödesbelastning (kg/år) per markanvändning utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	0.016	0.49	0.00061	0.0039	0.017	0.000010	0.00055	0.0016	7.5	0.0000013
Parkering	0.011	0.37	0.0014	0.0042	0.018	0.000016	0.00095	0.00082	13	0.0000038
Takyta	0.0043	0.18	0.00010	0.0010	0.0021	0.0000052	0.00010	0.00021	0.25	0.00000073
Blandat grönområde	0.0060	0.15	0.00012	0.00057	0.0013	0.0000042	0.000051	0.000093	1.8	0.00000017
Gång & cykelväg	0.0069	0.30	0.00017	0.0017	0.0034	0.0000085	0.00017	0.00034	0.41	0.00000034



Dagvattenbelastning (kg/år) per markanvändning utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	0.52	6.9	0.013	0.078	0.058	0.00099	0.026	0.020	269	0.000041
Parkering	0.62	11	0.13	0.18	0.62	0.0020	0.067	0.067	622	0.00027
Takyta	0.50	3.5	0.0077	0.022	0.082	0.0024	0.012	0.013	74	0.000029
Blandat grönområde	0.024	0.20	0.0012	0.0024	0.0046	0.000054	0.00036	0.00020	8.6	0.0000020
Gång & cykelväg	0.34	7.1	0.014	0.091	0.079	0.0012	0.028	0.016	29	0.000040



Resultatrapport StormTac Web

I denna resultatrapport redovisas in- och utdata (resultat) från simulering med StormTac Web.

3. Föroreningstransport

3.1 Indata

- Årligt basflöde och dagvattenflöde enligt 1. Avrinning.
- Schablonhalter för basflöde resp. dagvattenflöde enligt uppdaterade tabeller på www.stormtac.com.

Markanvändning	Faktor *
Väg 1	1.0
Takyta	5.0
Grönt tak	5.0
Blandat grönområde	5.0
Marksten med fogar	
Gårdsyta inom kvarter	5.0

* Vägar: faktor = trafikintensitet = 0-200. Enhet: x 1000 fordon/dygn. Annan markanvändning: faktor = 5 (1-10).

Enhet: -. 5 = standard schablonhalt från databasen för den specifika markanvändningen, 0 = minimum schablonhalt, 10 = maximum schablonhalt.



Bilaga 3 - StormTac

Relativ osäkerhet (%)

Basflöde / ämne	20
Dagvatten / ämne	20

Basflödeshalt (µg/l) per markanvändning

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Vägar	52	1600	2.0	13	55	0.034	1.8	5.4	25000	0.0042
Takyta	21	880	0.50	5.0	10	0.025	0.50	1.0	1200	0.0035
Grönt tak	21	1100	0.50	5.0	10	0.025	0.50	1.0	1200	0.0035
Blandat grönområde	35	880	0.72	3.3	7.7	0.025	0.30	0.54	11000	0.0010
Marksten med fogar	21	880	0.50	5.0	10	0.025	0.50	1.0	1200	0.0010
Gårdsyta inom kvarter	26	930	0.57	4.7	9.5	0.026	0.50	1.0	4900	0.0010



Bilaga 3 - StormTac

Dagvattenhalt (µg/l) per markanvändning. SD = Standard Deviation (standardavvikelse). nd = no data (ingen data)

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	150	1900	3.7	22	16	0.28	7.2	5.7	76000	0.011
SD	63	1900	18	25	82	0.51	11	nd	42000	nd
Takyta	170	1200	2.6	7.5	28	0.80	4.0	4.5	25000	0.010
SD	230	2900	440	1000	5900	160	nd	nd	29000	75
Grönt tak	290	3900	1.0	15	23	0.070	3.0	3.0	19000	0.010
SD	640	4300	2.1	18	120	0.030	nd	0.85	64000	nd
Blandat grönområde	120	1000	6.0	12	23	0.27	1.8	1.0	43000	0.010
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Marksten med fogar	57	2000	2.4	13	33	0.14	1.9	1.3	9400	0.010
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Gårdsyta inom kvarter	220	1900	3.7	16	29	0.23	3.7	2.3	41000	0.0067
SD	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Klassificering av osäkerhet

