



FRIHAMNEN
DAGVATTEN I GATA
Underlag till detaljplan 1

Nov 2015

Koncept 2015-11-12



Göteborgs Stad
Kretslopp och vatten

RAMBOLL

TITEL: FRIHAMNEN, DAGVATTEN I GATA, UNDERLAG TILL DETALJPLAN 1
DATUM: NOVEMBER 2015
UTGIVARE: GÖTEBORG STAD
BOX 2554, 40 317 GÖTEBORG
TELEFON: 031-365 00 00
E-POST: SBK@SBK.GOTEBORG.SE
PROJEKTLEDARE: CAROLINE VALEN

KONSULT: RAMBÖLL SVERIGE AB
BOX 5343
(BESÖKSADRESS: VÄDURSGATAN 6)
4027 27 GÖTEBORG
UPPDRAGSLEDARE: MIKAELA RUDLING
UPPDRAGSNUMMER: V:\44\14\13200016669
FOTO/ILLUSTRATIONER: RAMBÖLL, OM INGET ANNAT ANGES
WWW.RAMBOLL.SE

INNEHÅLL

1. INLEDNING	4
2. BAKGRUND	6
3. HELHETSLÖSNING	10
2. BERÄKNINGAR	12
5. PRINCIPUTFORMNING AV KVARTERSMARK OCH GATOR	14
5.1 HUVUDGATA	14
5.2 HANDELSGATA	18
5.3 MINDRE GATA	22
5.4 KVARTERSMARK	26
6. KOSTNADSBEDÖMNING	28
7. SLUTSATASER	30

BILAGOR

- Dimensioneringskriterier och funktionskrav
- Redovisning av modellberäkningar

1. INLEDNING

Detta Pm är framtaget som underlag till detaljplan för Etapp 1 för Frihamnen.

Syftet med utredning är att studera hur stadsrummen i Frihamnen kan planeras för rening och fördröjning av mindre regnmängder i ytliga, vegetationsklädda stråk och hur kraftiga skyfall kan ledas bort till älven utan att orsaka översvämning i byggnader.

I en separat rapport "Pm Frihamnen - Rening av dagvatten - Underlag till detaljplan 1" (daterat 2015-11-27) redovisas reningsberäkningarna och effekterna av de föreslagna lösningarna.

För att kunna hantera alla typer av regnmängder behövs en kombination av många olika dagvattenlösningar. Utformningen av gatorna i Frihamnen har som utgångspunkt att all dagvattenhantering ska ske i öppna system, utan ledningar eller underjordiska magasin. Reningen ska i första hand ske med växter men med skötselperspektivet i åtanke. För omhändertagande av de kraftigaste regnen krävs en höjdsättning som leder bort vatten yttligt samt peka ut vilka delar av gaturummen som vid enstaka tillfällen får översvämmas.

Samutnyttjande av träd och grönytor med den tekniska funktionen att rena dagvatten innebär ekosystemtjänster som ger stor vinst för stadslivet. Grönytor och träd är nödvändiga för att skapa en god livsmiljö för de boende i staden och därtill kan dagvattenrännor föra in vatten som en kvalitet. Men utrymmet mellan husen i en tät stad är begränsat och många funktioner

ska få plats. En planering med mångfunktionella ytor behövs där flera funktioner samsas om samma ytor. Till exempel kan en uteservering ligga som ett trädäck över dagvattenrännan, trädgropar bestående av skelettjord sträcka sig under cykelbanan och ett plattbelagt torg vara skålformat för att fyllas vid kraftiga regn.

