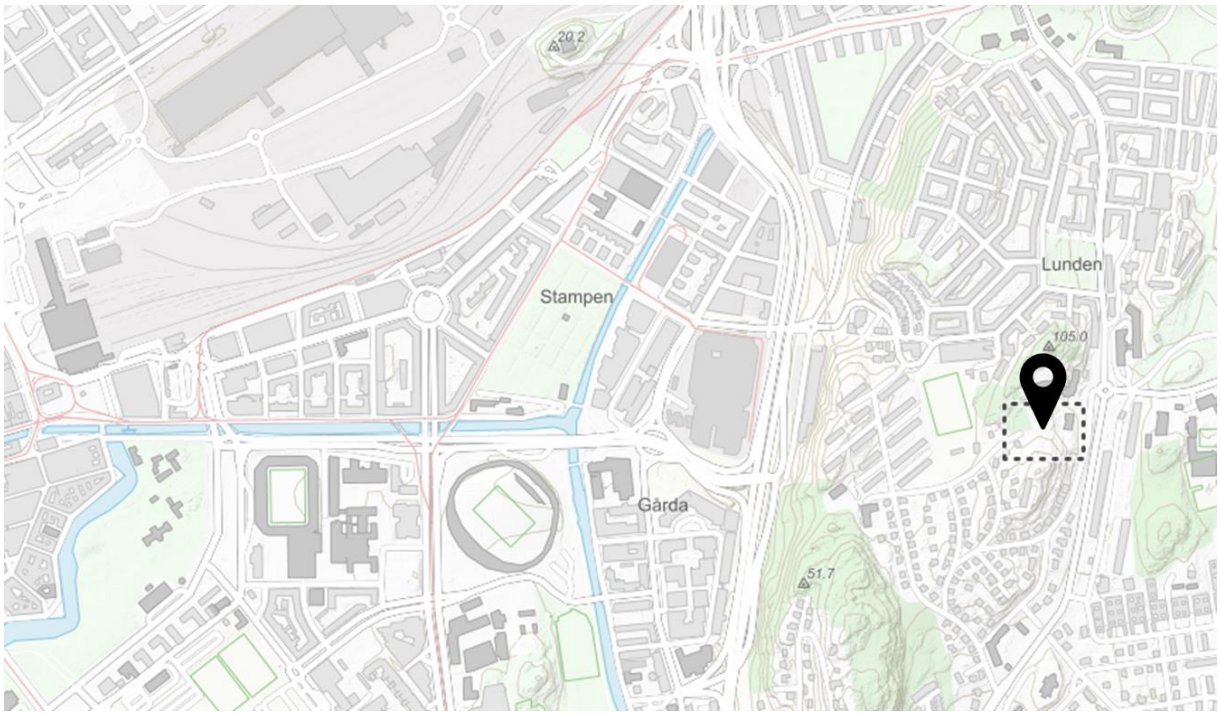
Kretslopp och vatten

Göteborgs Stad




# Dagvatten- och skyfallsutredning

## Detaljplan för bostäder och verksamheter vid Lilla Danska Vägen och Skogshyddegatan

2021-09-21

Göteborgs Stad

**Göteborgs Stad**

Dokumenttitel: Dagvatten- och skyfallsutredning
Underrubrik: Detaljplan för bostäder och verksamheter vid Lilla Danska Vägen och Skogshyddegatan
Datum: 2021-09-21
Diarienummer: 0447/18

Beställare: Göteborgs stad, Stadsbyggnadskontoret
Kontaktperson: Fredrik Söderberg, Stadsbyggnadskontoret
Projektledare: Anna Feldt, Kretslopp och vatten
Handläggare: Klara Djerf, Kretslopp och vatten
Kvalitetsgranskare: Linnea Lundberg och Sofia Polo Ruiz de Arechavaleta, Kretslopp och vatten

# Sammanfattning

Föreliggande utredning har tagits fram för att utvärdera dagvatten- och skyfallsrelaterade frågor i samband med detaljplanearbetet för bostäder och verksamheter vid Lilla Danska vägen och Skogshyddegatan. Planen omfattar två utbyggnadsalternativ av Katolska skolan samt en ny förskolebyggnad. Dessutom omfattar planen byggnation av ett flerbostadshus och ett BmSS.

Föroreningsberäkningar visar att halter och mängder ökar efter exploatering. Med föreslagen rening för respektive fastighet uppnås Göteborgs stads målvärden. Till det kombinerade systemet ökar mängderna något efter rening på kvartersmark men eftersom dagvattnet ska ledas genom regnbädd på allmän platsmark kommer mängderna minska. Till Delsjöbäcken minskar föroreningsmängderna och utifrån det görs bedömningen att planområdet inte försämrar möjligheterna att uppnå miljökvalitetsnormerna i recipienten, Delsjöbäcken.

För att uppnå både reningskrav och stadens krav på fördröjning om 10 mm dagvatten per kvadratmeter reducerad area föreslås, för fastighet Bö 76:40 där ett flerbostadshus ska byggas, en regnbädd med ett ytanspråk på 14 $m^2$ vilket ger en erforderlig fördröjningsvolym på 7 $m^3$. Regnbädden rekommenderas att anläggas i fastighetens nordöstra hörn för att samla upp dagvatten från hela fastigheten.

Dagvattenanläggningarna som föreslås för fastighet Lunden 745:111 där ett BmSS ska byggas är ett makadamdike med ett ytanspråk på 27 $m^2$ vilket ger en erforderlig fördröjningsvolym på 11 $m^3$. Makadamdiket rekommenderas att anläggas längst med GC-banan som går i gränsen av fastigheten och därmed anlägga infarten till fastigheten så nära Skogshyddegatan som möjligt. En markfördjupning om 10 $m^3$ finns inom fastigheten och dess volym behöver ersättas inom fastigheten för att inte försämra översvämningssituationen inom eller utanför planen.

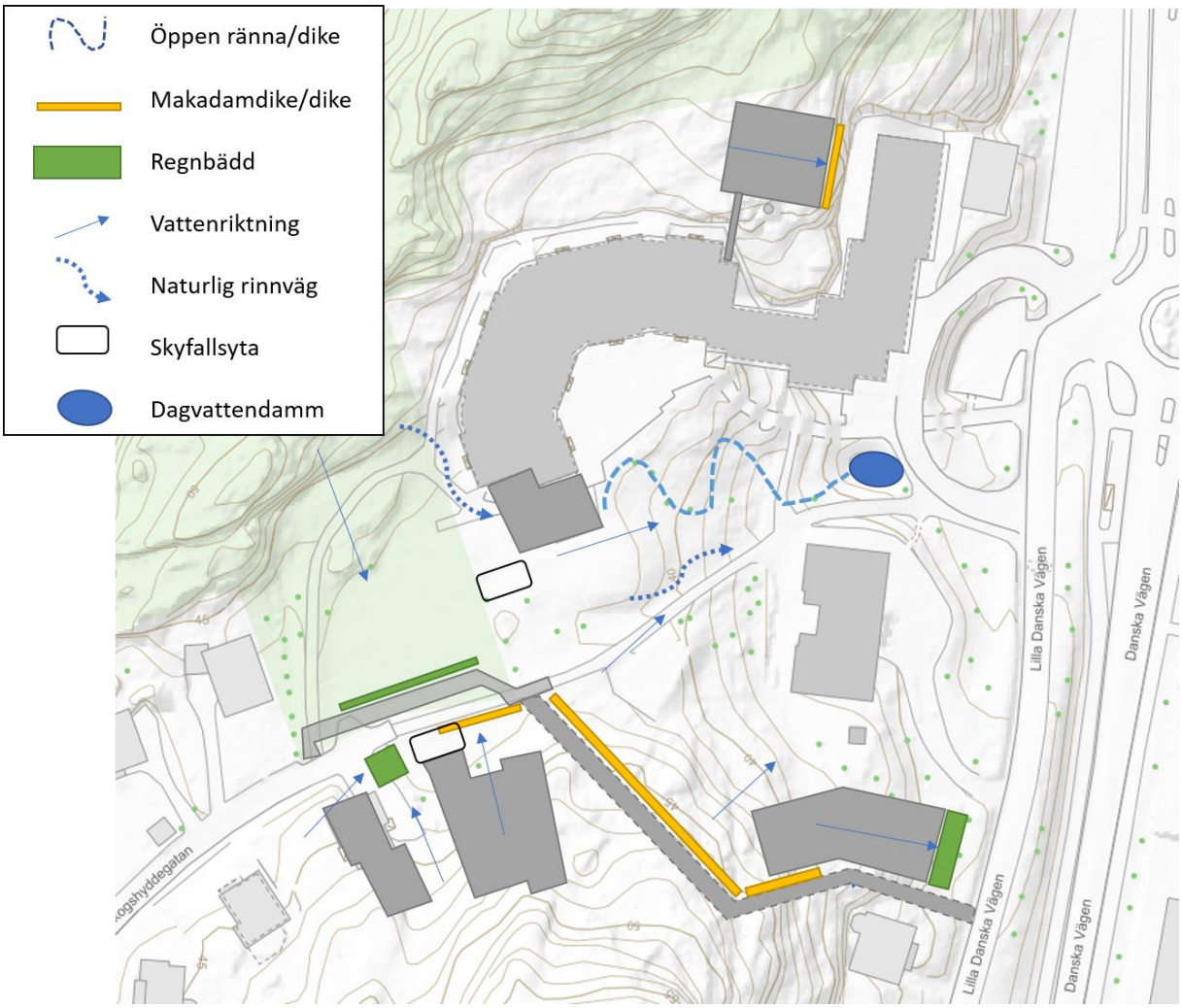
Dagvattenanläggningarna som föreslås för Katolska skolans fastighet Bö 76:47 är ett dike som kopplas till den befintliga dagvattendammen som dessutom byggs ut till 40 $m^2$ för att tillgodose det ökade fördröjningsbehovet och därmed skapa erforderlig fördröjningsvolym på 18 $m^3$. Regnbädd föreslås för den nya förskolebyggnaden där den rekommenderas att placeras intill entréer på entréplan och leda takvatten dit med stuprör. Regnbädd föreslås dessutom för utbyggnadsalternativ B vid fasad. En markfördjupning om 15 $m^3$ finns inom fastigheten och dess volym behöver ersättas inom fastigheten för att inte försämra översvämningssituationen inom eller utanför planen.

På parkmarken vid Skogshyddegatan föreslås en regnbädd med trädrad för att tillgodose fördröjningsbehovet på allmän platsmark samt kombinera det med parkyta i området. Längs med GC-banan föreslås diken för avvattning. Ett rörmagasin föreslås som anläggning för fördröjningsbehovet på allmän platsmark ner mot Danska vägen.

Ur ett skyfallsperspektiv är placering av nybyggnationen lämplig utifrån framkomlighetskrav och strukturplanåtgärder. Två markfördjupningar är identifierade inom planområdet och dess volym behöver ersättas inom planområdet för att inte riskera att översvämningssituationen inom eller utanför planen försämras. Ansvarig för att genomföra dessa åtgärder är respektive fastighetsägare.

Dagvattnet från planområdet avvattnas *inte* till ett markavvattningsföretag.

Kostnader för respektive fastighet finns under avsnitt 4.3.



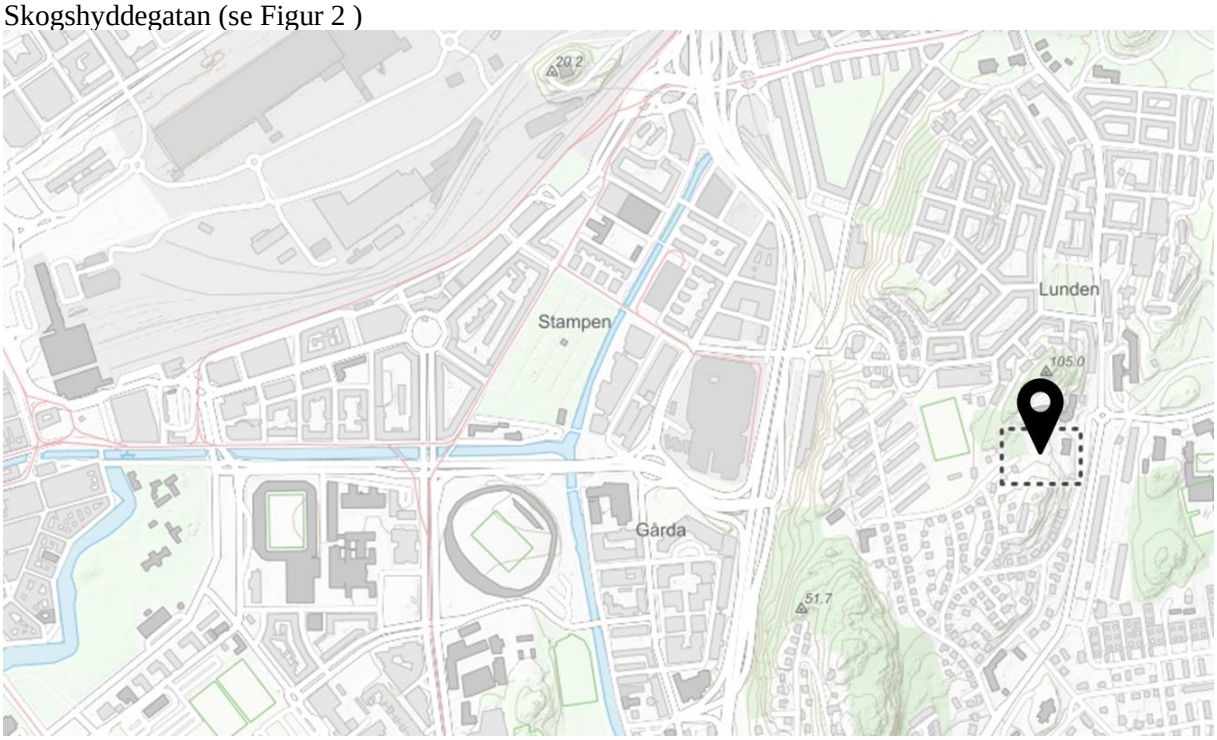

*Figur 1. Karta som redovisar de föreslagna lösningarna för planområdet.*

# Innehåll

**1 Projektbeskrivning ... 5**
1.1 Syfte och mål ... 5
1.2 Planförslag ... 6
**2 Förutsättningar ... 7**
2.1 Fältbesök ... 7
2.2 Tidigare utredningar och pågående projekt ... 9
2.3 Geologi, grundvatten och markmiljö ... 10
2.4 Avvattning och recipient ... 11
2.5 Befintligt dagvattensystem ... 12
2.6 Höga nivåer i hav / flöden i vattendrag ... 13
2.7 Skyfallssituation ... 14
**3 Analys ... 15**
3.1 Skyfallsanalys ... 15
3.2 Fördröjningsbehov dagvatten ... 16
3.3 Dagvattenkvalitet ... 20
**4 Föreslagna åtgärder ... 23**
4.1 Kvartersmark ... 23
4.2 Allmän platsmark ... 31
4.3 Kostnadskalkyl ... 33
4.4 Ansvarsfördelning ... 34
4.5 Bortvalda alternativ ... 34
**5 Slutsats och rekommendationer ... 36**
**6 Referenser ... 38**
**Bilaga 1 Riktlinjer och styrande dokument ... 40**
Funktionskrav på dagvattensystem ... 40
Fördröjningskrav ... 41
Miljökvalitetsnormer ... 41
Riktvärden och reningskrav ... 41
Skyfallssäkring och klimatanpassning ... 42
Rain Gothenburg ... 44
**Bilaga 2 Beräkningar ... 45**
Rationella metoden ... 45
Fördröjningsbehov allmän platsmark ... 47
**Bilaga 3 Föroreningsberäkningar ... 49**
**Bilaga 4 Fältbesök ... 51**
**Bilaga 5 Typsektioner ... 53**

# 1 Projektbeskrivning

Kretslopp och vatten har fått i uppdrag av Stadsbyggnadskontoret att ta fram en dagvatten- och skyfallsutredning inför en ny detaljplan för bostäder och verksamheter vid Lilla danska vägen och Skogshyddegatan (se Figur 2 )




*Figur 2. Orienteringskarta som visar planens lokalisering i staden (Källa: GoKart)*

## 1.1 Syfte och mål

Huvudsyftet med dagvatten- och skyfallsutredningen är att avgöra om marken är eller kan göras lämplig för bebyggelse (Boverket, 2015).

Utredningen ska säkerställa att följande krav med avseende på dagvatten kan uppfyllas:

- Dagvatten inom kvartersmark ska fördröjas motsvarande 10 mm dagvatten per kvadratmeter reducerad yta.
- Dagvattenavledning ska kunna ske från planområdet utan att orsaka översvämning.
- Detaljplanens genomförande ska bidra till förbättrad eller oförändrad vattenkvalitet i recipienten, i enlighet med miljökvalitetsnormer (MKN), om tillämpligt.

För att säkerställa kraven med avseende på skyfall ska följande punkter uppfyllas:

- Ny bebyggelse ska inte skadas vid översvämning. Samhällsviktiga funktioner och golvnivåer ska ha en marginal till högsta vattennivån som uppstår vid skyfall.
- Tillgänglighet till nya byggnaders entréer.
- Framkomlighet till och från planområdet.
- Översvämningssituationen inom eller utanför planen skall inte försämras.
- Planen ska beakta strukturplaner.

Utöver ovanstående ska dagvatten- och skyfallshantering som bidrar till grönska, estetiska värden och upplevelser av regnet eftersträvas. Läs mer i Bilaga 1 Riktlinjer och styrande dokument.

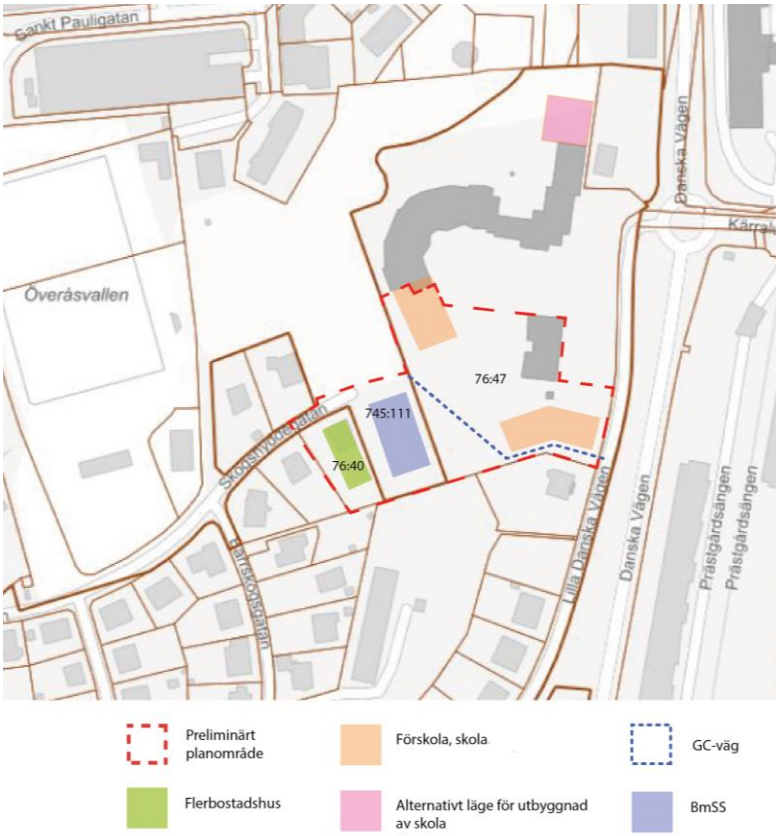
## 1.2 Planförslag

Syftet med detaljplanen är att möjliggöra föreslagen exploatering som består av bostäder, skola och förskola. Projektet syftar också till att säkerställa en allmän gång- och cykelväg genom området. Mindre förändringar av Skogshyddegatan och eventuellt Lilla Danska Vägen kommer behövas, för att t.ex. klara vändande fordon på ett bra sätt.

Planområdet ligger i anslutning till Lilla Danska Vägen och Skogshyddegatan. Planområdets preliminära avgränsning redovisas i Figur 3. Det är dock inte uteslutet att befintlig skolbyggnad byggs till i nordöstra delen istället för i den sydvästra, i så fall kommer planområdet förändras så att den nordöstra delen ingår. Denna utredning görs därför utifrån två alternativ för utbyggnad av skolan. Alternativen kallas A och B, där alternativ A är det som ligger inom preliminärt planområde och alternativ B är förslaget om utbyggnad i den nordöstra delen (se Figur 3).

Planområdet omfattar cirka 1 hektar och marken ägs av kommunen, Kristus Konungens Katolska Församling och en privatperson. Idag består området av ett park/naturområde, en större skoltomt samt en villatomt. De tre fastigheterna benämns med dess fastighetsbeteckning i rapporten. Större delen av området är relativt kuperat med stora höjdskillnader och branta partier.

Med förslaget kommer planområdet kompletteras med ett mindre flerbostadshus, ett boende med särskild service (BmSS), en tillbyggnad av Katolska Skolan samt en ny förskolebyggnad, eventuellt även innehållande studentbostäder. Detaljplanen innebär 25–45 tillkommande bostäder och ca 2700 $m^2$ BTA verksamheter.




*Figur 3. Förslagets tillkommande byggnader och anläggningar, och preliminär planområdesgräns.*

# 2 Förutsättningar

I följande avsnitt beskrivs platsspecifika förutsättningar som påverkar framtida förslag till dagvatten- och skyfallshantering.