Hög säkerhet

Medel säkerhet

Låg säkerhet



Bilaga 3 - StormTac

3.2 Utdata

Basflödeshalt (µg/l) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Basflödeshalt	29	1100	0.81	6.3	18	0.027	0.72	1.8	6900	0.0024
Absolut osäkerhet (%)	5.7	210	0.16	1.3	3.7	0.0053	0.14	0.36	1400	0.00047

Dagvattenhalt (µg/l) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Dagvattenhalt	130	2000	2.8	15	26	0.29	4.0	3.3	34000	0.010
Absolut osäkerhet (+/-)	26	400	0.56	3.0	5.2	0.058	0.79	0.66	6700	0.0021

Basflödesmängd (kg/år) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Basflödesmängd	0.045	1.6	0.0013	0.0098	0.028	0.000042	0.0011	0.0028	11	0.0000037
Absolut osäkerhet (+/-)	0.014	0.52	0.00040	0.0031	0.0090	0.000013	0.00036	0.00088	3.4	0.0000012

Dagvattenmängd (kg/år) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Föroreningsmängd	1.6	24	0.034	0.18	0.31	0.0035	0.048	0.040	410	0.00012
Absolut osäkerhet (+/-)	0.49	7.6	0.011	0.057	0.099	0.0011	0.015	0.013	130	0.000039



Föroreningshalter (µg/l) (dagvatten+basflöde) utan rening

Jämförelse mot riktvärde där gråmarkerade/fetstilta cellerna visar överskridelse av riktvärde. Totala fraktioner avses där inget annat anges.

		P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Beräkning	C	120	1900	2.6	14	25	0.26	3.6	3.1	31000	0.0094
Riktvärde	C _{gr,sw}	160	2000	8.0	18	75	0.40	10	15	40000	0.030
Absolut osäkerhet (+/-)	C	44	700	0.97	5.2	9.2	0.099	1.4	1.1	12000	0.0035
Relativ osäkerhet (%)	C	38	37	38	37	36	38	38	37	38	38



Föroreningsmängder (kg/år) (dagvatten+basflöde) utan rening

	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Föroreningsmängd	1.6	26	0.035	0.19	0.34	0.0035	0.049	0.042	420	0.00013
Absolut osäkerhet (+/-)	0.49	7.6	0.011	0.057	0.100	0.0011	0.015	0.013	130	0.000039
Relativ osäkerhet (%)	31	30	31	30	29	31	31	30	31	31

Föroreningsmängder (kg/ha/år) (dagvatten+basflöde) utan rening

P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
0.48	7.6	0.010	0.056	0.10	0.0011	0.015	0.013	120	0.000038



Bilaga 3 - StormTac

Föroreningshalter (µg/l) per markanvändning med dagvatten+basflöde utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	138	1912	3.6	21	19	0.26	6.8	5.7	71475	0.011
Takyta	160	1179	2.5	7.3	27	0.75	3.8	4.3	23432	0.0096
Grönt tak	224	3232	0.88	13	20	0.060	2.4	2.5	14876	0.0085
Blandat grönområde	81	942	3.6	8.0	16	0.16	1.1	0.79	28073	0.0058
Marksten med fogar	53	1889	2.2	12	31	0.13	1.8	1.3	8543	0.0091
Gårdsyta inom kvarter	189	1716	3.2	14	26	0.19	3.2	2.1	35073	0.0058



Bilaga 3 - StormTac

Föroreningsmängder (kg/år) per markanvändning med dagvatten+basflöde utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	0.52	7.2	0.014	0.080	0.073	0.00097	0.026	0.021	269	0.000041
Takyta	0.35	2.6	0.0053	0.016	0.058	0.0016	0.0082	0.0093	51	0.000021
Grönt tak	0.31	4.5	0.0012	0.018	0.028	0.000083	0.0034	0.0035	21	0.000012
Blandat grönområde	0.031	0.36	0.0014	0.0031	0.0061	0.000060	0.00043	0.00030	11	0.0000023
Marksten med fogar	0.28	10	0.012	0.065	0.16	0.00069	0.0094	0.0068	46	0.000049
Gårdsyta inom kvarter	0.11	0.96	0.0018	0.0080	0.015	0.00011	0.0018	0.0012	20	0.0000032