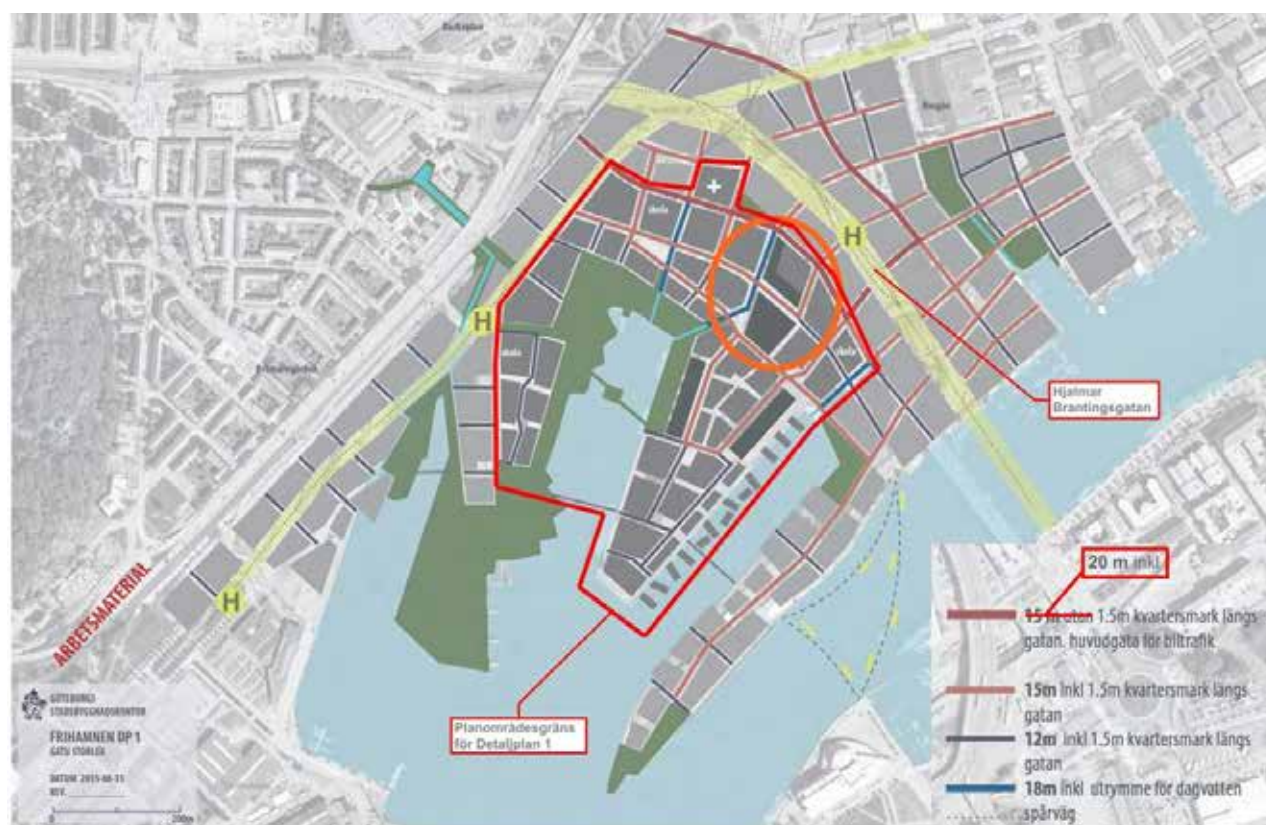
Detaljplanen för första etapp av Frihamnen omfattar ett relativt stort område. För att studera dagvattenhanteringen mer i detalj och förstå vilka faktorer som påverkar, har utredningen avgränsats till ett fokusområde inom planen (se karta med inringat fokusområde). Förutsättningar för val av område var att det ska omfatta ett avgränsat avrinningsområde inklusive ett identifierat lågstråk, del av en trafikerad gata, minst en mindre anslutande gata samt ett kvarter för att kunna ta fram en systemlösning.

Det valda fokusområdet omfattar befintliga byggnader som bevaras och utbyggnaden av området kommer troligen starta här. Magasinsbyggnaderna ligger lågt och dagvattenhanteringen måste anpassas till befintliga marknivåer. Det ska byggas högt, tätt och med mycket människor i rörelse och här finns även områdets huvudhandelsstråk som ett utpekat lågstråk dit vattnet ska ledas. Det skapar spännande men utmanande förutsättning för val och utformning av lösningar.