## 2.1 Fältbesök

Översiktlig inventering utfördes 14 juni 2021. Området är starkt kuperat och berg i dagen syns på flera ställen. På ett flertal ställen syns rinnvägar i terrängen bland annat från Skogshyddan (befintlig förskolebyggnad), längs med gångbanan ner mot dagvattendammen och Lilla Danska vägen samt runt om på skolgården. Rinnvägarna ger en indikation för hur vattnet rinner vid nederbörd, vilket syns i Figur 5. Takvatten från Skogshyddan leds visa dagvattenledningar på området till dagvattendammen. Dammen är i fint skick (Figur 7).

På skolans västra sida finns en lågpunkt längs fasaden där det i dagsläget är fyllt med makadam (se Figur 4). Från skogspartiet nordväst om skolan går en rinnväg ner mot denna lågpunkt. Från samtal med vaktmästare på skolan kom det fram att skolan inte har några problem med översvämningar i dagsläget. Däremot har de höga flöden i stuprör på den befintliga skolbyggnaden.

I planområdets sydvästra hörn på fastigheten vid Skogshyddegatan är det riklig växtlighet och marken upplevs väl dränerande, vilket tyder på att jordartskartan stämmer och att sandremsan fyller en viktig infiltrerande kapacitet (se Figur 6). Fastighet Bö 76:40 med en villa är kuperad och har både gräsmatta samt berg i dagen på tomten. Skogsområdet öster om fastigheten är också det kuperat med berg i dagen och mycket vegetation. Marken kändes torr även här och infiltrationen trots bergig mark upplevs relativt hög.

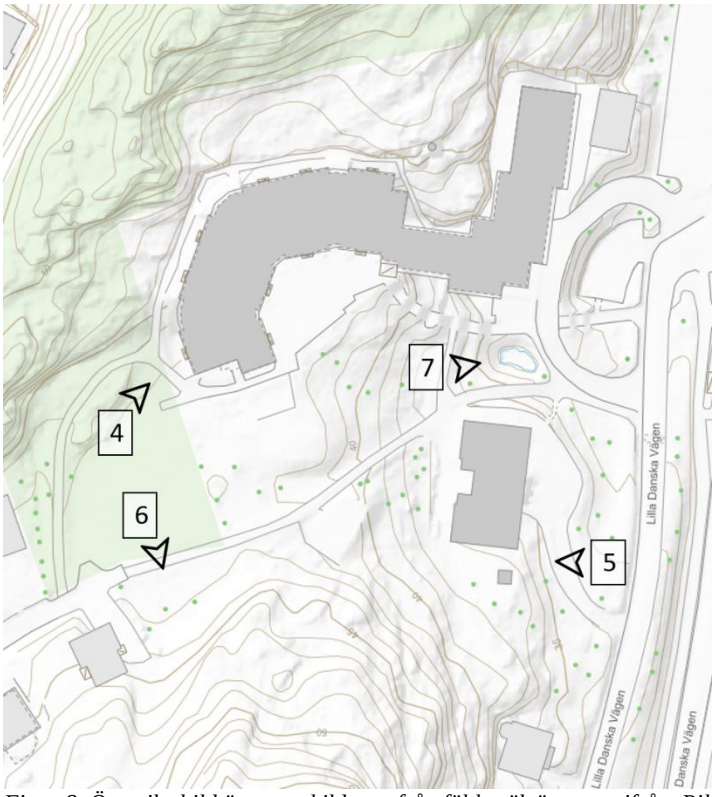
Kompletterande fältbesök för utbyggnadsalternativ B gjordes den 7 juli. På skolans norra sida finns ännu ett berg med mycket berg i dagen och skog. Från berget är det en brant sluttning ner till skolan och längs fasaden ligger makadam för infiltration.

*Figur 4. Lågpunkt vid skolan med makadamfyllning dit vatten rinner från skogsområdet som syns till vänster i bilden.*

*Figur 5. Tydliga rinnvägar från Skogshyddans sydöstra hörn. Vattnet rinner vidare ner mot en asfaltsplan och sedan vidare till Lilla danska vägen.*

*Figur 6. Bilden visar berget i södra delen av planområdet som består av kuperad mark med berg i dagen och mycket vegetation. Gräsytan i framkant är torr och indikerar att sand finns i marken och infiltrationen är god.*

*Figur 7. Dagvattendamm på skolområdet som har brunn ut i dagvattenledning i Danska vägen.*




*Figur 8. Översiktsbild över var bilderna från fältbesök är tagna ifrån. Pilen visar åt vilken riktning bilden är tagen och siffran figurnummer.*

## 2.2 Tidigare utredningar och pågående projekt

Tidigare dagvattenutredningar för *bostäder vid Lilla Danska vägen* (Göteborgs stad, 2020-03-12) och *bostäder, påbyggnader och verksamheter vid Danska vägen* (Ramböll, 2017-06-15) har analyserats och

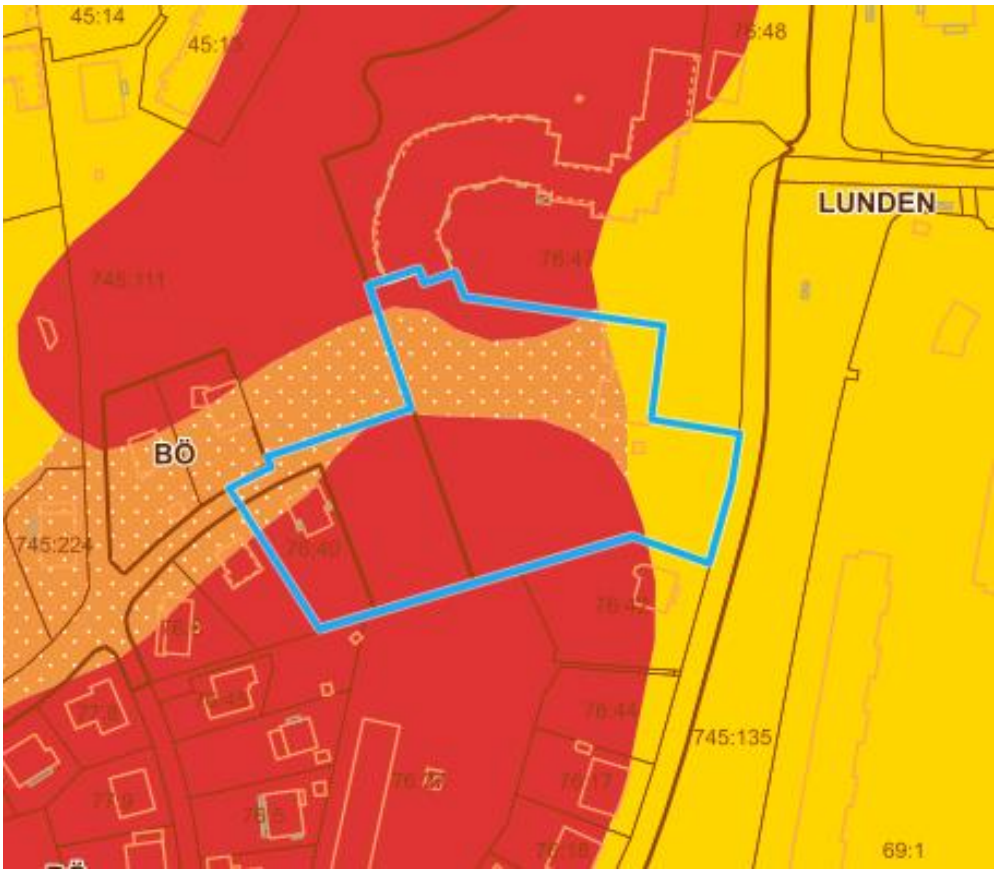
material som stämmer överens med aktuellt planområde har använts från dessa utredningar. Dessutom finns det en tidigare dagvattenutredning för detaljplan för bostäder och verksamheter vid Prästgårdsängen (Ramböll, 2016-05-21) om även den ligger längs med Danska vägen.

Finns inga upplysningar om att andra pågående projekt i området kan påverka utredningsområdet.

## 2.3 Geologi, grundvatten och markmiljö

Området är kuperat och lutar från den sydvästra delen ner mot Lilla Danska vägen och vidare mot Danska vägen. Den södra delen av planområdet utgörs enligt SGU:s jordartskarta av urberg som i sin tur består av Granit och Gnejs, se Figur 8. I mitten av planområdet går en remsa av sand och i den östra delen, ner mot Lilla Danska vägen, består jordarten av lera. Infiltration i området är mycket begränsad eftersom det består av magmatisk bergart och lera. I sandremsan är däremot infiltrationsmöjligheter större vilket bör tas till hänsyn.

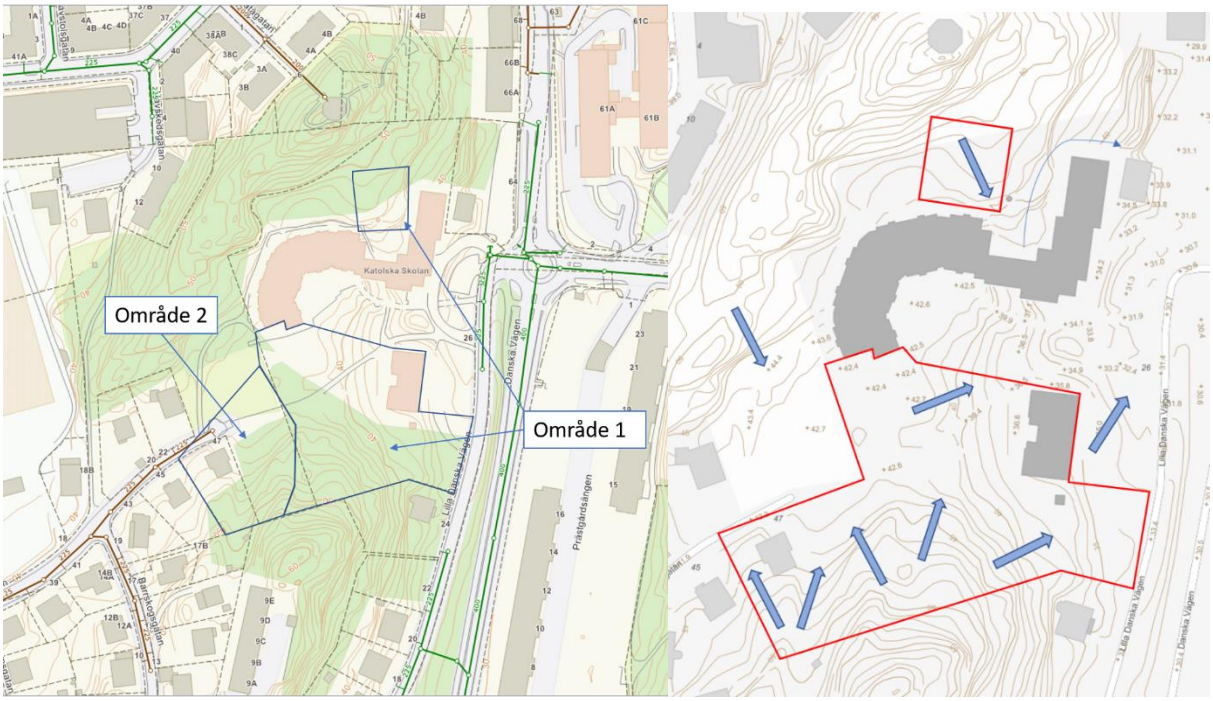
Inga indikationer på förorenad mark finns i tillgängligt material. (Gokart - Förorenade områden)
Geotekniska förhållanden i området har utretts i tidigare planarbeten vid Danska vägen.



*Figur 9. Jordartskarta från SGU med urberg (Rött), sand (orange), lera (gult) (Källa: GoKart)*

## 2.4 Avvattning och recipient

Dagvattnet från fastigheten Bö 76:47 (Katolska skolan) avleds via allmänna dagvattenledningar i Danska vägen till Delsjöbäcken och rinner därefter ner till Mölndalsån. Dagvatten från fastighet Bö 76:40 och Lunden 745:111 (i områdets sydvästra hörn) leds via kombinerat system till Ryaverket, där det genomgår spillvattenrening, se Figur 10. Ledningens dimensioner är av storlek 225 mm. Vid stora flöden bräddas en del av volymen i det kombinerade systemet till Gullbergsån.




*Figur 10. Karta över ledningssystem, kombinerade och dagvattenförande system. Område 1 avvattnas till dagvattenledning i Danska Vägen. Område 2 avvattnas till kombinerat system i Skogshyddegatan. Kartan till höger visar ytavrinningsvägar i planområdet samt höjdkurvor. Pilarna illustrerar vattnets rinnriktning.*

### 2.4.1 Markavvattningsföretag

Dagvattnet från planområdet avleds inte till ett markavvattningsföretag.

### 2.4.2 Fastställd miljökvalitetsnorm

Recipienten är klassad enligt miljökvalitetsnormer. Delsjöbäcken eller Bäck från Stora Delsjön har problem med miljögifter och övergödning (VISS, 2020). Enligt förvaltningscykel 3 (2017-2021) hade Delsjöbäcken ej god kemisk status och den ekologiska statusen klassades som måttlig. Målet är att uppnå god kemisk status 2027 med undantag för Perfluoroktansulfonsyra (PFOS), Bromerad difenyleter (PBED) samt kvicksilver (Hg). Anledningen till undantagen för PBED och Hg är att det enligt VISS ses som tekniskt omöjligt att nå de nivåerna för att uppnå god kemisk status eftersom källorna till föroreningarna är diffusa. Undantaget för PFOS beror på att orsaken till de negativa effekterna är okänd och därför behövs en undersökande övervakning av vattenförekomsten ske för att kunna initiera åtgärder (VISS, 2020).

Problem med näringsämnen kommer dels från trafik, dels från diffusa källor i form av atmosfärisk deposition samt hästgårdar enligt VISS. Även förändring av morfologiskt tillstånd ses som betydande påverkan vilket är en följd av mänskliga ingrepp i det naturliga vattendraget. Inga av dessa påverkanskällor bidrar planförslaget till.

## 2.5 Befintligt dagvattensystem

I Figur 11 Figur 12 visas ledningssystemet i och kring planområdet. Beräknad vattennivå i ledningsnätet vid dimensionerande 10 respektive 20-årsregn med klimatfaktor 1,25 är markerat med trianglar. 10 års regn är dimensionerande för det kombinerade systemet och 20 års regn för dagvattenledningarna eftersom planområdet bedöms vara tät bostadsbebyggelse (enligt Bilaga 1 Riktlinjer och styrande dokument). I Danska vägen går separerade dagvattenledningar och i Skogshyddegatan är systemet kombinerat där vattnet renas på Ryaverket. Ledningsdimension i det kombinerade systemet vid Skogshyddegatan och dagvattenledningen i Lilla Danska vägen är 225 mm. Från Figur 11 Figur 12 kan det konstateras att båda ledningarna från planområdet har dålig kapacitet och är hårt belastade vid både 10- och 20-års regn.

*Figur 11. Belastning på det kombineradesystemet av ett 10-års regn med klimatfaktor 1,25 är markerat med trianglar. Grönt = Under hjässa. Gult = Över hjässa. Rött = Över mark.*

*Figur 12. Belastning på dagvattensystemet av ett 20-års regn med klimatfaktor 1,25 är markerat med trianglar. Grönt = Under hjässa. Gult = Över hjässa. Rött = Över mark.*

### 2.5.1 Befintligt dagvattensystem Katolska skolan

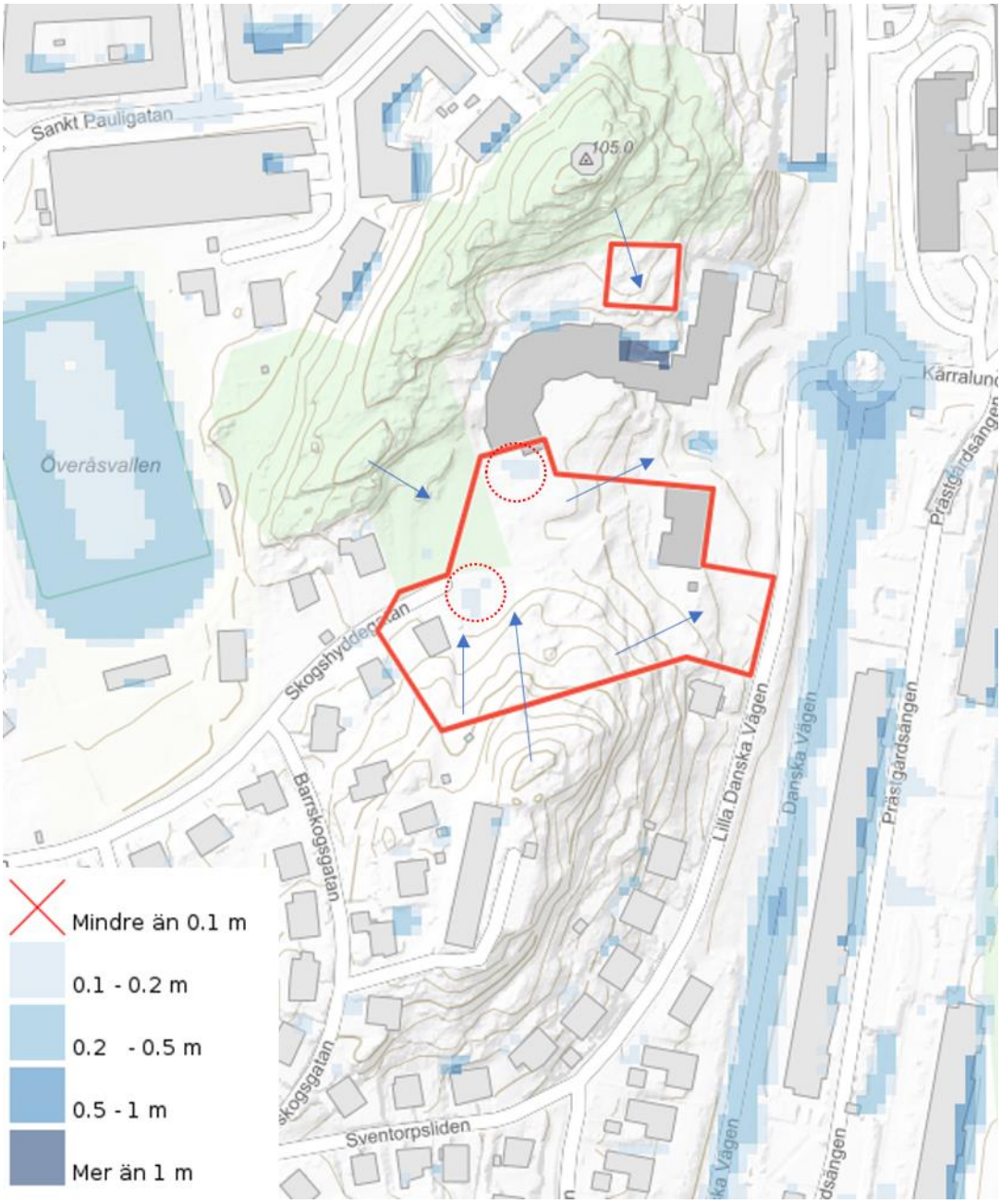
Som Ramboll kom fram till i rapport (2017-06-15) ligger en utjämningsdamm på Katolska skolans fastighet, Bö 76:47. Till dagvattendammen leds takvatten från skolans framsida (östra sidan) samt från befintlig förskolebyggnad, Skogshyddan. Baksidan av skolan (väster sida), längst mot Skogshyddegatan, har ledningar från stuprören som har ett utlopp i slänten ner mot dagvattendammen. Skolans baksida mot norr och stuprören där, ansluts till en ledning som leds ut till dagvattenledning i Danska vägen.

## 2.6 Höga nivåer i hav / flöden i vattendrag

Planområdet påverkas inte av höga vattennivåer i havet eftersom planen ligger på nivå +32 till +50. Planområdet påverkar heller inte av höga flöden i vattendrag.

## 2.7 Skyfallssituation

Resultat av skyfallsmodellering av befintlig situation visas i Figur 13. Modellresultaten visar på vattendjup vid klimatanpassat regn med 100 års återkomsttid.




*Figur 13. Blå områden visar vattendjup vid skyfall i området. Planområdet är markerat med röd linje och blå pilar visar ytavrinning. De röda cirklarna visar identifierade lågpunkter inom planområdet. Karta från Gokart.*

Vid skyfall ställer sig vatten vid Danska vägen och Överåsvallen på östra respektive västra sidan av planområdet. Två lågpunkter identifieras från skyfallsmodelleringen i Scalgo där ca 0,1-0,2 m vatten ställer sig vid skyfall. Dessa punkter ligger vid Skogshyddegatan och vid Katolska skolans södra sida, se Figur 13.

# 3 Analys

I följande avsnitt analyseras planförslaget med avseende på dagvatten- och skyfallsfrågor.

## 3.1 Skyfallsanalys

Skyfallsanalysen utgår ifrån att detaljplanen ska uppfylla kraven i Översiktsplan för Göteborg – Tematiskt tillägg för översvämningsrisker (TTÖP) (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019). Detta beskrivs kort i avsnitt 1.1 samt mer utförligt i Bilaga 1 Riktlinjer och styrande dokument.