Bilaga 3 - StormTac

Basflödesbelastning (kg/år) per markanvändning utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	0.016	0.47	0.00059	0.0038	0.016	0.000010	0.00053	0.0016	7.3	0.0000012
Takyta	0.0029	0.12	0.000071	0.00071	0.0014	0.0000036	0.000071	0.00014	0.17	0.00000050
Grönt tak	0.0066	0.34	0.00016	0.0016	0.0032	0.0000081	0.00016	0.00032	0.39	0.0000011
Blandat grönområde	0.0062	0.16	0.00013	0.00059	0.0014	0.0000044	0.000053	0.000096	1.9	0.00000018
Marksten med fogar	0.011	0.46	0.00026	0.0026	0.0053	0.000013	0.00026	0.00053	0.63	0.00000053
Gårdsyta inom kvarter	0.0023	0.084	0.000052	0.00042	0.00085	0.0000023	0.000045	0.000092	0.44	0.000000090



Bilaga 3 - StormTac

Dagvattenbelastning (kg/år) per markanvändning utan rening

Markanvändning	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	SS	BaP
Väg 1	0.50	6.7	0.013	0.076	0.056	0.00096	0.025	0.020	261	0.000039
Takyta	0.34	2.4	0.0053	0.015	0.057	0.0016	0.0081	0.0091	51	0.000020
Grönt tak	0.31	4.2	0.0011	0.016	0.025	0.000075	0.0032	0.0032	20	0.000011
Blandat grönområde	0.025	0.21	0.0012	0.0025	0.0048	0.000056	0.00037	0.00021	8.9	0.0000021
Marksten med fogar	0.27	9.6	0.012	0.062	0.16	0.00067	0.0091	0.0062	45	0.000048
Gårdsyta inom kvarter	0.10	0.88	0.0018	0.0076	0.014	0.00011	0.0017	0.0011	19	0.0000031



Resultatrapport StormTac Web

I denna resultatrapport redovisas in- och utdata (resultat) från simulering med StormTac Web.

4. Föroreningsreduktion

4.1 Indata

Vald reningsanläggning: Biofilter

Andel av reducerad avrinningsyta	K_{ϕ}	8.5	%
Utflyde, max	Q_{out}	410	l/s
Absolut osäkerhet (+/-)		0	l/s
Tjocklek, tom yta	h_1	200	mm
Tjocklek, filtermaterial	h_2	450	mm
Tjocklek, materialavskiljande lager	h_3	100	mm
Tjocklek, makadam	h_4	300	mm
Tjocklek, skelettjord	h_5	0	mm
Tjocklek, underbyggnad/undergrund/terrass	h_6	1000	mm
Avstånd vattengång dräneringsrör till undergunden	h_7	150	mm
Avstånd vattengång bräddbrunn till den övre bäddens yta	h_8	200	mm
Porandel, växtbädd	p_2	0.25	
Porandel, makadam	p_4	0.30	
Hydraulisk konduktivitet, växtbädd	k_2	200	mm/h
Hydraulisk konduktivitet, makadam	k_4	36000	mm/h
Hydraulisk konduktivitet, underbyggnad/undergrund/terrass	k_6	8.0	mm/h
Släntlutning övre, 1:z ₂	z_2	0	
Släntlutning undre, 1:z ₁	z_1	0	
Anläggningens längd	L	0	m
Är marken förorenad?		Nej	
Tillsats av biokol (utan gödningsmedel)?		Nej	