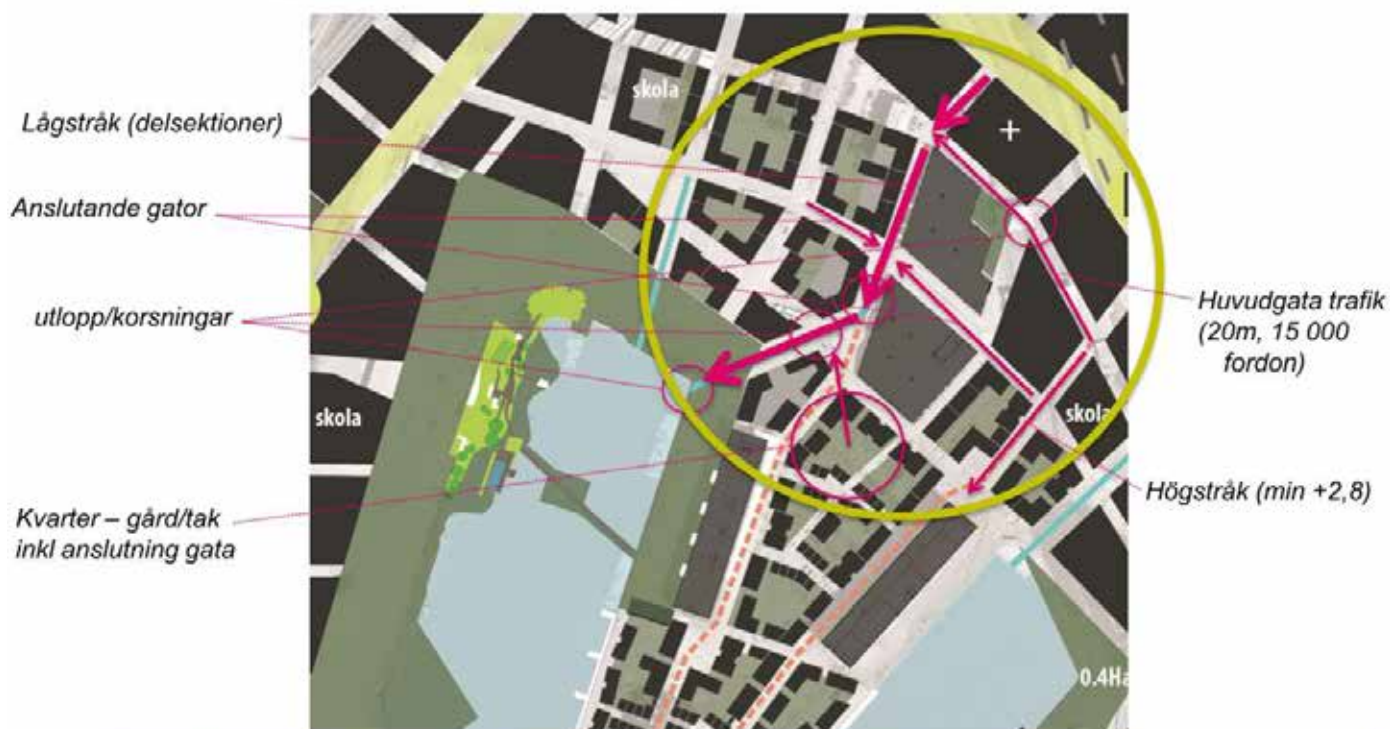
Denna utredning och valt fokusområde ska leda till generella rekommendationer för hantering av dagvatten i detaljplanen. I det fortsatta arbetet kommer detaljstudier av andra delar av planen behövas.



Exempel på dagvattenhantering med mångfunktionella ytor från Rouen, Frankrike. Uteserveringen ligger på ett trädäck över det blå-gröna stråket. Motsvarande samutnyttjande av ytor kan vara aktuellt för gatorna i Frihamnen också.



Kartan visar principer för vilka olika gatutyper och bredder som är planerade i Frihamnen. Här syns också befintlig bebyggelse som ska sparas markerad med mörkare grå färg. Inringat område har använts som fokusområde i denna utredning för att ta fram principlösningar för dagvattenhantering inom gaturummen och kvartersmark. Principlösningarna kan även appliceras på övriga delar av Frihamnen. Den röda linjen visar avgränsningen för detaljplan 1. Arbetsmaterial från "Frihamnen Dp1" Gbg stad, 2015-08-31.



Kartan visar det område som valts att studera i denna utredning. Det består av ett samlat avrinningsområde som innehåller många frågeställningar för dagvattenhantering. Området ger en representativ bild av olika typer av gaturum som kan komma att vara aktuella inom hela detaljområdet. Kartan är från "Frihamnen Dp1" Göteborg Stad 2015-09-18. Utredning av trafikprognoser och gatubredder pågår parallellt.

2. BAKGRUND

Det huvudsakliga underlaget till denna utredning har varit "Frihamnen Dp 1"(strukturplan med gatustorlek, arbetsmaterial daterad 2015-08-31) och "Klimatanpassningsstrategi för Frihamnen (karta daterad 2015-09-18)". Kartorna på föregående och motstående sida är hämtade från det materialet.

Som grund till detta Pm ligger också de principiella lösningar för olika scenarier i Frihamnen som tidigare har studerats i utredningarna "Frihamnen, dagvatten i gata" och "Frihamnen, dagvatten i gata, 500-årsregn". Här går vi vidare och fokuserar på ett kvarter och några typgator som ligger i detaljplanens stadsstruktur.

Parallellt pågår många andra utredningar som berör utformningen av gaturummen i Frihamnen, till exempel gång- och trafikstrategier, och dessa har också ingått som underlag med de slutsatser som förelåg vid tillfället för utredningen. De mått på gatubredder och trafikprognoser som denna studie har utgått ifrån är under fortsatt utredande och ska endast ses som principer. Det gäller särskilt gatutypen huvudgata. Antalet fordon eller bredden på körbanan har dock ingen eller liten betydelse för kravet på det blå-gröna stråkets bredd i huvudgatan. En förutsättning är att grönstråket rymmer en trädrad och det är trädens behov som är styrande för stråkets bredd här, inte volymen för omhändertagande av dagvatten. Se vidare resonemang i kapitel 5.1 Huvudgata.