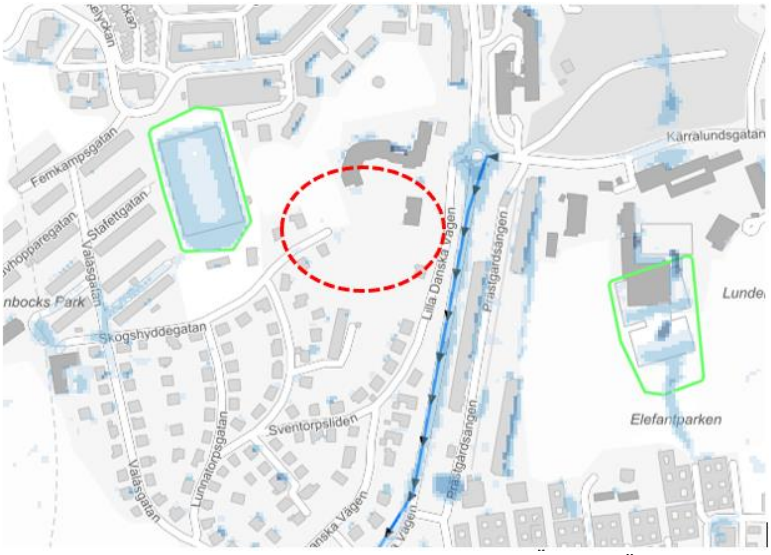
Strukturplan för hantering av skyfall finns för området. I avsnitt 3.1.1 beskrivs dessa och hur detaljplanen påverkar deras genomförbarhet. I avsnitt 3.1.2 analyseras planförslaget ur skyfallsperspektiv.

Eventuella åtgärder som är nödvändiga för att minimera risker och uppfylla kraven beskrivs i avsnitt 4.

### 3.1.1 Strukturplansåtgärder

Strukturplansåtgärder är upprättade för att tjäna som underlag till åtgärder som skyddar samhällsviktiga funktioner, framkomlighet och bebyggelse från konsekvenser vid skyfall. De är framtagna från uppgifter som till viss del kommer från 2011 och 2017 (topografi) vilket medför att förändrade förutsättningar, exempelvis förändrad höjdsättning, påverkar hur skyfallsåtgärder kan utformas för att riktlinjerna ska uppfyllas. Strukturplansåtgärder är indelade i prioritetsklasser. Åtgärder i klass A syftar till att skydda bebyggelse med verksamhetstyperna ”Hälso- och sjukvård samt omsorg” samt ”Skydd och säkerhet”. Klass B syftar till att skydda ”Skola”, ”Samhällsledning” samt ”Kommunikation” eller klass 1 vägar (större statliga och högprioriterade vägar). Åtgärder i klass C syftar till att skydda övrigt. All bebyggelse skyddas inte med strukturplansåtgärderna (Göteborgs Stad, Kretslopp och vatten, 2018).

I Figur 14 kan strukturplanen för delar av avrinningsområdet ses. Detaljplaneområdet är markerat med röd streckad linje. Det finns ingen skyfallsanläggning inom planområdet. Närmast ligger en skyfallsled längs med Danska vägen. Två skyfallsytor finns i närområdet vid Överåsvallen samt Lundenskogen/Elefantparken. Planområdet påverkar inte möjligheten att utföra åtgärdsplanerna.

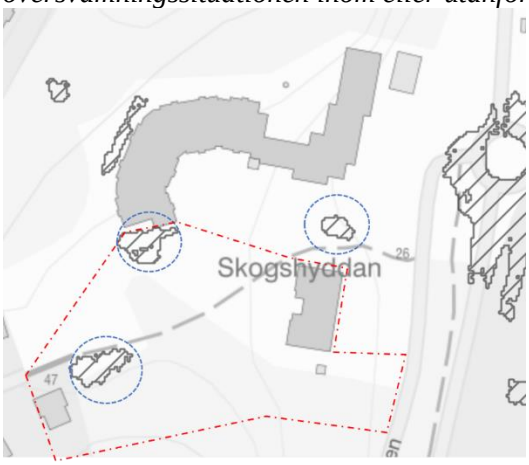



*Figur 14 Föreslagna strukturplansåtgärder för området. Översvämningsytor i grönt, skyfallsleder i blått, samt styrningsåtgärder i rött. Planområdet är markerat med röd streckad linje. (Källa: Vatten i Staden)*

### 3.1.2 Riskområden

Baserat på punkterna i Kapitel 1.1 och Bilaga 1 Riktlinjer och styrande dokument har följande risker analyserats ur ett skyfallsperspektiv:

- Det finns risk att vatten ansamlas och blir stående kring utbyggnadsalternativ A för skolan, vid skyfall. Detta eftersom en naturlig rinnväg som går från den befintliga skolans västra sida ner mot GC-banan stoppas vid utbyggnaden. För att undvika denna risk bör rinnvägen ersättas genom att höjdsättning görs för att leda vattnet runt utbyggnaden så det inte blir stående längs med byggnaden. *Denna risk kopplas till punkten om att ny bebyggelse inte ska skadas vid översvämning.*
- Det utgörs ingen risk att vatten blir stående med mer än 20 cm vattendjup vid några av byggnaders entréer förutsatt att de byggs där de enligt tillhandahålla ritningar (från SBK) är planerade. *Denna risk kopplas till punkten om att tillgängligheten till nya byggnaders entréer inom planområdet ska säkerställas.*
- Modellen visar att det finns risk att vatten ansamlas på Danska vägen med ett vattendjup som överstiger 20 cm. Eftersom det finns andra evakueringsvägar från planområdet bedöms risken låg och inga vidare åtgärder behövs. *Denna risk kopplas till punkten om framkomlighet till och inom planområdet.*
- Planerad byggnation riskerar att orsaka ökad avrinning till närliggande områden eftersom planen innebär ökad reducerad area. Dessutom visar en analys i Scalgo att det finns tre markfördjupningar inom planområdet (se Figur 15). En av markfördjupningarna är dagvattendammen på Katolska skolans fastighet vilken fungerar som dagvattenanläggning idag. De två andra markfördjupningarna är ca 100–150 m$^2$ vardera och ligger där alternativ A av utbyggnaden på skolan är planerad samt i kanten av fastighet 745:111 (Se Figur 15). För att inte förvärra översvämningsrisken nedströms är det viktigt att sådana markfördjupningar bevaras eller kompenseras på annat sätt. Om inte dessa platser kan bevaras måste samma volym kunna fördröjas på annan plats inom respektive fastighet. *Denna risk kopplas till punkten om att översvämningssituationen inom eller utanför planen inte skall försämras.*




*Figur 15. Markfördjupningar i planområdet från analys i Scalgo. Fördjupningar markerade med streckad yta och blå cirkel. Planområdet markerat med röd streckad linje.*

## 3.2 Fördröjningsbehov dagvatten

Göteborg stad ställer krav på fördröjning av dagvatten på både kvartersmark och allmän platsmark. Nedan är dessa behov beräknade och beskrivna per fastighet och allmän platsmark.

En uppskattning av områdets markanvändning har gjorts. Resultatet är redovisat i Tabell 13 i Bilaga 2 Beräkningar samt i Figur 16Figur 17 nedan, som illustrerar markanvändning innan och efter exploatering. Planförslaget innebär en ökning av hårdgjorda ytor vilket innebär att den reducerade arean ökar.

*Figur 16 Markanvändning före utbyggnad*

*Figur 17 Markanvändning efter utbyggnad*

### 3.2.1 Fördröjningsbehov kvartersmark

Den reducerade arean beräknades genom att multiplicera arean för varje delområde med avrinningskoefficienten för det delområdet. Endast de delar av planområdet som ska exploateras och där markanvändning ändras är medräknade i den reducerade arean i Tabell 1 nedan. Hela Katolska skolans skolgårds är därför inte medräknade i denna tabell eftersom en stor del av skolgården inte ska exploateras. Reducerad area före och efter exploatering är redovisade i Tabell 1 för samtliga fastigheter.

För att beräkna volymen av 10 mm fördröjning på kvartersmark används ekvation 1 nedan. I Tabell 2 visas erforderlig fördröjningsvolym per fastighet som behövs fördröjas inom varje fastighet för att uppfylla Göteborgs stads krav på 10 mm per reducerad area.

$$Fördröjningsvolym\ (m^3) = reducerad\ area\ (m^2) * 0{,}01m \qquad (1)$$

*Tabell 1 Markanvändning före och efter exploatering för respektive fastighet samt beräkning av reducerad area. Efter exploatering bedöms områdena utgöras av skolområde samt flerbostadshusområde. Avrinningskoefficienten (ϕ) har beräknats utifrån förväntad markanvändning.*

| Markanvändning | Avrinnings-koefficient ϕ | Före Exploatering | | Efter Exploatering | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A (ha) | $A_{red}$ (ha) | A (ha) | $A_{red}$ (ha) |
| Bö 76:40 | | 0,117 | **0,035** | 0,117 | **0,071** |
| Tak | 0,9 | 0,015 | 0,014 | 0,041 | 0,037 |
| Asfalt | 0,8 | 0,001 | 0,001 | 0,032 | 0,026 |
| Naturmark | 0,2 | 0,101 | 0,020 | 0,044 | 0,009 |
| Lunden 745:111 | | 0,155 | **0,031** | 0,155 | **0,106** |
| Tak | 0,9 | - | - | 0,069 | 0,062 |
| Asfalt | 0,8 | - | - | 0,045 | 0,036 |
| Naturmark | 0,2 | 0,155 | 0,03 | 0,041 | 0,008 |
| Bö 76:47 ALT A | | 0,115 | **0,046** | 0,115 | **0,103** |
| Tak | 0,9 | - | - | 0,115 | 0,103 |
| Skolgård | 0,4 | 0,115 | 0,046 | - | - |
| Bö 76:47 ALT B | | 0,122 | **0,049** | 0,122 | **0,110** |
| Tak | 0,9 | - | - | 0,122 | 0,110 |
| Skolgård | 0,4 | 0,122 | 0,049 | - | - |

*Tabell 2. Fördröjningsbehov för kvartersmark. Krav på 10 mm / reducerad area.*

| **Område** | **Fördröjningsvolym [m³]** |
|---|---|
| Bö 76:40 | 7 |
| Lunden 745:111 | 11 |
| Bö 76:47 ALT A | 10 |
| Bö 76:47 ALT B | 11 |

### 3.2.2 Dimensionerande flöde och fördröjning allmän plats

Ledningsnätet har inte kapacitet för tillkommande flöden utan att orsaka risker för översvämningar. Fördröjningsanläggningar behöver anläggas för att inte orsaka problem nedströms. För dimensionering av dessa lösningar har flödena från hela planområdet beräknats.

För beräkning av befintligt dagvattenflöde har återkomsttiden 10 år valts för den del av planområdet som leds till det kombinerade systemet i Skogshyddegatan, enligt P110. För Katolska skolans fastighet som leds till dagvattenledningar i Danska Vägen har återkomsttiden 20 år valts, enligt P110. Dimensionerande regnvaraktighet är 10 min. Dimensionerande regnintensitet för beräkning av flöden med rationella metoden blir därmed 228 respektive 286,7 l/s • ha för 10 respektive 20 års regn.

Det dimensionerande flödet beräknades enligt ekvation 2 nedan. Före exploatering används en klimatfaktor på 1 och efter exploatering 1,25 (enligt P110) för att kompensera för förhöjda regnintensiteter på grund av klimatförändringar. Den reducerade arean framgår av Tabell 13 i Bilaga 2 Beräkningar.

$$Q_{dim}\left[\frac{l}{s}\right] = regnintensitet\ \left[\frac{l}{s}ha\right] \cdot reducerad\ area\ [ha] \cdot klimatfaktor \qquad (2)$$

Dimensionerande flöde för området före exploatering redovisas i Tabell 3.

*Tabell 3 Dimensionerande flöde för flerbostadshuset och BmSS vid ett 10 års regn. En jämförelse mellan nuläge, efter exploatering och efter exploatering med klimatfaktor 1,25.*

| **Bö 76:40** | **10 års regn** |
|---|---|
| Flöde nuläge | 8 |
| Flöde efter exploatering | 16 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 20 |
| **Lunden 745:111** | |
| Flöde nuläge | 7 |
| Flöde efter exploatering | 24 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 30 |
| **Summa Nuläge** | **15** |
| **Summa (efter exp. inkl KF)** | **51** |

*Tabell 4. Dimensionerande flöde för Katolska skolans fastighet vid ett 20års regn. En jämförelse mellan nuläge, efter exploatering och efter exploatering med klimatfaktor 1,25.*

| **Bö 76:47 ALT A** | **20 års regn** |
|---|---|
| Flöde nuläge | 89 |
| Flöde efter exploatering | 105 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 132 |
| **Bö 76:47 ALT B** | |
| Flöde nuläge | 105 |
| Flöde efter exploatering | 123 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 154 |
| **GC-bana** | |
| Flöde nuläge | 2 |
| Flöde efter exploatering | 8 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 10 |
| **Summa Nuläge A** | **91** |
| **Summa Nuläge B** | **107** |
| **Summa ALT A (inkl KF)** | **142** |
| **Summa ALT B (inkl KF)** | **164** |

Dimensionerande flöde för flerbostadshuset och BmSS före exploatering blir enligt ekvation ovan 15 l/s. Dimensionerande flöde för flerbostadshuset och BmSS efter exploatering blir enligt ekvation ovan 51 l/s vilket innebär att flödet ökar med ca 36 l/s jämfört med befintligt flöde. För att inte öka risken för översvämningar nedströms behöver fördröjningsmagasinet ha volymen 20 $m^3$. Utförliga beräkningar hur fördröjningsvolymen har beräknats finns i Bilaga 2 Beräkningar.

Dimensionerade flöde för Katolska skolans fastighet före exploatering blir enligt ekvation ovan 91 respektive 107 l/s för de två olika utbyggnadsalternativen A och B. Anledningen till att nulägets värden är olika beror på att olika stor area är beräknad då utbyggnadsalternativen tar olika stor yta i anspråk. Dimensionerande flöde efter exploatering blir för de två alternativen 142 respektive 164 l/s enligt ekvation ovan vilket innebär att flödet ökar med ca 51 respektive 57 l/s för de båda alternativen. För att

inte öka risken för översvämningar nedströms behöver fördröjningsanläggningen på allmän plats för denna fastighet ha volymen 30 $m^3$ för alternativ A och 35 $m^3$ för alternativ B. Utförliga beräkningar hur fördröjningsvolymen har beräknats finns i bilaga 2.

# 3.3 Dagvattenkvalitet

## 3.3.1 Storskaliga dagvattenreningsanläggningar

Enligt åtgärdsförslag för dagvatten (Göteborgs stad, 2019) har Delsjöbäcken problem med miljögifter. Det finns därför reningsbehov av P, N, SS, BaP, TBT. Potentiella ytor för rening har identifierats där Danska vägen är en av dem där ett dike längs med vägen eller liknande kan vara ett alternativ.

## 3.3.2 Föroreningsberäkning

Föroreningsberäkningar har utförts för respektive fastighet med hjälp av StormTacs webbapplikation, ett webbaserat verktyg för beräkning av föroreningstransport och dimensionering av dagvattenanläggningar. Modellen innehåller processer för avrinning, flödestransport, basflöde (inläckage grundvatten) och ge en årsmedelkoncentration på dagvattnets föroreningsinnehåll samt årlig massbelastning.

Årsmedelnederbörden 1049 mm/år har använts som indata för nederbörd med korrektionsfaktor. För de framtida beräkningarna efter exploatering har dessutom klimatfaktorn 1,25 använts. Före utbyggnad antas området till största del bestå av skolområde och naturmark. Efter exploatering bedöms områdets markanvändning motsvara flerbostadsområde.

Reningsanläggningarna har dimensionerats så att föroreningshalterna klarar miljöförvaltningens målvärden samt att föroreningsmängderna i största mån inte ökar utifrån befintligt läge. Reningskravet från Göteborgs stad säger att föroreningsmängderna inte ska öka efter exploatering men eftersom modellen innebär en del osäkerhet i resultaten, på grund av osäkra indata så som markanvändning och föroreningsbelastning för respektive markanvändning, är små skillnader i resultatet godtagbart. I StormTac finns olika markanvändningar att basera beräkningarna på. Dessa markanvändningar innehåller olika avrinningskoefficienter och föroreningsbelastningar och dess data har olika hög säkerhet beroende på mängden indata som finns. Därför har markanvändningen flerbostadshusområde använts för hela planområdet efter exploatering eftersom den markanvändningen har hög säkerhet i dess data och istället har avrinningskoefficienterna anpassats för respektive fastighet utifrån reducerad area.

Se Tabell 5Tabell 9 för resultat över föroreningsberäkningarna innan och efter exploatering samt efter rening i vald standardlösning, för respektive fastighet

**Fastighet Bö 76:40**
I StormTac användes markanvändningen ”Villaområde” före exploatering och ”Flerbostadshusområde” efter exploatering. Tabell 5 visar att halten efter exploatering av flerbostadshuset (Bö 76:40) överstiger målvärden. Efter rening i regnbädd uppnås alla målvärden. Föroreningsmängderna ökar dock efter rening jämfört med före exploatering vilket är negativt för belastningen på Ryaverket.

*Tabell 5. Föroreningshalter och föroreningsmängder för 76:40 (Flerbostadshus) innan och efter rening. Reningsanläggning består av regnbädd. Grå markering indikerar att målvärden ej uppnås samt att mängder har ökat jämfört med innan exploatering.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Föroreningshalter** | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | 130 | 1300 | 5.9 | 13 | 55 | 0.29 | 3.4 | 4.7 | 0.011 | 29000 | 240 | **0.030** |
| Efter exploatering | **200** | 1600 | 12 | **25** | **86** | 0.56 | **9.8** | 8.1 | 0.022 | 59000 | 570 | **0.041** |
| Efter rening | 130 | 1200 | 3.6 | 16 | 25 | 0.11 | 5.4 | 2.0 | 0.012 | 22000 | 240 | 0.0092 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| **Föroreningsmängd** | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.093 | 0.92 | 0.0041 | 0.0092 | 0.038 | 0.00020 | 0.0024 | 0.0033 | 0.0000075 | 20 | 0.17 | 0.000021 |
| Efter exploatering | 0.19 | 1.5 | 0.011 | 0.024 | 0.080 | 0.00053 | 0.0092 | 0.0076 | 0.000020 | 55 | 0.54 | 0.000039 |
| Efter rening | **0.12** | **1.1** | 0.0034 | 0.015 | 0.023 | 0.00010 | **0.0051** | 0.0019 | **0.000011** | **21** | **0.23** | 0.0000087 |

## Fastighet Lunden 745:111

I StormTac användes markanvändningen ”Skogsmark” före exploatering och ”Flerbostadshusområde” efter exploatering. Avrinningskoefficienten för ”Skogsmark” och ”Flerbostadshusområde” är ändrad i StormTac för att motsvara reducerad area för fastigheten. Tabell 6 avser fastighet Lunden 745:111 och byggnation av ett BmSS och visar att föroreningshalterna ökar vid exploatering men klarar alla målvärden efter rening i ett makadamdike. Föroreningsmängderna ökar dock även efter rening jämfört med innan exploatering vilket ökar belastningen på Ryaverket.

*Tabell 6. Föroreningshalter och föroreningsmängder för 745:111 (BmSS) innan och efter rening. Reningsanläggning består av makadamdike. Grå markering indikerar att målvärden ej uppnås.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Föroreningshalter** | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | 16 | 310 | 2.6 | 4.7 | 12 | 0.092 | 1.8 | 2.8 | 0.0064 | 15000 | 81 | 0.0046 |
| Efter exploatering | **210** | 1600 | 13 | **27** | **89** | 0.60 | **10** | 8.3 | 0.023 | **62000** | 610 | **0.043** |
| Efter rening | 140 | 960 | 5.3 | 13 | 29 | 0.18 | 5.2 | 4.5 | 0.016 | 30000 | 160 | 0.025 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| **Föroreningsmängd** | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.013 | 0.25 | 0.0021 | 0.0038 | 0.0098 | 0.000075 | 0.0015 | 0.0023 | 0.0000052 | 12 | 0.066 | 0.0000037 |
| Efter exploatering | 0.28 | 2.1 | 0.017 | 0.036 | 0.12 | 0.00081 | 0.014 | 0.011 | 0.000031 | 83 | 0.82 | 0.000059 |
| Efter rening | **0.18** | **1.3** | **0.0072** | **0.017** | **0.039** | **0.00024** | 0.0071 | **0.0061** | **0.000022** | **40** | **0.22** | **0.000033** |

Total belastning i det kombinerade systemet som renas på Ryaverket är redovisat i Tabell 7. Efter exploatering och rening är mängderna per år högre än före exploatering. Dagvattnet från dessa fastighter ska enligt föreslagna lösningar på allmän platsmark gå igenom ytterligare en regnbädd innan det når det kombinerade systemet. Lösningarna hamnar därför i serie och reningen bli tillräcklig om dagvattnet leds denna väg.