4.2 Utdata

Anläggningens yta	A_{sf}	1700	m ²
Exfiltrationsyta	A_{exf}	0	m ²
Totalt anläggningsdjup exkl. underbyggnad	H_{tot2}	1050	mm
Dimensionerande erforderlig utjämningsvolym	$V_{d,max}$	280	m ³
Dim. varaktighet vid dim. V_d	t_{r2}	30	min
Totalt tillgänglig (effektiv) volym	V_{eff}	740	m ³
Total anläggningsvolym	V_{tot}	1800	m ³
Dimensionerande regndjup. 20 (10-25) mm rekommenderas generellt.	r_d	36	mm
Dimensionerande uppehållstid vid max flöde	$t_{d,max}$	0.51	h
Dimensionerande uppehållstid vid medelavrinning.	$t_{d,mean}$	33	h
Utflyde genom exfiltration ner mot grundvattnet	$Q_{out,ext}$	0	l/s
Andel som exfiltrationsutflydet ger av den totala årliga avrinningsvolymen		0	%
Är anläggningen tillräckligt stor avseende flödesutjämnning?		Ja	
Behövs tätning runt anläggningen?		Nej	



Reningseffekter (%). SD = Standard Deviation (standardavvikelse). nd = no data (ingen data)

Ämne	P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni
Uträknat	79	68	80	73	85	72	60	52
SD	84	64	18	52	18	8.4	196	53
Absolut osäkerhet (+/-)	24	20	24	22	25	22	18	16
Ämne	SS	BaP						
Uträknat	77	69						
SD	50	nd						
Absolut osäkerhet (+/-)	23	21						

Ämne: Parametern Minsta möjliga utloppshalt har minskat beräknad reningseffekt.	Minsta möjliga
Ämne: Max reningseffekt har uppnåts (röd kantlinje)	Max reningseffekt
Klassificering av osäkerhet	Hög säkerhet Medel säkerhet Låg säkerhet

Föreningshalter (µg/l) (dagvatten+basflöde) efter rening

Jämförelse mot riktvärde där gråmarkerade/fetstilta cellerna visar överskridelse av riktvärde. Totala fraktioner avses där inget annat anges.

		P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni
Beräkning	C_{re}	25	610	0.52	3.7	3.9	0.072	1.4	1.5
Riktvärde	$C_{cr,sw}$	160	2000	8.0	18	75	0.40	10	15
Absolut osäkerhet (+/-)	C_{re}	12	290	0.25	1.8	1.8	0.035	0.70	0.71
Relativ osäkerhet (%)	C_{re}	48	48	48	48	47	49	48	47
		SS	BaP						
Beräkning	C_{re}	6900	0.0029						
Riktvärde	$C_{cr,sw}$	40000	0.030						
Absolut osäkerhet (+/-)	C_{re}	3400	0.0014						
Relativ osäkerhet (%)	C_{re}	48	48						

Förening mängder (kg/år) (dagvatten+basflöde) efter rening

		P	N	Pb	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni
Föreningbelastning	L_{out}	0.33	8.2	0.0071	0.050	0.053	0.00098	0.020	0.020
Avskiljd mängd		1.3	17	0.028	0.14	0.29	0.0026	0.029	0.022
Absolut osäkerhet (+/-)	L_{out}	0.14	3.5	0.0030	0.021	0.022	0.00042	0.0085	0.0086
Relativ osäkerhet (%)	L_{out}	43	42	43	42	42	43	43	42
Föreningbelastning till grundvatten	$L_{out,gw}$	0	0	0	0	0	0	0	0
Föreningbelastning till dagvatten	$L_{out,sw}$	0.33	8.2	0.0071	0.050	0.053	0.00098	0.020	0.020
		SS	BaP						
Föreningbelastning	L_{out}	95	0.000039						
Avskiljd mängd		320	0.000088						
Absolut osäkerhet (+/-)	L_{out}	41	0.000017						
Relativ osäkerhet (%)	L_{out}	43	43						
Föreningbelastning till grundvatten	$L_{out,gw}$	0	0						
Föreningbelastning till dagvatten	$L_{out,sw}$	95	0.000039						