*Tabell 7. Total föroreningsmängd till kombinerat system. Mängder som överstiger mängderna före exploatering är markerade med grå celler.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Föroreningsmängd** | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0,106 | 1,17 | 0,0062 | 0,013 | 0,0478 | 0,000275 | 0,0039 | 0,0056 | 0,0000127 | 32 | 0,236 | 0,0000247 |
| Efter exploatering | 0,47 | 3,6 | 0,028 | 0,06 | 0,2 | 0,00134 | 0,0232 | 0,0186 | 0,000051 | 138 | 1,36 | 0,000098 |
| Efter rening | 0,3 | 2,4 | 0,0106 | 0,032 | 0,062 | 0,00034 | 0,0122 | 0,008 | 0,000033 | 61 | 0,45 | 0,0000417 |

## Fastighet Bö 76:47 - Katolska skolan

I StormTac användes markanvändningen ”Skogsmark” före exploatering och ”Flerbostadshusområde” efter exploatering. Avrinningskoefficienten för ”Skogsmark” och ”Flerbostadshusområde” är ändrad i StormTac för att motsvara reducerad area för fastigheten. Tabell 8 avser beräkningar för

utbyggnadsalternativ A av Katolska skolan och rening i dagvattendamm. Tabell 9 avser beräkningar för utbyggnadsalternativ B och rening i regnbädd. Föroreningsmängderna ökar ej efter exploatering vilket uppfyller Göteborgs stads reningskrav. Med avseende på miljökvalitetsnormerna görs bedömningen att planen inte kommer påverka statusen för Delsjöbäcken negativt. Denna bedömning grundar sig i att totalmängderna som släpps ut till recipienten per år inte ökar något.

*Tabell 8. Föroreningshalter och föroreningsmängder innan och efter rening för Katolska skolan. Reningsanläggning är dagvattendamm. Grå markering indikerar att målvärden ej uppnås.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Föroreningshalter | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | **180** | 1500 | 11 | **23** | **78** | 0.49 | **8.7** | 7.7 | 0.020 | 53000 | 510 | **0.036** |
| Efter exploatering | **190** | 1600 | 12 | **25** | **83** | 0.54 | **9.5** | 8.0 | 0.021 | 57000 | 560 | **0.040** |
| Efter rening | 110 | 1200 | 5.0 | 13 | 38 | 0.31 | 3.4 | 4.3 | 0.015 | 22000 | 83 | 0.014 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| Föroreningsmängd | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.91 | 7.6 | 0.053 | 0.11 | 0.39 | 0.0024 | 0.043 | 0.038 | 0.000100 | 260 | 2.5 | 0.00018 |
| Efter exploatering | 1.1 | 8.5 | 0.064 | 0.13 | 0.46 | 0.0030 | 0.052 | 0.044 | 0.00012 | 310 | 3.0 | 0.00022 |
| Efter rening | 0.60 | 6.6 | 0.027 | 0.071 | 0.21 | 0.0017 | 0.019 | 0.023 | 0.000082 | 120 | 0.45 | 0.000074 |

*Tabell 9. Föroreningshalter och föroreningsmängder innan och efter exploatering för Katolska skolan B. Reningsanläggning är regnbädd. Grå markering indikerar att målvärden ej uppnås.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Föroreningshalter | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | **180** | 1500 | 11 | **23** | **78** | 0.49 | **8.7** | 7.7 | 0.020 | 53000 | 510 | **0.036** |
| Efter exploatering | **190** | 1600 | 12 | **25** | **83** | 0.54 | **9.5** | 8.0 | 0.021 | 57000 | 560 | **0.040** |
| Efter rening | 140 | 1300 | 4.0 | 18 | 28 | 0.11 | 5.7 | 2.2 | 0.013 | 25000 | 260 | 0.010 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| Föroreningsmängd | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.91 | 7.6 | 0.053 | 0.11 | 0.39 | 0.0024 | 0.043 | 0.038 | 0.000100 | 260 | 2.5 | 0.00018 |
| Efter exploatering | 1.1 | 8.5 | 0.064 | 0.13 | 0.46 | 0.0030 | 0.052 | 0.044 | 0.00012 | 310 | 3.0 | 0.00022 |
| Efter rening | 0.78 | 7.0 | 0.022 | 0.097 | 0.15 | 0.00063 | 0.031 | 0.012 | 0.000071 | 140 | 1.4 | 0.000056 |

# 4 Föreslagna åtgärder

Dagvattnet från kvartersmark ska fördröjas och dessutom genomgå enklare rening. Öppna dagvattenlösningar är att föredra som fördröjningsmetod då systemet blir mer robust och rening av dagvattnet sker via infiltration. Dagvattenlösningarna ska planeras med hänsyn till geologin där infiltrationen är bäst.

Under projektets genomförande har 3 möten hållits för att diskutera utredningen och möjliga åtgärder. Senaste mötet hölls 31/8. På mötet var Stadsbyggnadskontoret, Trafikkontoret, Kretslopp och vatten, Park- och naturförvaltningen, Stadsledningskontoret samt White arkitekter och FastBolaget representerade.

## 4.1 Kvartersmark

Här beskrivs vilka lösningar som föreslås för respektive fastighet och exploatör. Flera alternativ av lösningar presenteras för fastigheterna för att skapa en förståelse kring alternativ av ytbehov kontra kostnad. Mer information om lösningarna finns i 4.1.5. I Tabell 10 i slutet av avsnittet sammanfattas alla föreslagna lösningar för respektive fastighet utifrån fördröjningskrav och fastighetens utformning. I avsnitten 4.1.1 - 4.1.3 beskrivs lösningarna för dagvatten mer ingående och skyfallsproblematik.

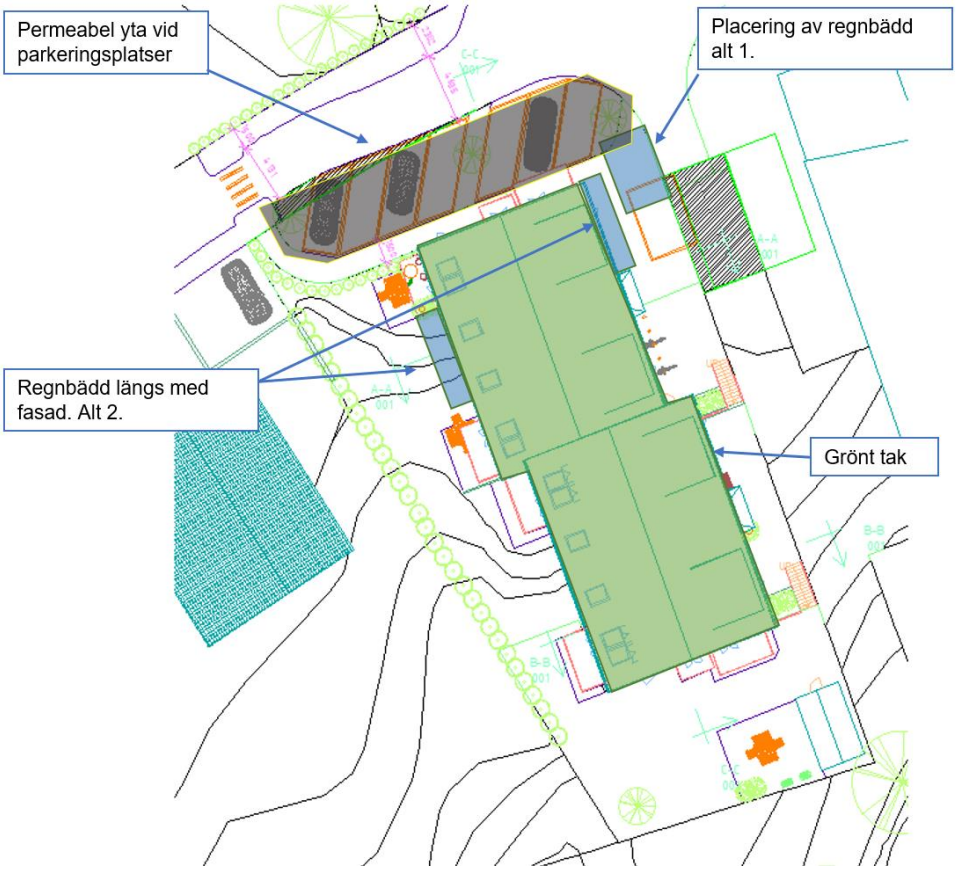
Föroreningsberäkningarna är baserade på alternativ 1 för respektive fastighet. Om ett annat alternativ eller egen lösning väljs för dagvattenhantering på kvartersmark är det viktigt att se till så att både fördröjningskravet om 10 mm/ reducerad yta är uppnått samt reningskraven. Ett annat alternativ eller lösning kan därför innebära antingen ökat eller minskat ytbehov beroende på lösningens reningsförmåga och fördröjningsvolym.

### 4.1.1 Fastighet Bö 76:40 Flerbostadshus

Föreslagen lösning för fördröjning och rening av dagvatten samt avledning av skyfall är regnbädd. För att rena och fördröja tillräckligt med dagvatten tar regnbädden upp 14 $m^2$ och har en tillgänglig fördröjningsvolym på 7 $m^3$. Regnbädden behöver samla upp vatten från hela fastigheten och placeras därför förslagsvis i fastighetens nordöstra hörn ut mot Skogshyddegatan, se Figur 18.

Ett annat alternativ för hantering av dagvatten på fastigheten är att anlägga regnbäddar vid husets fasader för att samla upp takvatten samt vatten från den övre delen av tomten som kan ledas dit med självfall. Dessa regnbäddar kompletteras med permeabel yta under parkeringsplatserna för att fördröja och rena vattnet där som inte tar sig till regnbädden. Hålad marksten som är vegetationsbeklädd (Gräsarmering i betong) har bäst effekt. Under gräsarmeringen behövs ett makadamlager/magasin för att fördröja vattnet innan det infiltrerar i marken eftersom markens hydrauliska konduktivitet är lägre än gräsarmeringens infiltrationskapacitet (Larm & Blecken, 2019). Makadamlager alternativ dräneringsledning används för att dränera lösningen och leda vattnet till det kombinerade systemet. Detta alternativ kan vara att föredra utifrån höjdsättning på fastigheten och svårigheten att leda allt vatten till en plats.
Alternativen ovan kan dessutom kompletteras med grönt tak för rening och fördröjning av dagvattnet.

För att säkerställa att skyfall inte skapar några problem på fastigheten ska höjdsättning till färdigt golv och entréer byggas enligt Tabell 14 i bilaga 1. Eftersom fastigheten är kuperad och det lutar ner mot föreslagen byggnad från berget bakom kan mycket avrinning väntas vid skyfall. Det är därför viktigt att placera entréer så vatten inte rinner in där eller ställer sig utanför. Framkomlighet till fastigheten bedöms ej riskeras vid skyfall då det inte ställer sig mer än 0,2 m vatten på Skogshyddegatan.




*Figur 18. Föreslagna lösningar för flerbostadshuset. Regnbädd, permeabel yta samt grönt tak föreslås.*

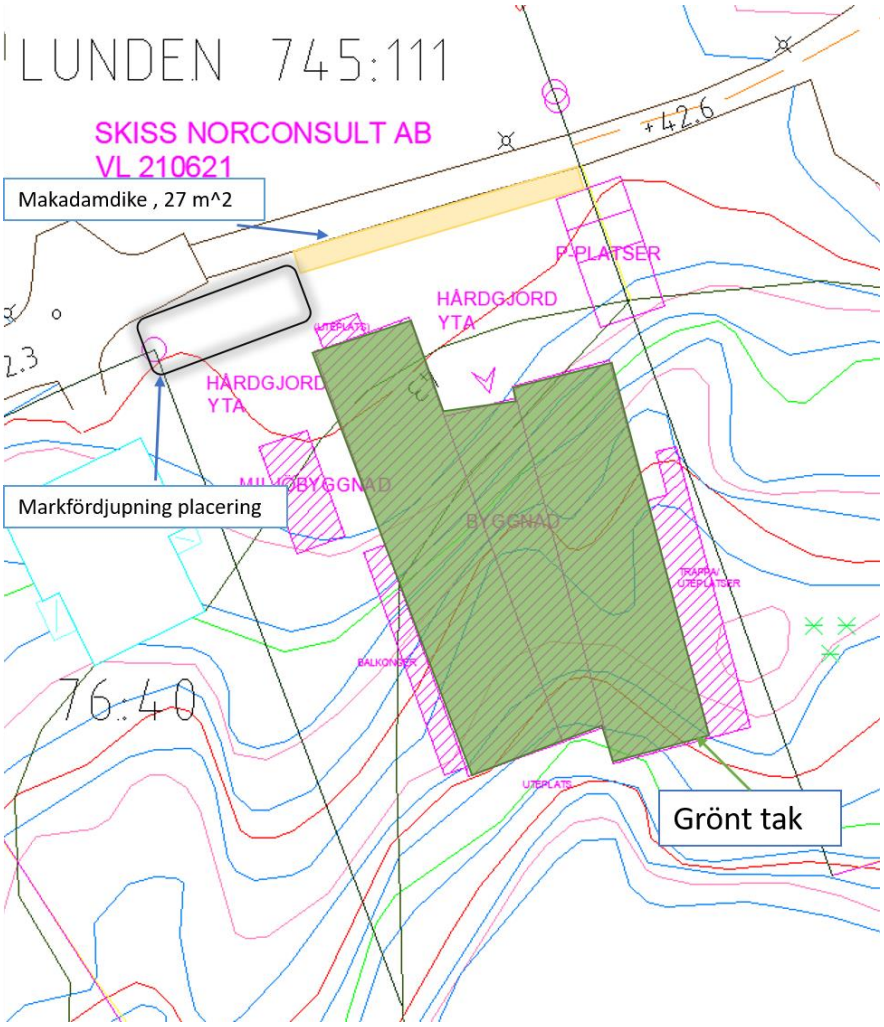
### 4.1.2 Fastighet Lunden 745:111 - BmSS

Föreslagen lösning för fördröjning och rening av dagvatten är ett makadamdike. För att rena och fördröja tillräckligt med dagvatten tar makadamdiket upp 27 $m^2$ och har en tillgänglig fördröjningsvolym på 11 $m^3$. Det placeras förslagsvis längs med GC-banan förutsatt att infarten till parkeringen kan ske tidigare på fastigheten, se Figur 19.

Ett komplement till lösningen är grönt tak som bidrar med rening och fördröjning av dagvattnet. Om grönt tak anläggs kan makadamdiket minskas något.

Ytterligare alternativ är en regnbädd som kan placeras längs med byggnadens fasader för att fördröja dagvatten från taket. Utöver regnbädden behövs ett mindre makadamdike längs GC-banan för att ta hand om dagvattnet från parkeringsytan och den hårdgjorda ytan framför huset.

För att säkerställa att skyfall inte skapar några problem på fastigheten ska höjdsättning till färdigt golv och entréer byggas enligt tabell 14 i bilaga 1. Eftersom fastigheten är kuperad och det lutar ner mot fastigheten från berget i söder kan mycket avrinning väntas vid skyfall. Det är därför viktigt att placera entréer så vatten inte rinner in där eller ställer sig utanför. Framkomlighet till fastigheten bedöms ej riskeras vid skyfall då det inte ställer sig mer än 0,2 m vatten på Skogshyddegatan. Det finns en markfördjupning i den norra delen mot GC-banan som har en volym på ca 10 $m^3$, se Figur 19 för placering. Om markfördjupningen tas bort behöver markfördjupningens volym ersättas på annan del av fastigheten. Marken har god infiltrationsförmåga där markfördjupningen finns så att utnyttja denna yta till fördröjning är att föredra. Det går att kombinera dagvatten- och skyfallshanteringen så de föreslagna lösningarna för dagvatten görs lite större för att även kunna hantera skyfallsvolymen. Förslagsvis görs makadamdiket djupare eller större för att kunna ta hand om både dagvatten och ha extra volymkapacitet vid skyfall. Annan möjlig lösning för skyfall är att sänka parkeringsplatserna så att det tillåts att ställa sig vatten där vid skyfall.




*Figur 19. Föreslagna lösningar för BmSS. Makadamdike längs med GC-bana samt grönt tak föreslås. Markfördjupning inom fastigheten är markerad med svart rektangel.*

### 4.1.3 Fastighet Bö 76:47 Katolska skolan

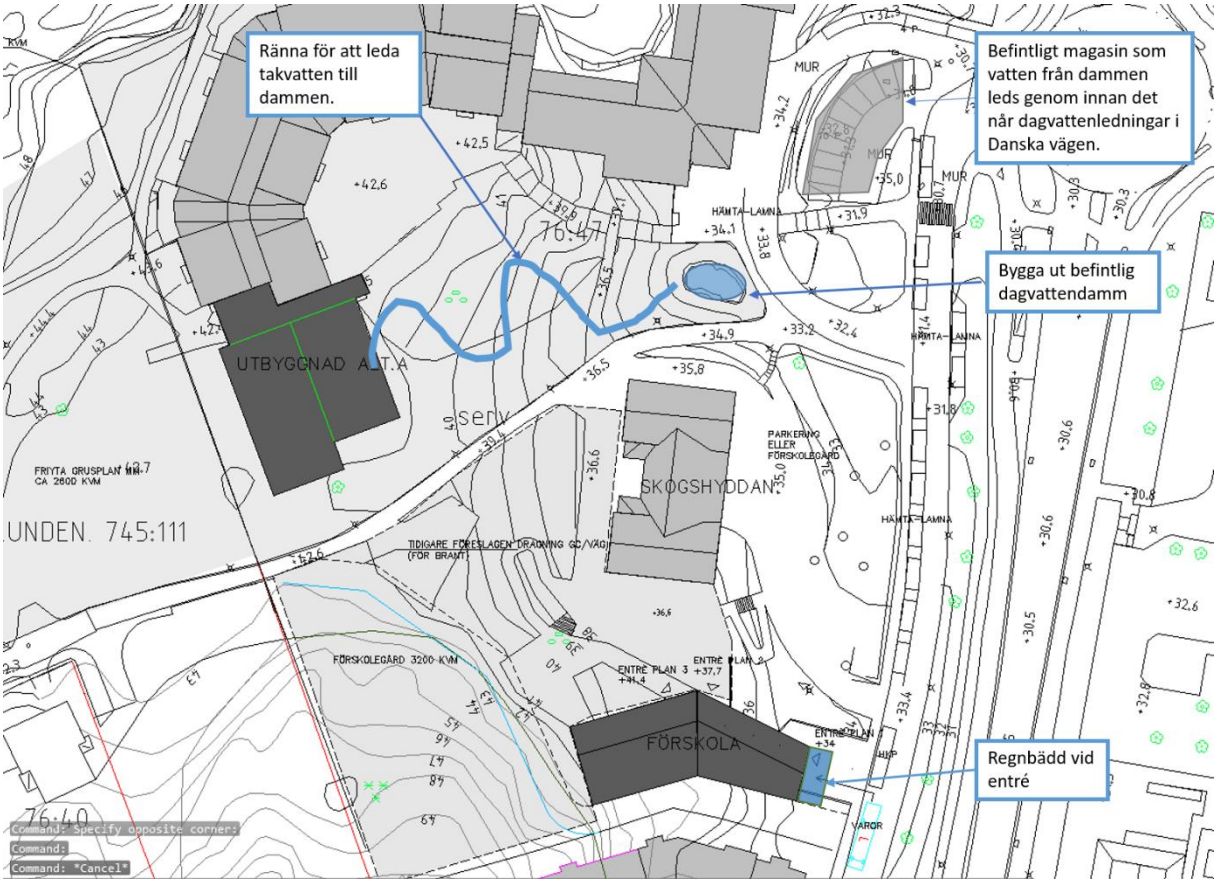
Fördröjningskravet för hela fastigheten har delats upp på de två byggnaderna där 60 % av kravet ska uppfyllas för utbyggnaden av skolan och 40 % av kravet uppfylls av lösning vid förskolebyggnaden. Uppdelningen är gjord utifrån storlek på respektive byggnad.

Föreslagen lösning för fördröjning och rening av dagvatten för alternativ A är att utnyttja befintlig dagvattendamm och leda takvattnet dit via en öppen ränna/ dike, se Figur 20. Denna lösning innebär att ingen ytterligare plats tas i anspråk eftersom diket ska kunna användas för lek och pedagogik både vid torrt väder som vid regn. Genom att utforma diket flackt blir dagvattenlösningen en del av friytorna som behövs på skolgården. Lutningen på diket och även dammen bör vara flackt för att undvika risker, så som fallolycka och drunkning för barn. Ett bra exempel håller på att byggas på Torslandskolan i Göteborg och mer information om utformning finns i Bilaga 5 Typsektioner. För att klara reningsbehovet behöver dammen vara 40 $m^2$ stor och ha en ytterligare fördröjningsvolym på 6 $m^3$ jämfört med dagens för att klara utbyggnadens krav. Den befintliga dammen kan användas men behöver byggas ut och kopplas till diket. Den befintliga dammen bör också kontrolleras för totalt reningsbehov och fördröjningsbehov för både det befintliga dagvattnet som leds till dammen samt den ytterligare mängden som ska kopplas på.

Ett annat alternativ är att anlägga en regnbädd eller makadamdike längs med fasaden vid utbyggnaden och sedan leda vattnet via en öppen ränna till befintlig dagvattendamm innan det går ut i ledningsnätet.

Föreslagen lösning för fördröjning och rening av dagvatten för förskolebyggnaden är en upphöjd regnbädd vid byggandens östra sida. Placeringen behöver fungera med den tänkta entrén på denna sida och takvatten från byggnaden leds hit via stuprör. Anläggningen tar 8.3 $m^2$ i anspråk och har en tillgänglig fördröjningsvolym på 4,4 $m^3$ vilket motsvarar 40 % av fördröjningsbehovet för hela fastigheten. Alternativ placering av regnbädden är längs med långsidorna av förskolebyggnaden dit taket lutar. Passar det bättre utifrån placering av entréer kan anläggningen delas upp och placeras på var sin sida om bygganden. Eftersom byggnaden är i flera nivåer är det viktigt att placera anläggningen tillräckligt lågt för att allt vatten från taket ska kunna ledas dit med självfall. Mer information om regnbädd finns att läsa i avsnitt 4.1.5.

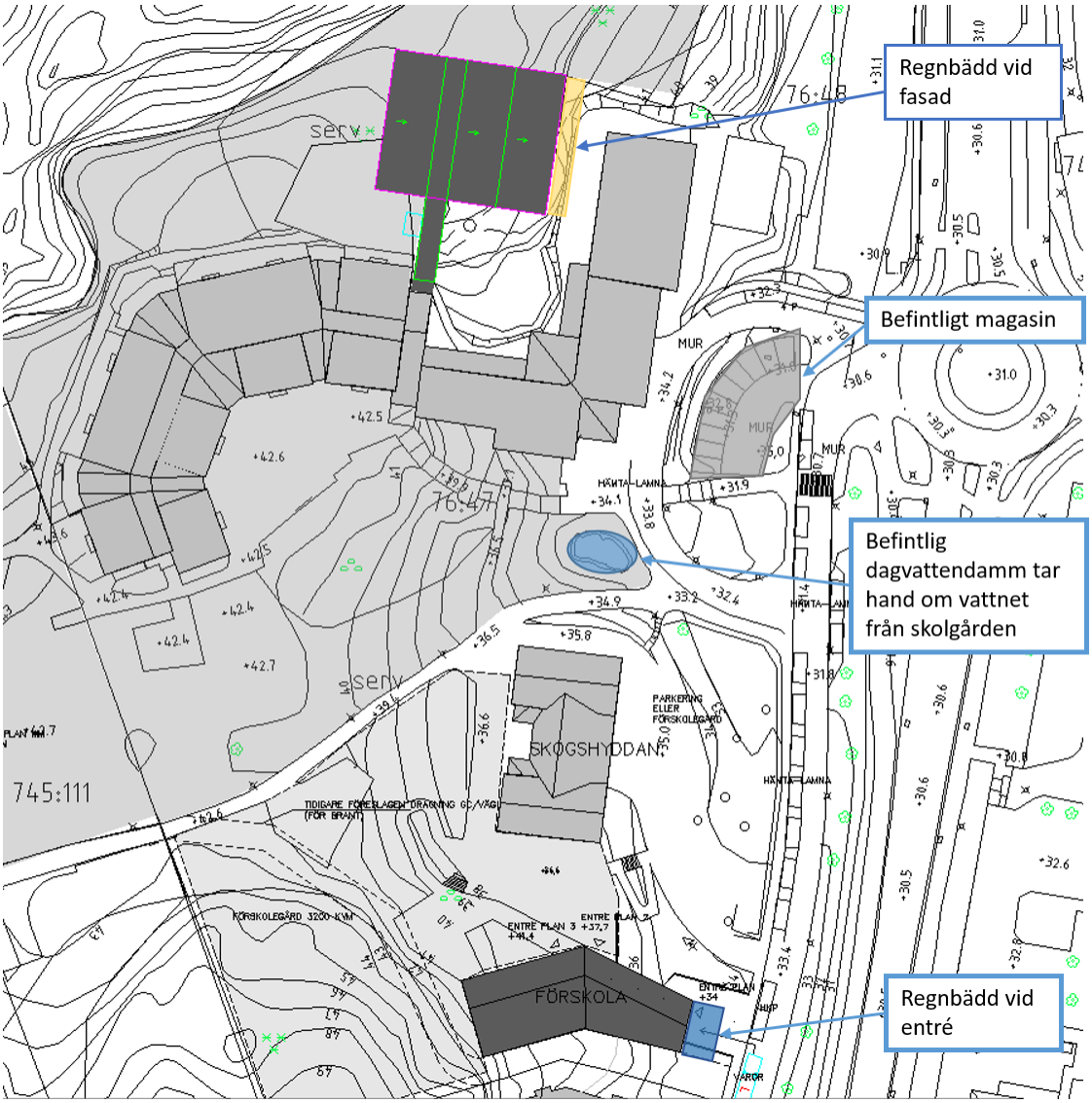
För att säkerställa att skyfall inte skapar några problem på fastigheten ska höjdsättning till färdigt golv och entréer byggas enligt Tabell 14 i bilaga 1. Eftersom det finns en naturlig rinnväg från skogspartiet norr om skolan mot utbyggnaden bör entréer placeras så det ej ställer sig vatten vid entréer. Den naturliga rinnvägen behöver undersökas och ledas om för att det ej ska ställa sig runt utbyggnaden. Det finns dessutom en markfördjupning där utbyggnaden är placerad med en storlek på ca 150 $m^2$ och en volym om 15 $m^3$. Om alternativ A byggs behöver denna volym kunna fördröjas på annan plats inom fastigheten. Det motsvarar exempelvis en nedsänkt yta på 100 $m^2$ och ett tillåtet vattendjup om 15 cm vid skyfall.




*Figur 20. Föreslagna lösningar för Katolska skolan alternativ A samt förskolebyggnad.*

Föreslagen lösning för utbyggnadsalternativ B är upphöjda regnbäddar längs med fasaden i öster, se Figur 21. Ett annat alternativ är att dra ledningar från stuprör till ett magasin eller den befintliga dagvattendammen. Utifrån skyfallsaspekter gäller det samma för alternativ B att entréer inte ska byggas där det kan rinna mycket vatten, i detta fall från skogspartiet norr om utbyggnaden. Några andra risker är inte identifierade för denna utbyggnad.

Utifrån dagvattenhantering är dock utbyggnadsalternativ A att föredra eftersom det lättare integrerar befintlig dagvattenhantering och lösningarna kan integreras i pedagogiken.




*Figur 21. Föreslagna lösningar för alternativ B samt förskolan.*

### 4.1.4 Sammanfattning lösningsalternativ

*Tabell 10. Samtliga lösningsalternativ för respektive fastighet med beskrivning av placering, storlek och funktion.*

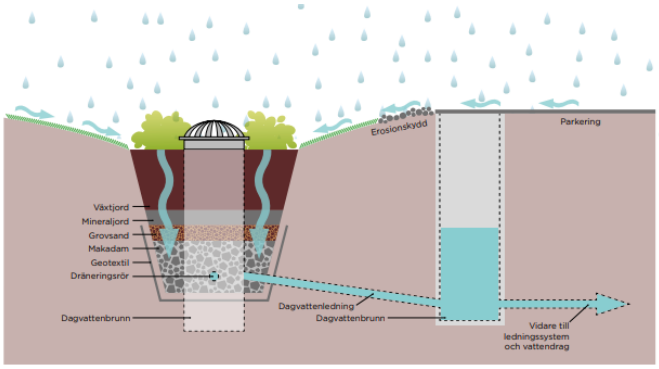
| Alternativ | Fördröjningskrav | Placering | Funktion |
|---|---|---|---|
| ***Bö 46:40 Flerbostadshus*** | | | |
| 1. Regnbädd | 7 $m^3$ | Ut mot Skogshyddegatan | Fördröja och rena allt dagvatten från fastigheten. Krav på yta: 14 $m^{2.}$ |
| 2. Regnbädd + hålad marksten | | Regnbädd längs med fasader på båda sidor om byggnaden samt hålad marksten på parkering | Regnbädd fördröjer och renar dagvatten. Något mindre yta behövs jämfört med alt 1. Hålad marksten fördröjer och renar dagvatten från parkeringen. |
| 3. Regnbädd + hålad marksten + Grönt tak | | Se alternativ ovan. | Se alternativ ovan. Något mindre yta krävs än alternativen ovan pga. grönt tak. |
| ***Lunden 475:111 BmSS*** | | | |
| 1. Makadamdike | 11 $m^3$ + 15 $m^3$ för markfördjupning | Längs med GC-bana | Fördröja och rena allt dagvatten från fastigheten. Krav på yta: 27 $m^2$, längd ca 20 m. |
| 2. Makadamdike + Grönt tak | | Längs med GC-bana samt på taket av huvudbyggnaden. | Fördröja och rena allt dagvatten från fastigheten. Krav på yta: < 27 $m^2$. |
| 3. Regnbädd | | Längs med fasaden | Fördröja och rena dagvatten |
| ***Bö 76:47 Katolska skolan Alt A*** | | | |
| 1. Dagvattendamm + ränna | 6 $m^3$ + 15 $m^3$ för markfördjupning | Bygga ut/ öka kapaciteten i befintlig dagvattendamm samt bygga ränna från utbyggnaden ner mot dammen för att leda vattnet dit. | Rena och fördröja allt vatten från utbyggnaden. Ytanspråk rening i damm: 39 $m^2$. |
| 2. Regnbädd eller makadamdike | | Längs med utbyggnaden på den sida taket lutar mot. | Rena och fördröja. |
| ***Bö 76:47 Katolska skolan Alt B*** | | | |
| 1. Makadamdike | 7 $m^3$ | Vid fasad till öster (dit taket lutar). | Rena och fördröja. |
| ***Bö 76:47 Förskolan*** | | | |
| 1. Regnbädd | 4 $m^3$ | Längs med fasad dit taket lutar alt vid sidan om entré på plan 1. | Rena och fördröja dagvatten från förskolan samt området bakom. |

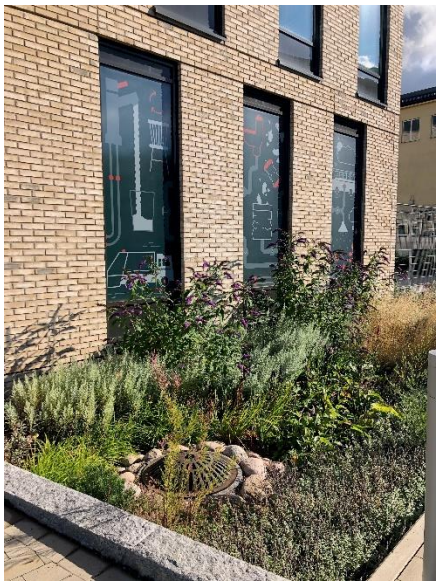
### 4.1.5 Typlösningar

Nedan presenteras de dagvattenanläggningar som är föreslagna för respektive fastighet. Mer information och inspiration om lösningarna finns i dokumentet ”Göteborg när det regnar, en exempel- och inspirationsbok för god dagvattenhantering” samt i Svenskt vattens rapport ”Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten” (Larm & Blecken, 2019)

**Regnbädd/ Regnrabatt**

Regnbädd, även kallad regnrabatt, biofilter eller växtbädd är en dagvattenanläggning som renar vatten genom olika processer så som genom bakterier, växtupptagning och adsorption på partiklar. Anläggningen består ofta av lager av organiskt material, sand och makadam. Regnbädden bör ha en fördröjningszon upp till 0,3 m där vatten tillåts att dämma upp och sedimentera. Se Figur 22 för ett exempel på sektion av en regnbädd.

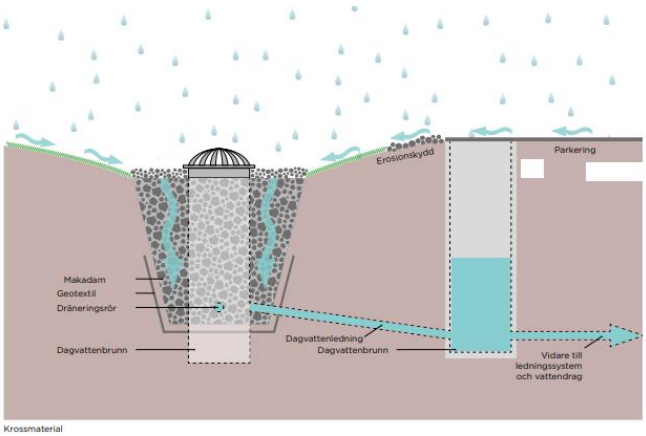


*Figur 22. Till vänster: Exempel på sektion för en regnbädd (Källa: Göteborg när det regnar, en exempel- och inspirationsbok för god dagvattenhantering) Till höger: bild på exempel av en regnbädd utanför Alelyckan. Foto: Klara Djerf.*

**Makadamdike / Infiltrationsdike**

Makadamdike, även kallat infiltrationsdike fungerar genom att ett dike fylls med makadam som ger upphov till infiltration och rening genom sedimentation. Makadamen kan vara synlig eller underbygga en yta av gräs eller annat genomsläppligt material beroende på önskat utseende.



*Figur 23. Till vänster: Exempel på sektion för ett makadamdike. (Källa: Göteborg när det regnar, en exempel- och inspirationsbok för god dagvattenhantering). Till höger: Bild på makadamdike/makadambädd vid Alelyckan. Foto: Klara Djerf*

**Permeabel yta / Hålad marksten**

Permeabla ytor infiltrerar mer vatten än vanlig asfalt eller stenläggning utan att få försämrad hållbarhet/bärighet. Det finns flera olika typer av permeabla ytor så som gräsarmering, rasterytor eller genomsläppliga fogar mellan marksten. För infiltrationsförmågan har hålad marksten som är vegetationsbeklädd (Gräsarmering) bäst effekt. Under gräsarmeringen behövs ett makadamlager/makadammagasin för att fördröja vattnet innan det infiltrerar i marken eftersom markens hydrauliska konduktivitet är lägre än gräsarmeringens infiltrationskapacitet (Larm & Blecken, 2019).

*Figur 24. Exempel på hålad marksten vid parkeringsplatser, Alelyckan. Foto: Klara Djerf*

**Grönt tak**

Gröna tak används för att fördröja och reducera mängden dagvatten från tak. En del vatten avdunstar och resten magasineras i växtligheten och en del rinner av beroende på regnets intensitet.
Bäst fördröjningseffekt får taket om det har en lutning på 0-5 grader. Ett extensivt tak rekommenderas med en vegetationstjocklek om 3-6 cm vilken kan ta hand om upp till 5 mm nederbörd. Mer information om gröna tak hittas på Stockholm vatten och avfalls pdf om Vegetationsklädda tak.

Sedumtak i Göteborg (Foto: VegTech)

*Figur 25. Grönt extensivt tak. (Källa: Göteborg när det regnar, en exempel- och inspirationsbok för god dagvattenhantering)*

**Dagvattendamm**
En dagvattendamm används som både fördröjningsmagasin men är också bra för att rena dagvatten samt bidrar med flera ekosystemtjänster. För rening av näringsämnen är en långsmal damm att föredra framför en rund. Inloppet i dammen bör ligga på nivå för dimensionerande högvattenyta för att vattnet ska kunna stiga vid dimensionerande regn. Utloppet bör placeras i samma nivå som normalvattenytan. En dagvattendamm kan antingen anläggas med konstant vattenspegel eller torrlagd.

## 4.2 Allmän platsmark

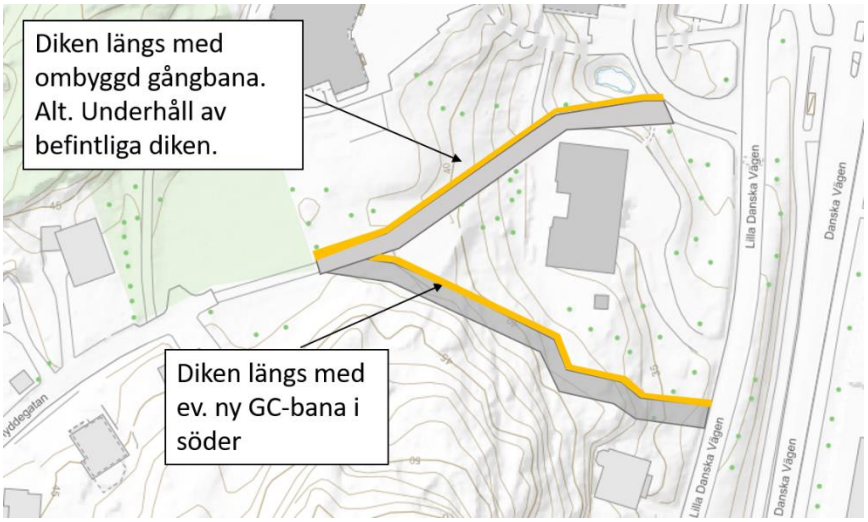
Planområdet innehåller idag ingen allmän plats. Eventuellt skapas allmän plats på planområdet i form av en ny GC-bana. Utöver hantering från GC-banan behövs ytterligare fördröjning eftersom ledningssystemet är hårt belastat och består av långa ledningssträckor som är dyra och komplicerade att bygga ut och dimensionera upp. För att säkerställa att översvämningar inte sker inom eller utanför planområdet behövs därför lösningar på allmän platsmark. Dessa lösningar ska ta hand om det vatten som inte 10 mm kravet på kvartersmark täcker samt dagvatten från allmän platsmark inom planområdet. Nedan är dessa lösningar presenterade utifrån ansvarsfördelning mellan förvaltningar.

### 4.2.1 Dagvattenhantering för GC-banan

Det finns två alternativ för gång- och cykelbana på planområdet. Det första alternativet är att bygga ut befintlig gångbana i norr till en bredare GC-bana, se Figur 26. Det andra alternativet är att bygga en ny GC-bana till söder om Skogshyddan, se Figur 26. Beräkningar är gjorda utifrån antagandet att de två alternativen är lika stora och följande lösningar gäller därför båda alternativen. Det flöde som behöver avledas från GC-banan är det flöde som dess reducerade area skapar vilket är 10 l/s enligt Tabell 4. Föreslagen lösning för avvattning av GC-banan är mindre diken vid sidan av GC-banan. Diken ska placeras på den sidan i gatusektionen som vattnet rinner till. Trafikkontoret är ansvarig för att finansiera, uppföra, underhålla och sköta denna lösning.

För att inte öka flödet från GC-vägen behöver 5 $m^3$ fördröjas men detta kan samordnas med övrig fördröjning på allmän plats. Beräkningar finns i Bilaga 2 Beräkningar. Kretslopp och vatten är ansvarig för fördröjning.

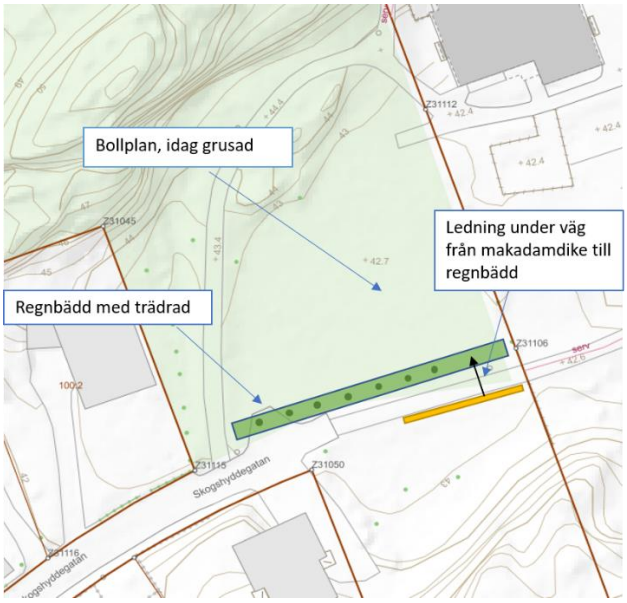
Om det byggs en ny GC-bana i söder bör befintlig gångbanas diken kollas över och eventuellt göra mindre underhållsarbete så att avvattningen fungerar som den ska. Fastighetsägaren ansvarar för underhåll av befintlig gångbana.



*Figur 26. Karta över föreslagna lösningar för GC-banorna. Diken placeras längs med banorna inom Trafikkontorets gatusektion.*

### 4.2.2 Multifunktionell lösning – Park och Natur samt Kretslopp och vatten

Vid Skogshyddegatan behövs en lösning på allmän platsmark för att ta hand om vatten som rinner från fastighet Bö 76:40 och Lunden 745:111 samt från vägen mellan fastigheterna och allmän plats innan det når det kombinerade systemet. Kretslopp och vatten initierar lösningen för att fördröja vattnet så att inte risken för översvämningar ökar nedströms. För att tillgodose Park och naturs förslag kring användning av marken är föreslagen lösning en regnbädd eller skelettjord, anpassad för att ta emot dagvatten, på den norra sidan av Skogshyddegatan i kanten av parkområdet, se Figur 27. För att avskärma parkområdet till gatan skapas en multifunktionell lösning med både fördröjning samt trädrad som en grön avskärmning. Eftersom lösningen fyller två funktioner ansvarar Kretslopp och vatten för fördröjningsdelen och Park och Natur för grönskan som de planerar oberoende av dagvattenlösningen. Erforderlig fördröjningsvolym är 25 $m^3$ och ungefärlig yta blir 50 $m^2$. Kretslopp och vatten ansvarar för att finansiera, uppföra, underhålla och sköta fördröjningsdelen. Fastighetskontoret finansierar grönskan genom exploateringsbidrag från exploatörerna för Bö 76:40 och Lunden 745:111 och beställer sedan genomförandet av Park- och naturförvaltningen. Park och Natur ansvarar för att underhålla och sköta grönskan.



*Figur 27. Multifunktionellösning vid Skogshyddegatan.*

### 4.2.3 Kretslopp och vattens ansvar

Vid Danska vägen behövs en lösning på allmän platsmark för att ta hand om vatten från Katolska skolans fastighet innan det når dagvattensystemet som inte kravet för kvartersmark täcker. Erforderlig fördröjningsvolym är 30 $m^3$ enligt beräkningar i Bilaga 2 Beräkningar. Öppna dagvattenanläggningar är att föredra men eftersom området vid Danska vägen utanför planområdet innehåller få och små allmänna ytor samt korsas av många vägar är det svårt för vattnet att rinna ytligt till en lämplig plats. Därför är föreslagen lösning på allmän plats ett rörmagasin mellan Lilla Danska vägen och Danska vägen under den grönyta som visas i Figur 28. Ett rörmagasin om 1000 mm i diameter kräver en längd på 10 m för att uppfylla fördröjningsbehovet. Det finns en skyddad trädrad mellan Danska vägen och Lilla Danska vägen precis söder om grönytan som är föreslagen som plats för magasinet. Vid projektering måste

träden tas till hänsyn för att säkerställa att rötter eller hydrologiska förhållanden inte skadas eller ändras. Kretslopp och vatten är ansvarig för att finansiera, uppföra, underhålla och sköta denna lösning.

*Figur 28. Föreslagen placering av ett underjordiskt magasin i form av ett rörmagasin.*

## 4.3 Kostnadskalkyl

En grov kostnadskalkyl har gjorts där kostnaden för anläggningen bedöms vara ca 10 000 kr/m$^3$ för den volym dagvatten som behöver fördröjas. Detta kan ses som ett medelvärde för anläggningar i urbana miljöer. Kostnaderna bör ses över vid ett senare skede av detaljplanen.

**Fastighet Bö 76:40**
Regnbädd bedöms kosta 10 000 kr/m$^3$ för den volym som behöver fördröjas. För fastighet Bö 76:40 uppskattas kostanden för dagvattenhantering bli 70 000 kr. Denna kostnad innefattar endast materialkostnader. Kostnader för byggnation samt underhåll är ej medräknade. Kostnaden är endast en kalkyl och beroende på vilket alternativ som väljs kan kostnaden komma att variera.

**Fastighet Lunden 745:111**
Makadamdike bedöms kosta 10 000 kr/m$^3$ för den volym som behöver fördröjas. För fastighet Lunden 745:111 uppskattas kostanden för dagvattenhantering blir 110 000 kr. Denna kostnad innefattar endast materialkostnader. Kostnader för byggnation samt underhåll är ej medräknade. Kostnaden är endast en kalkyl och beroende på vilket alternativ som väljs kan kostnaden komma att variera. Fastigheten bekostar även anpassning av höjdsättning för att tillgodose skyfallskraven.

**Fastighet Bö 76:47 Katolska skolan**
Anläggningarna bedöms kosta 10 000 kr/m$^3$ för den volym som behöver fördröjas. För fastighet Bö 76:47 uppskattas kostanden för dagvattenhantering bli 100 000 kr. Denna kostnad innefattar endast materialkostnader. Kostnader för byggnation samt underhåll är ej medräknade. Kostnaden är endast en kalkyl och beroende på vilket alternativ som väljs kan kostnaden komma att variera. Fastigheten ska även bekosta anpassning av höjdsättning för att tillgodose skyfallskraven.

**Allmän platsmark**
Förvaltningarna bekostar respektive anläggning som de har ansvar för. Trafikkontoret bekostar diken längs med GC-banan. Multifunktionsanläggningen vid Skogshyddegatan bekostas av Kretslopp och Vatten samt Park och Natur för respektive funktion. Kretslopp och Vatten bekostar resterande anläggningar på allmän platsmark.

Regnbädden vid Skogshyddegatan bedöms kosta 10 000 kr/m$^3$ för den volym som behöver fördröjas. Kostnaden uppskattas därför till 250 000 kr. Denna kostnad innefattar endast materialkostnader enligt Kretslopp och vattens kalkyl och extra kostnader för trädraden tillkommer.

Kostnad för diken längs med GC-banan bör uppskattas ihop med framtagande av trafikförlag för GC-banan.

Kostnad för rörmagasin vid Danska vägen bedöms kosta 4000 kr/m.

## 4.4 Ansvarsfördelning

Exploatör ansvarar för att finansiera, uppföra, underhålla och sköta anläggningarna inom kvartersmark.

Trafikkontoret ansvarar för att finansiera, uppföra, underhålla och sköta anläggningar längs med GC-banan.

Anläggning regnbädd med trädrad är en multifunktionsanläggning det innebär att Kretslopp och vatten ansvarar för investering och driften av den hydrauliska funktionen. Fastighetskontoret ansvarar för att finansiera grönskan genom exploateringsbidrag från exploatörerna på fastigheterna Bö 76:40 och Lunden 745:111 och beställer sedan genomförandet av Park- och naturförvaltningen. Park och Natur ansvarar och skötsel av grönskan i regnbädden enligt *Överenskommelsen om samverkan för dagvatten och vattendrag (2019).* Det är viktigt att påbörja dialog för att klargöra mellan förvaltningarna och exploatörer exakt gränsdragning mellan ansvaret.

Kretslopp och vatten ansvarar för att finansiera, uppföra, underhålla och sköta den underjordiska anläggningen vid Danska vägen.

## 4.5 Bortvalda alternativ

Följande åtgärdsalternativ har beaktats men avskrivits på grund av rådande förutsättningar inom planområdet.

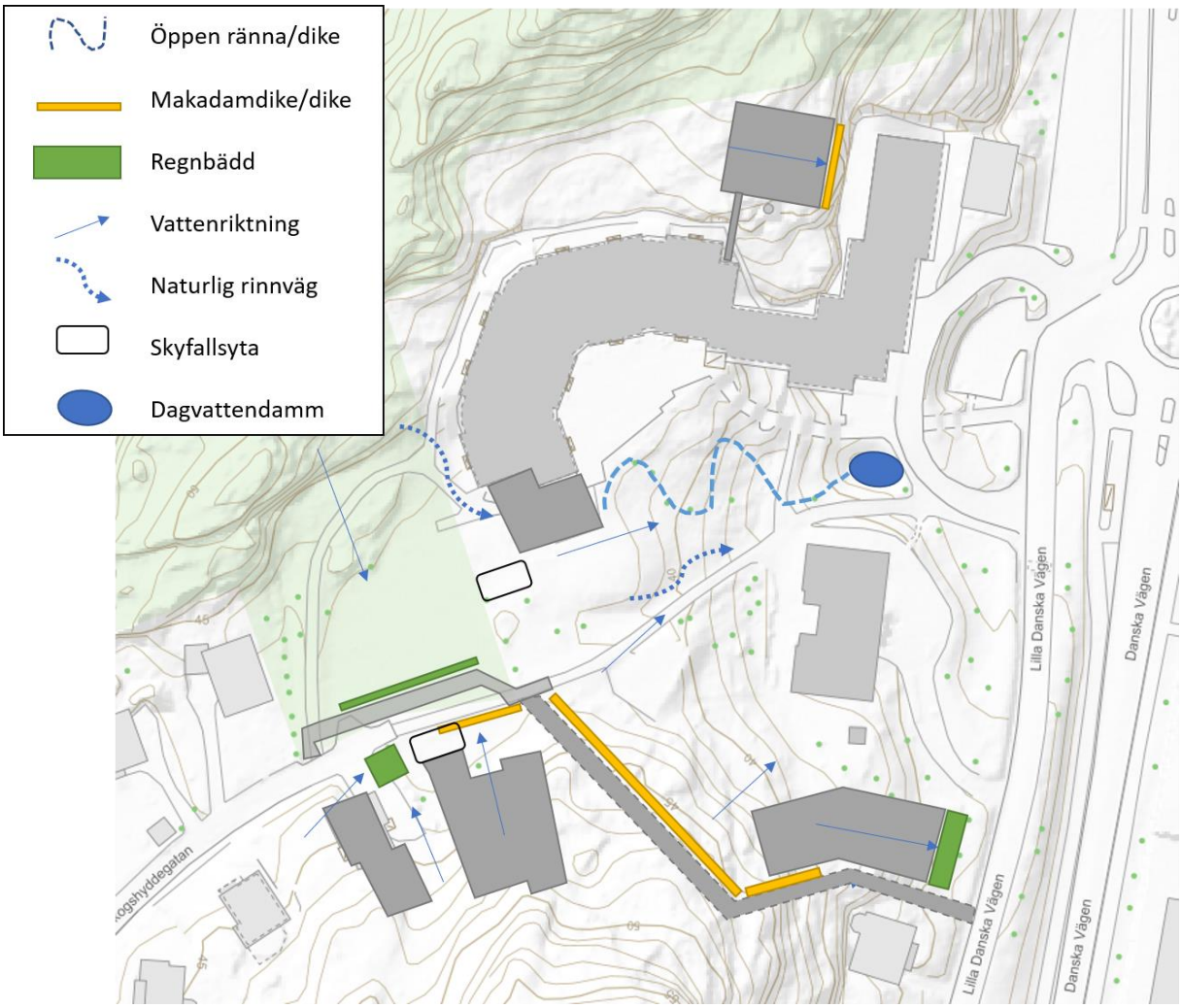
**Fastighet Bö 76:40 Flerbostadshus**
Dessa lösningar har valts bort framförallt för att det finns dåligt med plats för några stora lösningar på fastigheten. De kräver alla stora ytor för att uppnå reningskrav samt fördröjningskrav.

Svackdike – Inte tillräckligt med rening. 56 m$^2$ och 19 m$^3$.
Torr damm – Inte tillräckligt med rening för ytan. Blir väldigt stor för att nå reningskrav. Ca 95 m$^2$.
Makadamdike – Svårt att få tillräckligt med fördröjningsvolym. För att nå 7,7 m$^3$ krävdes 20 m$^2$.

**Fastighet Lunden 475:111 BmSS**
Svackdike – Kräver 87 $m^2$ för att klara rening och då får lösningen en volym på 32 $m^3$ vilket är 3 gånger så mycket som behövs. Lösningen är därför inte yteffektiv och har valts bort.

Regnbädd – Dyrare lösning än makadamdike. För att uppnå 11 $m^3$ fördörjningsvolym krävs 21 $m^2$ yta vilket renar betydligt mer än vad kravet säger. Därför har den valts bort utifrån kostnad kontra krav och yta.

# 5 Slutsats och rekommendationer




*Figur 29 Föreslagen principlösning för storskalig dagvatten- och skyfallshantering.*

**Fastighet Bö 76:40**

- Rening i regnbädd med ytanspråk på 14 $m^2$ och erforderlig fördröjningsvolym på 7 $m^3$ ger tillräcklig rening för att uppnå reningskraven samt fördröjningskraven på kvartersmark. Regnbädden ska placeras så att allt dagvatten från fastigheten leds till anläggningen.

**Fastighet Lunden 745:111**

- Rening i makadamdike med ytanspråk på 27 $m^2$ och erforderlig fördörjningsvolym på 11 $m^3$ ger tillräcklig rening för att uppnå reningskraven samt försörjningskraven på kvartersmark.
- För att hantera skyfall behöver en skyfallsyta finnas inom fastigheten med en volym på 8 $m^3$ för att kompensera för den markfördjupning som finns idag. Detta för att inte riskera att översvämningssituationen förvärras inom eller utanför planen.

**Fastighet Bö 76:47**

- För förskolebyggnaden behövs rening i en regnbädd med ytanspråk på 8 $m^2$ och erforderlig fördröjningsvolym på 4,5 $m^3$ för att uppnå renings- samt fördröjningskrav. För

utbyggnadsalternativen A respektive B görs rening i dagvattendamm respektive regnbädd. Dagvattendammen behöver en yta om 40 $m^2$ för att klara reningskraven för utbyggnaden.

- Med föreslagna lösningar på området som leder vatten till dagvattenledningar i Danska vägen görs bedömningen att planområdet inte kommer förvärra möjligheterna att uppnå MKN i Delsjöbäcken.
- För att hantera skyfall behöver en skyfallsyta finnas inom fastigheten med en volym på 15 $m^3$ för att kompensera för den markfördjupning som finns idag. Detta för att inte riskera att översvämningssituationen förvärras inom eller utanför planen

**Allmän plats**

- Vid Skogshyddegatan på allmän plats norr om gatan föreslås en regnbädd med trädrad för att förse fördröjningsbehov på allmän plats samt skapa parkmark på ytan. Erforderlig fördröjningsvolym är 25 $m^3$.
- Det finns två alternativ för GC-banans placering där samma avvattningskrav gäller för de båda alternativen om 10 l/s. Föreslagen lösning för att avvattna GC-banan är mindre diken längs med gatusektionen dit vattnet rinner.
- En fördröjningsanläggning behövs vid Danska vägen för att ta hand om ökat flöde från Fastighet Bö 76:47 på allmän plats. Den volym som behöver fördröjas är 30 $m^3$ och föreslagen lösning är ett underjordiskt rörmagasin under en gräsyta mellan Lilla Danska vägen och Danska vägen. Erforderlig längd på rörmagasinet är 10 m beräknat för ett rör med 1000 millimeter i diameter.

**Kostnader och ansvar**

- Varje dagvattenanläggning bedöms kosta 10 000 kr/$m^3$ för materialkostnader. Kostnader för byggnation samt underhåll är ej medräknade. Kostnaden är endast en kalkyl och beroende på vilket alternativ som väljs kan kostnaden komma att variera. Utifrån denna kalkyl är kostnaden för respektive fastighet:
    - **Bö 76:40:** 70 000 kr
    - **Lunden 745:111:** 110 000 kr + kostnad för skyfallsyta
    - **Bö 76:47**: 100 000 kr + kostnad för skyfallsyta
- Exploatör ansvarar för anläggningarna inom kvartersmark samt anpassning av höjdsättning. Trafikkontoret ansvarar för anläggningar längs med GC-banan. Anläggning regnbädd med trädrad är en multifunktionsanläggning det innebär att Kretslopp och vatten ansvarar för investering och driften av den hydrauliska funktionen. Park och Natur ansvarar för investering och driften av grönskan i regnbädden. Fastighetskontoret finansierar grönskan genom exploateringsbidrag från exploatörerna för Bö 76:40 och Lunden 745:111 och beställer sedan genomförandet av Park- och naturförvaltningen. Park och Natur ansvarar för drift och skötsel av grönskan i regnbädden. Kretslopp och vatten ansvarar för investering och drift av rörmagasinet.

# 6 Referenser


Boverket. (den 10 06 2015). *Dagvatten vid detaljplaneanläggning.* Hämtat från PBL kunskapsbanken: https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/temadelar-detaljplan/dagvatten-i-detaljplan/dagvatten-vid-detaljplanelaggning/

Cowi. (den 10 03 2016). *Riskhänsyn vid hantering av översvämningsrisker.* Hämtat från Goteborg.se: https://goteborg.se/wps/wcm/connect/fdc9cd9f-123a-4852-a24b-d9f4af8973a5/Slutrapport_160426.pdf?MOD=AJPERES

Göteborgs stad . (u.d.). Hämtat från PM skyfallsterminologi: https://www.vattenigoteborg.se/Downpour/info

Göteborgs Stad. (den 20 11 2018). *Frågor och svar om Rain Gothenburg*. Hämtat från goteborg.se: https://goteborg.se/wps/portal/press-och-media/aktuelltarkivet/aktuellt/9c9519c9-48a9-498b-9e78-a6e5d7f7e27b/!ut/p/z1/pZFbS8NAEIV_Sx_ymOxkc9v1LREprY2JDdE0L7Kpmws0m7BZLfXXuy0UFIsWnIcDA-d8B2ZQiQpUCvbeNUx1g2A7vW9K_wVH8EgiO4TkKb2DxerexdnawfMMo-eTIbfPhiT1YbFMc

Göteborgs Stad. (den 31 07 2018). U107K48 - D003 Ö k om samverkan dagvatten Göteborgs stad B.doc.

Göteborgs stad. (2019). *Åtgärdsförslag för dagvatten*. Hämtat från https://goteborg.se/wps/wcm/connect/02097d4e-15c8-4d4e-8d4e-1a3140dde9ef/Slutrapport+Åtgärdsförslag+för+dagvatten.pdf?MOD=AJPERES

Göteborgs stad. (2020). *Strukturplan Metodbeskrivning 2020*. Hämtat från https://www.vattenigoteborg.se/Downpour/info

Göteborgs stad. (2020-03-12). *Dagvatten- och skyfallsutredning, Detaljplan för Bostäder vid Lilla Danska vägen, inom stadsdelen lunden* . Kretslopp och vatten .

Göteborgs stad. (u.d.). *Typlösningar skyfallsanläggningar*. Hämtat från https://www.vattenigoteborg.se/Downpour/info

Göteborgs stad. (u.d.). *Åtgärdskatalog skyfall* . Hämtat från https://www.vattenigoteborg.se/Downpour/info

Göteborgs Stad, Kretslopp och vatten. (2018). *Strukturplan för hantering av översvämningsrisker - Metodbeskrivning.* Göteborg: Göteborgs Stad.

Göteborgs stad, Miljöförvaltningen. (2020). *Riktvärden för utsläpp av förorenat vatten.* Hämtat från https://goteborg.se/wps/wcm/myconnect/a227da55-ea58-4410-a00f-ba75014080e4/N800_R_2020_13_Riktlinjer+och+riktvärden+för+utsläpp+av+förorenat+vatten.pdf?MOD=AJPERES

Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret. (den 25 04 2019). *Förslag till översiktsplan för Göteborg, Tillägg för översvämningsrisker.* Hämtat från Goteborg.se: https://goteborg.se/wps/portal/start/byggande--lantmateri-och-planarbete/kommunens-planarbete/oversiktlig-planering/fordjupningar-och-tillagg/oversvamningsrisker---tematisk-tillagg-till-oversiktsplanen/!ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8ziTYzcDQy9TAy9

Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret. (den 25 04 2019). *Översiktsplan för Göteborg, Tematiskt tillägg för översvämningsrisker.* Hämtat från Goteborg.se: https://goteborg.se/wps/wcm/myconnect/505ba586-d99d-4abc-8bc8-3473dd28002a/Tematisk+tillägg+ÖP+översvämningsrisk.pdf?MOD=AJPERES

Kretslopp och vatten. (2016). *Reningskrav för dagvatten.*

Larm, T., & Blecken, G. (2019). Utformning och dimensionering av anläggningar för rening och flödesutjämning av dagvatten. (20).

MSB. (08 2017). *Vägledning för skyfallskartering, Tips för genomförande och exempel på anvädning.* Hämtat från MSB: https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/28389.pdf

Ramböll. (2016-05-21). *Dagvattenutredning för detaljplan för bostäder och verksamheter vid Prästgårdsängen.*

Ramböll. (2017-06-15). *Dagvattenutredning, Detaljplan för bostäder, påbyggnader och verksamheter vid Danska vägen, Göteborg.*

Stadsbyggnadskontoret. (u.d.). *GOkart*. Hämtat från http://gokart.sbk.goteborg.se/
Sweco. (den 26 03 2018). Konceptversion FloodMan. *Sustainable Flood management Assessment Tool*.
Svenskt vatten. (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering P105.* Svenskt vatten.
Svenskt vatten. (2011). *Nederbördsdata vid dimensionering analys av avloppsystem.* Solna: Svenskt vatten.
Svenskt vatten. (2016). *Avledning av dag -, drän- och spillvatten.* Stockholm: Svenskt vatten AB.
Svenskt vatten. (2016). *Avledning av dag -, drän- och spillvatten P110.* Stockholm: Svenskt vatten AB.
Svenskt vatten. (2 2018). *Skyfallens ABC.* Hämtat från Tema Stadsmiljö: http://www.svensktvatten.se/globalassets/rornat-och-klimat/skyfallensabc-sartryck-stadsbyffnad_2_2018.pdf
VISS. (den 20 06 2017). *Vatteninformation i sverige*. Hämtat från Länsstyrelsen: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA33908756
VISS. (2020). *Bäck från Stora Delsjön*. Hämtat från Länstyrelsen: https://viss.lansstyrelsen.se/Waters.aspx?waterMSCD=WA83297876

# Bilaga 1 Riktlinjer och styrande dokument

De två viktigaste dokumenten för dagvatten- och skyfallshantering utgår från är TTTÖP (Förslag till översiktsplan för Göteborg Tillägg för översvämningsrisker) (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019) och Svenskt vattens publikation P110 (Svenskt vatten, 2016). Utöver dessa rapporter är ett flertal riktlinjer styrande i arbetet med dagvatten- och skyfallsfrågor inom och i anslutning till utredningsområdet. Dessa sammanställs i efterföljande stycken.

## Funktionskrav på dagvattensystem

Dagvatten är tillfälligt förekommande, avrinnande vatten på markytan med ursprung i regn, smältvatten eller framträngande grundvatten.

Funktionskraven för nya dagvattensystem regleras i Svenskt vattens publikation P110 Avledning av dag- drän- och spillvatten (Svenskt vatten, 2016). I och med denna publikation ökar funktionskraven (säkerheten) i det allmänna dagvattensystemet jämfört med tidigare. Enligt P110 ska även tillkommande dagvattensystem (=förtätning av befintligt) ha samma funktionskrav som nya system vilket medför att tillkommande system behöver ta mer ytor i anspråk än tidigare. Dessutom måste planering ske för framtida klimatförändringar eftersom nederbörden och därmed belastningen på dagvattensystemen förväntas öka. Funktionskraven för dagvattensystem vid förtätning och/eller nybyggnation sammanfattas i Tabell 11.

*Tabell 11. Minimikrav för* återkomsttider *för regn vid dimensionering av nya dagvattensystem enligt P110* (Svenskt vatten, 2016).

| **Nya duplikatsystem** | **VA-huvudmannens ansvar** | | **Kommunens ansvar** |
|---|---|---|---|
| | Återkomsttid för regn vid fylld ledning | Återkomsttid för trycklinje i marknivå | Återkomsttid för marköversvämning med skador på byggnader |
| Gles bostadsbebyggelse | 2 år | 10 år | >100 år |
| Tät bostadsbebyggelse | 5 år | 20 år | >100 år |
| Centrum- och affärsområden | 10 år | 30 år | >100 år |

För kombinerade avloppssystem, där dagvatten och spillvatten avleds i samma ledningar, gäller andra krav än de ovan. Dessa redovisas i Tabell 12.

*Tabell 12. Återkomsttider för regn avseende befintliga kombinerade avloppssystem enligt P110.*

| **Typ av område** | **Återkomsttid** | |
|---|---|---|
| | Kombinerad fylld ledning | Källarnivå för kombinerad ledning |
| Ej instängt* område utanför citybebyggelse | 5 år | 10 år |
| Ej instängt* område inom citybebyggelse | 5 år | 10 år |
| Instängt område utanför citybebyggelse | 10 år | 10 år** |
| Instängt område inom citybebyggelse | 10 år | 10 år** |

* Med ej instängt område avses ett område varifrån dagvatten ytledes kan avledas med självfall.
** Då dimensionerande återkomsttid för fylld ledning är 10 år blir återkomsttiden för trycklinje i källargolvsnivå större än 10 år. Kravet är dock att återkomsttiden ska vara minst 10 år.

Om uppdimensionering, för att uppfylla kraven enligt P110, bedöms bli för omfattande för dagvattensystem som ligger nedströms det förtätade områden och nedströms tillkommande system är Kretslopp och vattens bedömning att funktionskraven enligt den tidigare publikationen P90 *Dimensionering av allmänna avloppsledningar* (2004) ska vara uppfyllda.

# Fördröjningskrav

VA-systemen är hårt belastade. Ökad exploatering och framtida klimatförändringar kommer att öka belastningen ytterligare, med fler översvämningar till följd av att befintliga ledningar inte klarar av att leda bort de stora vattenmassorna. Att dimensionera upp hela ledningssystemet är varken tekniskt eller ekonomiskt möjligt.

För att minska flödestopparna och belastningen på befintligt ledningssystem ställer Göteborgs stad krav på att dagvatten inom kvartersmark ska fördröjas motsvarande 10 mm dagvatten per kvadratmeter reducerad yta. Den reducerade ytan är den yta som bidrar till att generera dagvatten vid en regnhändelse. Avvattningen ska dessutom göras trög och reningskrav enligt Vattenplanen ska följas.

På allmän plats ska fördröjning eftersträvas så att kapaciteten i ledningsnätet inte överskrids vid dimensionerande regn alternativt att befintligt flöde inte överskrids. Om dagvattnet från utredningsområdet avleds till ett dikningsföretag kan det finnas bestämmelser som reglerar hur mycket dagvatten som får avledas dit och följaktligen hur mycket som måste fördröjas från utredningsområdet. I detta fall ska nödvändig fördröjning eftersträvas på allmän plats.

# Miljökvalitetsnormer

Europaparlamentet införde år 2000 ramdirektivet för vatten (2000/60/EC), även kallat Vattendirektivet, med målsättningen att uppnå vattenkvalitet av god status inom hela EU. För att uppnå god vattenstatus sätts kvalitetsmål i form av s.k. Miljökvalitetsnormer (MKN) för vattenförekomster. MKN uttrycker den ekologiska potential/status och kemiska kvalitet som vattenförekomsten ska ha uppnått vid en viss tidpunkt.

I Sverige har Vattenmyndigheterna, Länsstyrelserna samt Havs och vattenmyndigheten utarbetat MKN för de vattenförekomster som är definierade inom vattenförvaltningsarbetet.

Arbetet med vattenförvaltningen drivs i förvaltningscykler om sex år, vilket bl.a. innebär att en ny statusklassning genomförs vart sjätte år. Den första cykeln avslutades år 2009, den följande år 2015 och nästkommande cykel avslutas följaktligen år 2021.

Ny exploatering ska inte försämra möjligheterna att uppnå MKN. Det innebär att rening av dagvatten ska bidra till att bibehålla eller förbättra vattnets status, vilket ofta innebär att minska tillförsel av näringsämnena kväve och fosfor samt metaller och organiska föroreningar.

# Riktvärden och reningskrav

Dagvatten förorenas av bl.a. utsläpp från trafik, byggnadsmaterial och luftburna föroreningar. Dagvatten från parkeringsytor, industriområden och högtrafikerade vägar är särskilt förorenat.

För att minska dagvattnets miljöpåverkan på våra vattendrag har Miljöförvaltningen i Göteborg tagit fram särskilda riktlinjer och riktvärden för utsläpp av förorenat vatten och dagvatten (2020). Dessa riktvärden uttrycks generellt som årsmedelhalter i form av föroreningsmängd per liter dagvatten. Som ett komplement till dessa riktlinjer har Göteborgs stad utarbetat vägledningen *Reningskrav för dagvatten* (2017-03-02) där bl.a. styrande målvärden och riktvärden anges beroende av recipientens känslighet. Varje fastighet ska kunna visa att reningskraven följs.

Tabell 13 ger en indikation för hur omfattande rening krävs för att skydda recipienter från förorenande ytor inom planområdet.

*Tabell 13. Matris för dagvattenrening. Blå celler markerar de fall som behöver anmälas till Miljöförvaltningen. Avstämt med Miljöförvaltningen 161027.*

| Recipient | Hårt belastad yta | Medelbelastad yta | Mindre belastad yta |
|---|---|---|---|
| **Mycket känslig** | Omfattande rening | Rening | Enklare rening |
| **Känslig** | Rening | Enklare rening | Fördröjning |
| **Mindre känslig** | Rening | Enklare rening | Fördröjning |

Aktuellt planområde är klassat som medelbelastad yta respektive känslig recipient. Det resulterar i att enklare rening behövs och att ingen anmälan till Miljöförvaltningen behövs.

# Skyfallssäkring och klimatanpassning

Skyfall är ett regn vars höga intensitet överstiger belastningen som dagvattensystemet är dimensionerat för. Regnens storlek beskrivs bäst med begreppet ”Återkomsttid” (Svenskt vatten, 2018) som avspeglar hur ofta en händelse inträffat statistiskt. Enligt Göteborgs riktlinjer (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019) ska ny bebyggelse anpassas efter klimatanpassat 100-årsregn, d.v.s. ett regn med 100 års återkomsttid år 2100.

När dagvattensystemet är fullt innebär det i praktiken att avrinningen av regnöverskottet primärt beror av marknivån. Vatten samlas i sänkor och när dessa är fulla rinner vattnet vidare mot nästa sänka. Bristande kapacitet för ytlig avledning kan dock också skapa uppdämningseffekter som göra att man får lokala vattensamlingar. Markanvändningen har viss påverkan eftersom det styr både infiltration och vattnets hastighet. Avdunstning har marginell påverkan.

Det finns idag inga nationella bestämmelser kring vem som är ansvarig vid skyfall. Kommunen är enligt Plan- och bygglagen (PBL) ansvarig för att bebyggelse anläggs på mark lämplig för ändamålet, och därmed översvämningsrisker vid nyplanering. Allt ansvar för översvämningssäkring ligger dock inte på kommunen utan fastighetsägare och verksamhetsutövare har ansvar att skydda sin egendom.

Det tematiska tillägget, TTÖP, (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019) presenterar förslag till mål och övergripande strategier för hur staden ska bemöta dagens och framtidens översvämningsrisker i sin planering.

- **Ny bebyggelse ska inte skadas vid översvämning**. Detta innebär att man skall ha en säkerhetsmarginal från vattenyta vid max vattendjup i samband med klimatanpassat 100-årsregn till **färdigt golv** på minst **0,2 m**. För **samhällsviktigt** (avser infrastruktur som i ett perspektiv till år 2100 om de slås ut innebär stor skada för samhället och/eller är kostsamt att återskapa. I detta perspektiv är det stora sjukhus, tung infrastruktur och tekniska anläggningar viktiga för stadens funktion) gäller en säkerhetsmarginal på minst **0,5 m** till vital del för anläggningens funktion.

- För att möjliggöra för evakuering i samband med översvämning skall **tillgängligheten** till **nya byggnaders entréer** inom planområdet vara möjlig (man skall kunna nå alla som befinner sig i byggnaden men inte nödvändigtvis alla entréer). Detta innebär ett största vattendjup på 0,2 m.

- **Tillgänglighet till och från planområdet** skall undersökas (största vattendjup 0,2 m på högprioriterade vägar och utryckningsvägar, se markerade vägar i bilaga 1). Är framkomlighet inte möjlig på högprioriterade vägar skall detta omnämnas men att skapa framkomlighet på dessa vägar skjuts på framtiden tills ”*Framkomlighet - Planeringsunderlag gällande framkomlighet för högprioriterade transport och kommunikationsstråk inom staden för olika översvämningstyper*” utarbetats av Staden (fortsatt arbete utpekat i TTÖP).

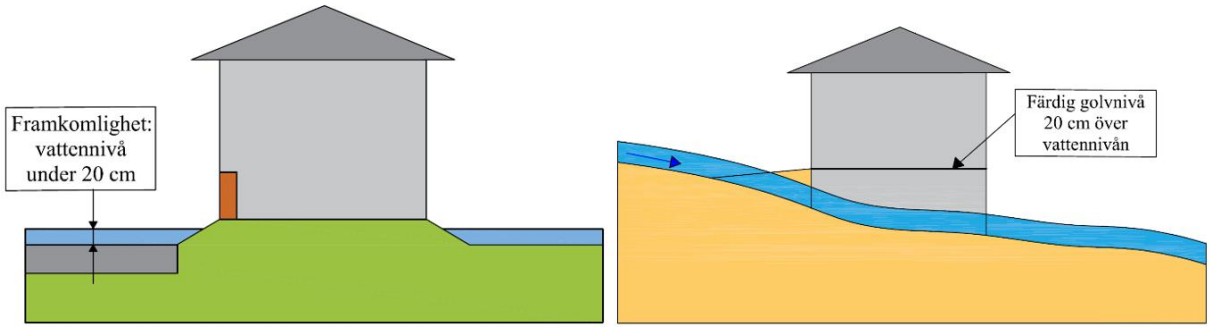
- **Översvämningssituationen inom eller utanför planen skall inte försämras.** Detta innebär bl.a. att flödet ut från planen och till andra delar av planen inte får öka vid planens genomförande så försämrad översvämningssituation uppstår. Minst samma volymer för magasinering som fanns innan exploatering skall finnas kvar efter exploatering. Strävan skall finnas att passa på att förbättra översvämningssituationen vid planens genomförande.

- Planen ska **beakta strukturplaner** för översvämningshantering (se www.vattenigoteborg.se eller Go-Kart). Skyfallsleder och skyfallsytor utpekade i strukturplanerna skall fortfarande vara möjliga att genomföra om de inte genomförs som en del av planen. Platser som pekats ut för strukturplansåtgärder skall inte exploateras på ett sätt så dessa inte kan byggas om det inte går att identifiera annan alternativ plats med samma syfte. Om detta sker skall det betraktas som avsteg frön TTÖP och det skall behandlas som ett avsteg enligt beskrivning i TTÖP (godkännas av BN med tillhörande riskanalys).

I Tabell 14 visas kraven på vattendjup i relation till höjdsättning av samhällsviktiga anläggningar, nyanlagda byggnader och prioriterade stråk och utrymningsvägar enligt TTÖP (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019)

*Tabell 14 Underlag för föreslagna planeringsnivåer vid dimensionerade händelser för att minska översvämningsrisk (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019). Angivna tal i tabellen är säkerhetsmarginaler.*

| **Funktion/ Skyddsobjekt** | **Dimensionerande händelse/ planeringsnivå** | | |
|---|---|---|---|
| | ***Högvatten Återkomsttid 200 år*** | ***Höga flöden Återkomsttid 200 år*** | ***Skyfall Återkomsttid 100 år*** |
| ***Samhällsviktig anläggning - nyanläggning*** | 1,5 meter marginal till vital del | Över nivå för beräknat Högsta Flöde (HBF) | 0,5 meter marginal till vital del |
| ***Samhällsviktig anläggning - befintlig*** | 0,5 meter marginal till vital del för funktion | | |
| ***Byggnad och byggnadsfunktion - nyanläggning*** | 0,5 meter marginal till färdigt golv och vital del nödvändig för byggnadsfunktion | 0,2 meter marginal till färdigt golv och vital del nödvändig för byggnadsfunktion | |
| ***Framkomlighet - nyanläggning högprioriterade vägnät stråk och utrymningsvägar*** | Max djup 0,2 meter | | |




*Figur 30.Visualisering av Tabell 14. Vänster bild: max djup 0,2 meter. Höger bild: 0,2 meter marginal till färdigt golv över vattennivå och vital del nödvändig för byggnadsfunktion.*

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap anser att den största utmaningen är att säkra redan befintlig bebyggelse och infrastruktur eftersom höjdsättningen redan är given. Här har staden ansvar att ge underlag för åtgärdsarbete genom att informera om risker (MSB, 2017).

Det tematiska tillägget till översiktsplanen, TTÖP, (Göteborgs Stad, Stadsbyggnadskontoret, 2019) presenterar förslag till mål och övergripande strategier för hur staden ska bemöta dagens och framtidens översvämningsrisker i sin planering. Det övergripande målet som lyfts är:

*Göteborg ska göras robust mot dagens och framtidens översvämningar genom att säkra grundläggande samhällsfunktioner och stora samhällsvärden.*

Som ett led i klimatsäkringsarbetet har Göteborg stad tagit fram ett geografiskt planeringsunderlag, även kallade strukturplan för översvämningar. Metoden beskrivs i *Strukturplan för hantering av översvämningsrisker - Metodbeskrivning* (Göteborgs stad, 2020)

Strukturplanen innehåller åtgärder som syftar till att fördröja och avleda det överskottsvatten som inte är avsett att hanteras av stadens dagvattensystem. Åtgärderna i strukturplanen är övergripande och ur ett avrinningsområdesperspektiv.

# Rain Gothenburg

Jubileumssatsningen Rain Gothenburg ingår i Göteborgs Stads fyrahundraårsfirande 2021. Det regnar i snitt var tredje dag i Göteborg, och med klimatförändringarna kommer de svåra skyfallen att öka. Därför satsar Göteborg på att bli en internationell förebild som regnstad, både i att bygga en hållbar stad som tar hand om stora regnmängder och att ta tillvara regnets möjlighet till att ge unika upplevelser (Göteborgs Stad, 2018).

Projektet inbegriper tre huvudområden där dagvatten- och skyfallshantering är ett av dem. De två andra fokuserar på konst och design samt individens upplevelse. Tanken är att genom konst, arkitektur, stadsplanering, lek, multifunktion och pedagogik kopplat till regnvattnet locka människor till utevistelse, upplevelser och möten i en stad som är levande även när det regnar. Detta perspektiv får gärna prägla de nya lösningar som tas fram för dagvatten och skyfall i planområdet.

# Bilaga 2 Beräkningar

## Rationella metoden

Rationella metoden är en metod för att beräkna maxflödesdimensionering. Flödet bestäms utifrån nederbördsintensitet, markanvändning samt klimatfaktor, se ekvation 2 nedan.

$$Q_{dim}\left[\frac{l}{s}\right] = regnintensitet\ \left[\frac{l}{s}ha\right] \cdot reducerad\ area\ [ha] \cdot klimatfaktor \quad (2)$$

För att beräkna dimensionerande flöde för planområdet togs först den reducerade arean fram genom att multiplicera varje areal för respektive markanvändning med dess avrinningskoefficient. Se Tabell 15 nedan. För beräkning på allmän platsmark har hela planområdets area tagits med för att jämföra flöde innan och efter exploatering.

*Tabell 15. Respektive fastighets area uppdelat per markanvändning. Arean multiplicerad med avrinningskoefficienten ger den reducerade arean. Tabellen redovisar area samt reducerad area före exploatering och efter exploatering.*

| Markanvändning | ϕ | Före Exploatering | | Efter Exploatering | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A (ha) | $A_{red}$ (ha) | A (ha) | $A_{red}$ (ha) |
| **Bö 76:40** | | **0,117** | **0,035** | **0,117** | **0,071** |
| Tak | 0,9 | 0,015 | 0,014 | 0,041 | 0,037 |
| Asfalt | 0,8 | 0,001 | 0,001 | 0,032 | 0,026 |
| Naturmark | 0,2 | 0,101 | 0,020 | 0,044 | 0,009 |
| **Lunden 745:111** | | **0,155** | **0,031** | **0,155** | **0,106** |
| Tak | 0,9 | 0,000 | 0,000 | 0,069 | 0,062 |
| Asfalt | 0,8 | 0,000 | 0,000 | 0,045 | 0,036 |
| Naturmark | 0,2 | 0,155 | 0,031 | 0,041 | 0,008 |
| **Bö 76:47 ALT A** | | **0,710** | **0,311** | **0,710** | **0,368** |
| Tak | 0,9 | 0,053 | 0,048 | 0,168 | 0,151 |
| Skolgård | 0,4 | 0,657 | 0,263 | 0,542 | 0,217 |
| **Bö 76:47 ALT B** | | **0,853** | **0,368** | **0,853** | **0,429** |
| Tak | 0,9 | 0,053 | 0,048 | 0,175 | 0,158 |
| /Skolgård | 0,4 | 0,800 | 0,320 | 0,678 | 0,271 |
| **Allmän platsmark** | | **0,035** | **0,007** | **0,035** | **0,028** |
| GC-bana (Asfalt) | 0,8 | 0,000 | 0,000 | 0,035 | 0,028 |
| Naturmark | 0,2 | 0,035 | 0,007 | 0,000 | 0,000 |

Regnintensiteten är beräknad enligt Dahlström från P110.

$$i\ (t_r) = 190 * \sqrt[3]{T} * \frac{\ln(t_r)}{t_r^{0,98}} + 2 \qquad (3)$$

där,
i ($t_r$) = regnintensitet, l/s, ha
$t_r$ = regnvaraktighet, minuter
T = återkomsttid, månader

Regnintensitet för en regnvaraktighet på 10 min och återkomsttid 10 respektive 20 år blir enligt följande

10 års återkomsttid: $i\ (10) = 190 * \sqrt[3]{120} * \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 228$ l/s, ha

20 års återkomsttid: $i\ (10) = 190 * \sqrt[3]{240} * \frac{\ln(10)}{10^{0,98}} + 2 = 286{,}7$ l/s, ha

Dimensionerande flöde blir därför enligt följande utifrån ekvation (2) där klimatfaktorn är satt till 1,25 för efter exploatering.

*Tabell 16. Dimensionerande flöde per fastighet vid ett 10 års regn. En jämförelse mellan nuläge, efter exploatering och efter exploatering med klimatfaktor 1,25.*

| Bö 76:40 | 10års regn |
|---|---|
| Flöde nuläge | 8 |
| Flöde efter exploatering | 16 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 20 |
| Lunden 745:111 | |
| Flöde nuläge | 7 |
| Flöde efter exploatering | 24 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 30 |
| **Summa Nuläge** | **15** |
| **Summa (efter exp. inkl KF)** | **51** |

*Tabell 17. Dimensionerande flöde för kvartersmark och allmän platsmark (GC-bana) vid ett 20 års regn. En jämförelse mellan nuläge, efter exploatering och efter exploatering med klimatfaktor 1,25.*

| Bö 76:47 ALT A | 20års regn |
|---|---|
| Flöde nuläge | 89 |
| Flöde efter exploatering | 105 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 132 |
| Bö 76:47 ALT B | |
| Flöde nuläge | 105 |
| Flöde efter exploatering | 123 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 154 |
| GC-bana | |
| Flöde nuläge | 2 |
| Flöde efter exploatering | 8 |
| Flöde efter exploatering inkl. KF | 10 |
| **Summa Nuläge A** | **91** |
| **Summa Nuläge B** | **107** |
| **Summa A (inkl KF)** | **142** |
| **Summa B (inkl KF)** | **164** |

# Fördröjningsbehov allmän platsmark

Fördröjning på allmän plats tillämpas för att inte öka flödet från fastigheten jämfört med nuläge. Fördröjningsvolymen beräknas som skillnaden mellan volym in och volym ut, där volymen in är det beräknade framtida flödet och volymen ut är nutida flöde.

Volymen in är beräknad enligt följande:
Volym in = regnintensitet * klimatfaktor * reducerad area efter exploatering * varaktighet.
Där intensiteten är beräknad enligt ekvation (3) ovan och återkomsttiden är vald till 20 år.

Volymen ut är = maxflödet*varaktighet.
Maxflödet är det flöde som planområdet ger upphov till i nuläget enligt Tabell 16Tabell 17.

För att beräkna den maximala fördröjningsvolymen som krävs jämförs olika regnvaraktigheter för att välja den varaktighet i minuter som genererar störst fördröjningsvolym utifrån sambandet mellan volym in och ut.

I tabellerna nedan visas beräknad fördröjningsvolym för respektive anläggning. Röd markering visar den regnvaraktighet som ger upphov till maximala fördröjningsvolymen.

**Multianläggning**
Beräknad fördröjningsvolym ~ 25 $m^3$

| | | |
|---|---|---|
| Maxflöde ut | 15 | Befintlig situation 10 års regn |
| Reducerad area | 0,1777 | Framtiden |
| Återkomsttid | 10 | 120 |

| Varaktighet (min) | Intensitet l/s ha | Volym in (m3) | Volym ut (m3) | Fördröjningsvolym (m3) |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 392 | 21 | 4,5 | 16 |
| 10 | 285 | 30 | 9 | 21 |
| 15 | 226 | 36 | 13,5 | 23 |
| 20 | 189 | 40 | 18 | 22 |
| 30 | 145 | 46 | 27 | 19 |
| 35 | 130 | 49 | 31,5 | 17 |
| 40 | 119 | 51 | 36 | 15 |
| 45 | 109 | 53 | 40,5 | 12 |

| | | |
|---|---|---|
| Maxflöde ut | 15 | Befintlig situation 10 års regn |
| Reducerad area | 0,1837 | Framtiden |
| Återkomsttid | 10 | 120 |

| Varaktighet (min) | Intensitet l/s ha | Volym in (m3) | Volym ut (m3) | Fördröjningsvolym (m3) |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 392 | 22 | 4,5 | 17 |
| 10 | 285 | 31 | 9 | 22,41 |
| 15 | 226 | 37 | 13,5 | 23,82 |
| 20 | 189 | 42 | 18 | 24 |
| 30 | 145 | 48 | 27 | 21 |
| 35 | 130 | 50 | 31,5 | 19 |
| 40 | 119 | 52 | 36 | 16 |
| 45 | 109 | 54 | 40,5 | 14 |

**GC-bana**
Beräknad fördröjningsvolym ~ 5 $m^3$.

| | | |
|---|---|---|
| Maxflöde ut | 2 | Befintlig situation 20 års regn |
| Reducerad area | 0,028 | Framtiden |
| Återkomsttid | 20 | 240 |

| Varaktighet (min) | Intensitet l/s ha | Volym in (m3) | Volym ut (m3) | Fördröjningsvolym (m3) |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 493 | 4 | 0,6 | 3,5 |
| 10 | 358 | 6 | 1,2 | 4,8 |
| 15 | 284 | 7 | 1,8 | 5,4 |
| 20 | 237 | 8 | 2,4 | 5,6 |
| 30 | 182 | 9 | 3,6 | 5,6 |
| 35 | 163 | 10 | 4,2 | 5,4 |
| 40 | 149 | 10 | 4,8 | 5,2 |
| 45 | 137 | 10 | 5,4 | 5,0 |

**Katolska skolan ALT A**

Beräknad fördröjningsvolym ~ 30 $m^3$

| | | |
|---|---|---|
| Maxflöde ut | 89 | Befintlig situation 20 års regn |
| Reducerad area | 0,36785 | Framtiden |
| Återkomsttid | 20 | 240 |

| Varaktighet (min) | Intensitet l/s ha | Volym in (m3) | Volym ut (m3) | Fördröjningsvolym (m3) |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 493 | 54 | 26,7 | 28 |
| 10 | 358 | 79 | 53,4 | 26 |
| 15 | 284 | 94 | 80,1 | 14 |
| 20 | 237 | 105 | 106,8 | -2 |
| 30 | 182 | 120 | 160,2 | -40 |
| 35 | 163 | 126 | 186,9 | -61 |
| 40 | 149 | 132 | 213,6 | -82 |
| 45 | 137 | 136 | 240,3 | -104 |

**Katolska skolan ALT B**

Beräknad fördröjningsvolym ~ 30 $m^3$

| | | |
|---|---|---|
| Maxflöde ut | 105 | Befintlig situation 20 års regn |
| Reducerad area | 0,4288 | Framtiden |
| Återkomsttid | 20 | 240 |

| Varaktighet (min) | Intensitet l/s ha | Volym in (m3) | Volym ut (m3) | Fördröjningsvolym (m3) |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 493 | 63 | 31,5 | 31,9 |
| 10 | 358 | 92 | 63 | 29 |
| 15 | 284 | 110 | 94,5 | 15 |
| 20 | 237 | 122 | 126 | -4 |
| 30 | 182 | 140 | 189 | -49 |
| 35 | 163 | 147 | 220,5 | -73 |
| 40 | 149 | 153 | 252 | -99 |
| 45 | 137 | 159 | 283,5 | -125 |

# Bilaga 3 Föroreningsberäkningar

*Tabell 18. Föroreningshalter och föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter rening i Biofilter. Röda celler visar halter som överskrider målvärden och gröna celler visar halter som ligger under.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reningseffekt | 36 | 26 | 70 | 38 | 71 | 81 | 45 | 75 | 44 | 62 | 58 | 77 |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Föroreningshalter** | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | 130 | 1300 | 5.9 | 13 | 55 | 0.29 | 3.4 | 4.7 | 0.011 | 29000 | 240 | **0.030** |
| Efter exploatering | **200** | 1600 | 12 | **25** | **86** | 0.56 | **9.8** | 8.1 | 0.022 | 59000 | 570 | **0.041** |
| Efter rening | 130 | 1200 | 3.6 | 16 | 25 | 0.11 | 5.4 | 2.0 | 0.012 | 22000 | 240 | 0.0092 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Föroreningsmängd** | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.093 | 0.92 | 0.0041 | 0.0092 | 0.038 | 0.00020 | 0.0024 | 0.0033 | 0.0000075 | 20 | 0.17 | 0.000021 |
| Efter exploatering | 0.19 | 1.5 | 0.011 | 0.024 | 0.080 | 0.00053 | 0.0092 | 0.0076 | 0.000020 | 55 | 0.54 | 0.000039 |
| Efter rening | 0.12 | 1.1 | 0.0034 | 0.015 | 0.023 | 0.00010 | 0.0051 | 0.0019 | 0.000011 | 21 | 0.23 | 0.0000087 |

Bö 76:40, Regnbädd

*Tabell 19. Föroreningshalter och föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter rening i makadamdike. Röda celler visar halter som överskrider målvärden och gröna celler visar halter som ligger under.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reningseffekt | 34 | 39 | 59 | 52 | 67 | 70 | 50 | 46 | 28 | 52 | 73 | 43 |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Föroreningshalter** | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | 16 | 310 | 2.6 | 4.7 | 12 | 0.092 | 1.8 | 2.8 | 0.0064 | 15000 | 81 | 0.0046 |
| Efter exploatering | **210** | 1600 | 13 | **27** | **89** | 0.60 | **10** | 8.3 | 0.023 | **62000** | 610 | **0.043** |
| Efter rening | 140 | 960 | 5.3 | 13 | 29 | 0.18 | 5.2 | 4.5 | 0.016 | 30000 | 160 | 0.025 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| | | | | | | | | | | | | |
| **Föroreningsmängd** | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.013 | 0.25 | 0.0021 | 0.0038 | 0.0098 | 0.000075 | 0.0015 | 0.0023 | 0.0000052 | 12 | 0.066 | 0.0000037 |
| Efter exploatering | 0.28 | 2.1 | 0.017 | 0.036 | 0.12 | 0.00081 | 0.014 | 0.011 | 0.000031 | 83 | 0.82 | 0.000059 |
| Efter rening | 0.18 | 1.3 | 0.0072 | 0.017 | 0.039 | 0.00024 | 0.0071 | 0.0061 | 0.000022 | 40 | 0.22 | 0.000033 |

Lunden 745:111. Makadamdike

*Tabell 20. Föroreningshalter och föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter rening i dagvattendamm. Röda celler visar halter som överskrider målvärden och gröna celler visar halter som ligger under.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reningseffekt % | 43 | 22 | 58 | 47 | 55 | 42 | 64 | 46 | 29 | 61 | 85 | 66 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Föroreningshalter | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | **180** | 1500 | 11 | **23** | **78** | 0.49 | **8.7** | 7.7 | 0.020 | 53000 | 510 | **0.036** |
| Efter exploatering | **190** | 1600 | 12 | **25** | **83** | 0.54 | **9.5** | 8.0 | 0.021 | 57000 | 560 | **0.040** |
| Efter rening | 110 | 1200 | 5.0 | 13 | 38 | 0.31 | 3.4 | 4.3 | 0.015 | 22000 | 83 | 0.014 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Föroreningsmängd | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.91 | 7.6 | 0.053 | 0.11 | 0.39 | 0.0024 | 0.043 | 0.038 | 0.000100 | 260 | 2.5 | 0.00018 |
| Efter exploatering | 1.1 | 8.5 | 0.064 | 0.13 | 0.46 | 0.0030 | 0.052 | 0.044 | 0.00012 | 310 | 3.0 | 0.00022 |
| Efter rening | 0.60 | 6.6 | 0.027 | 0.071 | 0.21 | 0.0017 | 0.019 | 0.023 | 0.000082 | 120 | 0.45 | 0.000074 |

Bö 76:47 - Skolan Alternativ A, dagvattendamm.

*Tabell 21. Föroreningshalter och föroreningsmängder före och efter exploatering samt efter rening i Biofilter. Röda celler visar halter som överskrider målvärden och gröna celler visar halter som ligger under.*

| **Föroreningar** | **P** | **N** | **Pb** | **Cu** | **Zn** | **Cd** | **Cr** | **Ni** | **Hg** | **SS** | **Oil** | **BaP** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reningseffekt % | 27 | 18 | 65 | 28 | 67 | 79 | 40 | 73 | 39 | 56 | 53 | 74 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Föroreningshalter | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l | µg/l |
| Före exploatering | **180** | 1500 | 11 | **23** | **78** | 0.49 | **8.7** | 7.7 | 0.020 | 53000 | 510 | **0.036** |
| Efter exploatering | **190** | 1600 | 12 | **25** | **83** | 0.54 | **9.5** | 8.0 | 0.021 | 57000 | 560 | **0.040** |
| Efter rening | 140 | 1300 | 4.0 | 18 | 28 | 0.11 | 5.7 | 2.2 | 0.013 | 25000 | 260 | 0.010 |
| Målvärde | 150 | 2500 | 28 | 22 | 60 | 0.90 | 7.0 | 68 | 0.070 | 60000 | 1000 | 0.030 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Föroreningsmängd | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år | kg/år |
| Före exploatering | 0.91 | 7.6 | 0.053 | 0.11 | 0.39 | 0.0024 | 0.043 | 0.038 | 0.000100 | 260 | 2.5 | 0.00018 |
| Efter exploatering | 1.1 | 8.5 | 0.064 | 0.13 | 0.46 | 0.0030 | 0.052 | 0.044 | 0.00012 | 310 | 3.0 | 0.00022 |
| Efter rening | 0.78 | 7.0 | 0.022 | 0.097 | 0.15 | 0.00063 | 0.031 | 0.012 | 0.000071 | 140 | 1.4 | 0.000056 |

Bö 76:47 - Skolan Alternativ B, Biofilter

# Bilaga 4 Fältbesök

Kompletterade bilder från fältbesök.

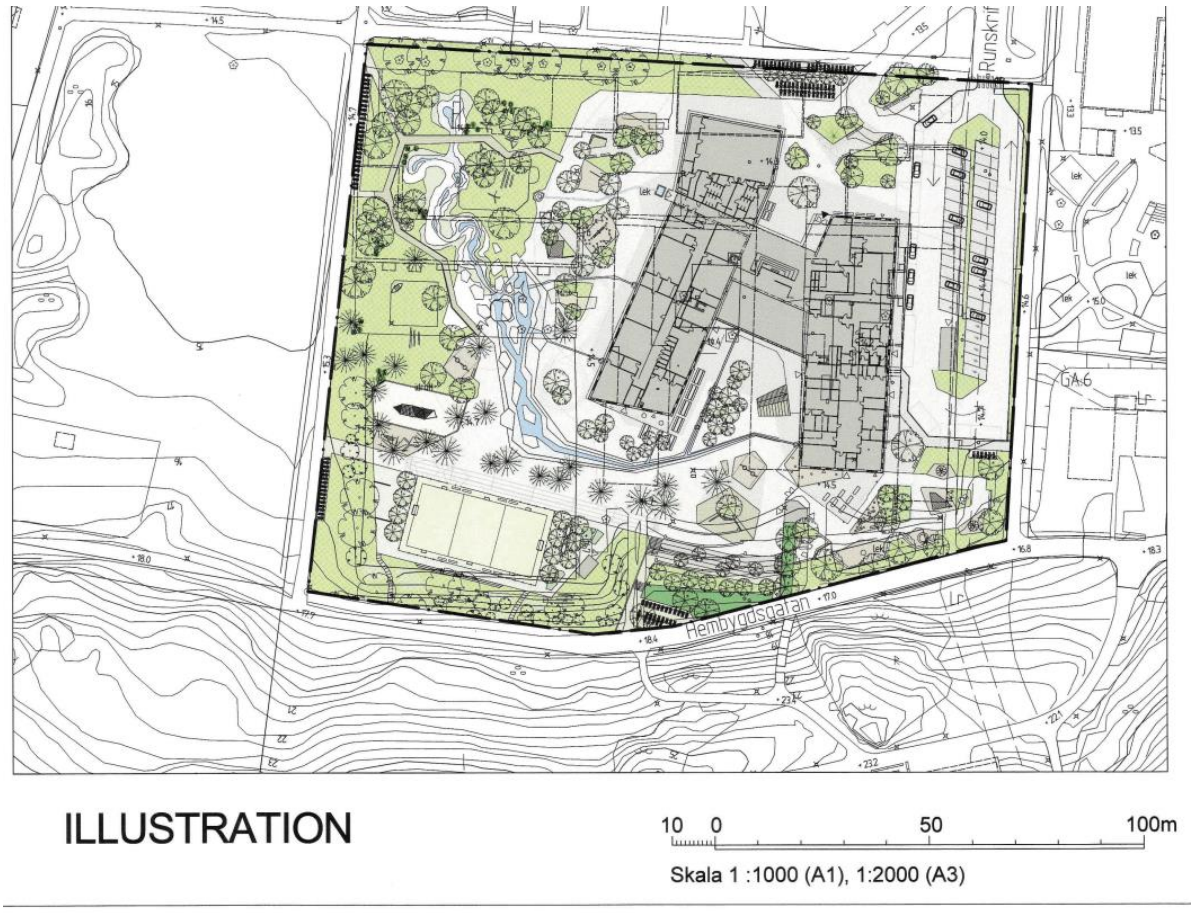
*Figur 31. Baksidan av Katolska Skolan som visar lutning mot norr. Bilden är tagen på brytpunkt, bakåt lutar det mot grusplan.*

*Figur 32. Brunn på fastighet i slänten ner mot dagvattendamm. Verkar fungera bra, bildats som en kant runt brunnen som kan fördröja en liten mängd vatten.*

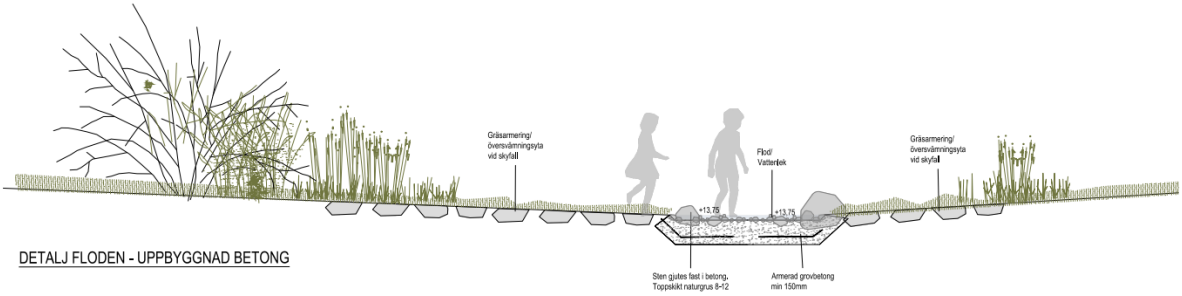
*Figur 33. Plats där GC-bana planeras gå längs med höjden ner mot Lilla Danska Vägen på höger sida om nybyggnation.*

# Bilaga 5 Typsektioner

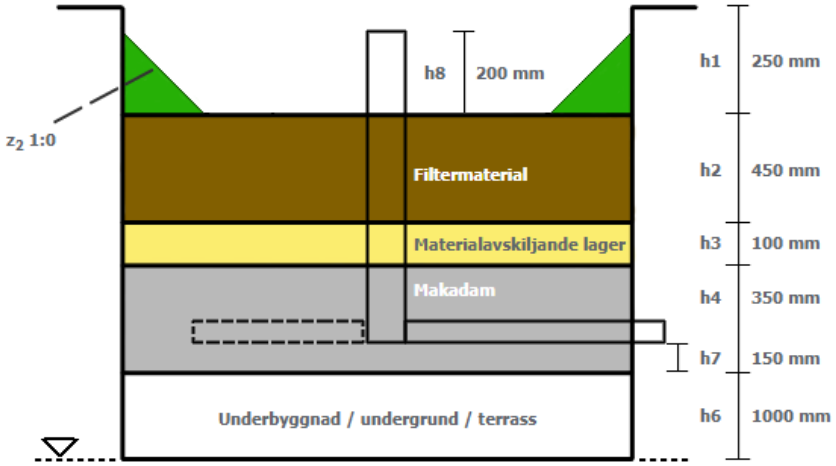
Torslandaskolan i Göteborg är byggd för att bli Världens bästa skola när det regnar. På skolgården har därför en stor vattenkanal byggds för att dels ta hand om dagvatten, dels göra skolgården till en rolig plats att leka på både vid regn och vid torrt väder. Bilderna nedan visar olika skisser och profiler över vattenkanalen som är byggd på Torslandaskolan.



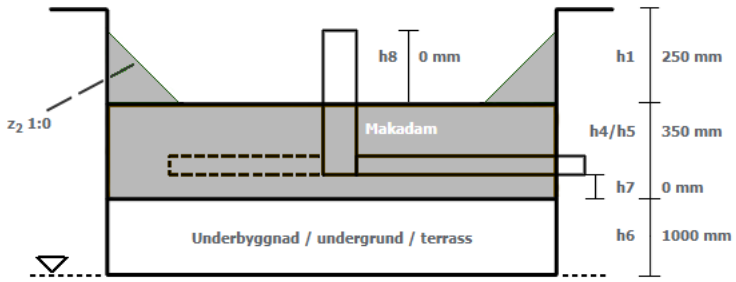

*Figur 34.Illustration över vattenkanal vid Torlandaskolan, Göteborg. Från plankarta*



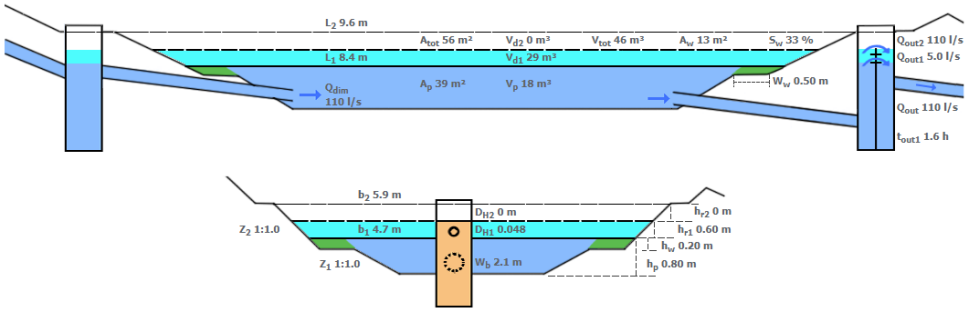

**Sektioner framtagna från Stormtac för de olika reningsanläggningarna och dess dimensioner.**




Biofilter (regnbädd/växtbädd)




Krossdike (makadamdike)







| | |
|---|---|
| $A_p$ | Permanent vattenyta |
| $A_{tot}$ | Total regleryta |
| $A_w$ | Vegetationsyta |
| $V_p$ | Permanent vattenvolym |
| $V_{tot}$ | Total vattenvolym |
| $V_{d1}$ | Nedre reglervolym |
| $V_{d2}$ | Övre reglervolym |
| $S_w$ | Andel vegetation |
| $t_{out1}$ | Tömningstid för Qout1 |
| $L_1$ | Längd vid permanent vattennivå |
| $L_2$ | Längd vid maximal vattennivå |
| $b_1$ | Bredd vid permanent vattennivå |
| $b_2$ | Bredd vid maximal vattennivå |
| $D_{H1}$ | Diameter av lägre skibordshål |
| $D_{H2}$ | Diameter av övre skibordshål |
| $W_b$ | Bottenbredd |
| $W_w$ | Bredd av våtmarkzon |
| $h_{r1}$ | Undre reglerhöjd |
| $h_{r2}$ | Övre reglerhöjd |
| $h_w$ | Djup på våtmarkszonen |
| $h_p$ | Permanent vattendjup |
| $Z_1$ | Nedre släntlutning |
| $Z_2$ | Övre släntlutning |
| $Q_{dim}$ | Dimensionerande flöde |
| $Q_{out}$ | Maximalt utflöde |
| $Q_{out1}$ | Utflöde från permanent dammnivå |
| $Q_{out2}$ | Utflöde från övre reglervolym |