Höjdsättningen av området är mycket betydelsefullt för utformningen av de ytliga dagvattenstråken. Här har studien utgått ifrån de principer för höjdsättning som redovisas i "Klimatanpassningsstrategi för Frihamnen (karta daterad 2015-09-18)". Kajkanterna längs hamnbassängerna och de mindre kanalerna in området är höjdsatta till minst +2,5 m för att säkra området mot höga vattennivåer. För ett långsiktigt skydd är området beroende av en storskalig lösning för staden. Det ytliga blå-gröna stråket mynnar ut i kanalen och utloppet dimensioneras så det klarar en framtida högre vattennivå i älven (+0,85m). Områden kring de befintliga magasinerna har marknivåer under +2,5. För att dessa lägre delar inte ska översvämmas via kanalerna, kan temporära högvattenluckor bli aktuellt vid kanalernas inlopp.



Exempel på utformning ett blå-grönt stråk för dagvattenhantering, Malmö.

De dimensioneringskriterier och funktionskrav som ställts för dagvattenhanteringen i Frihamnen visas i sin helhet i Bilaga 1. Det funktionskrav som har haft den största påverkan i uppdraget är att dimensionerande regn är ett 30-årsregn. Detta innebär att ett regn med en återkomsttid på 30 år skall kunna hanteras inom de avsatta ytorna för dagvattenhantering på gator och kvarter, deytor i gatorna som här kallas för blå-gröna stråk. Vid kraftiga regn med längre återkomsttid tillåts kringliggande ytor att översvämmas. Valet av 30 år som återkomsttid för marköversvämning (trycklinje i marknivå) följer gällande europanorm (SS-EN752) som innehåller generella funktionskrav och rekommenderade dimensioneringskriterier för avloppsledningar i mark. Svenskt vattens kommande publikation med funktionskrav kommer troligen anpassas till europanormen varför vi valt att följa den.

Begreppsförklaring

- **Lågstråk** = används om den övergripande höjdsättningsstrategin i Detaljplanen med hög- och lågstråk för att avleda dagvatten till hamnbassängen och älven
- **Blå-grönt stråk** = avsatta ytor för dagvattenhantering i gatorna
- **Ränna** = den nersänkta delen av det blå-gröna stråket

FRIHAMNEN
Klimatanpassningsstrategi
2015-09-18



Karta från "Klimatstrategi för Frihamnen" visar princip för avstängning av hamnbassängen vid högvatten samt olika typer av stråk för hantering av dagvatten. Arbetsmaterial från "Frihamnen Dp1" Gbg stad, 2015-09-18.



Ett exempel från Stockholm med en dagvattenränna med vegetation och flacka gräsklädda slänter. En mångfunktionell utformning där gräsytor kan användas för vistelse och där olika typer av vegetation kan bidra till biologisk mångfald. Den här utformningen kräver dock för mycket yta för att få rum i de smalare gatorna i Frihamnen.



Här är ett exempel på dagvattenränna med vegetation från Rouen i Frankrike. Rännan är smalare och mer hårdgjord än i exemplet från Stockholm här intill. De trappade sidor och passagera över rännan kan vara inspiration för Frihamnen men i det öppna, rinnande vattnet i rännan kommer inte att vara aktuellt för Frihamnen.



Vegetationen är en del av dagvattenfördröjningen på ett torg i Rotterdam, men de stora vattenmängderna samlas i de hårdgjorda lekytorna. I förgrunden på bilden ser vi exempel på en dagvattenränna med övertäckning.



En stadsdel i Köpenhamn har klimatsäkrats för att klara skyfall. Nedsänkta grönytor som den på fotot ska ta hand om och fördröja stora volymer vatten vid kraftiga regn, och fungera som små parker resten av tiden. Den här typen av småskaliga lösningar till exempel i korsningar och vid indragningar av byggnader kvarteren kan passa in i stadsstrukturen i Frihamnen.

3. HELHETSLÖSNING

Dagvattnet ska hanteras i sammanhängande system; fördröjas på kvartersmark och i gaturummen samt ledas genom området i ytliga blå-gröna stråk och rännor som är utformade för att klara både små vattenmängder och stora skyfall. Dagvattnet ska fördröjas och renas lokalt utmed hela sträckan så nära källan som möjligt. Hela systemet ska hänga ihop så att dagvattnet kan ledas i ytan i hela avrinningsområdet oavsett om det är små vattenmängder eller stora flöden som forsar på gatorna. Där de blå-gröna stråken börjar är kapacitetsbehovet mindre. Där kan sektionen vara smal och rännorna vara grunda för att sedan breddas och fördjupas nedströms där kapacitetsbehovet är större.

Det kommer att behövas dräneringsledningar under växtbäddarna i rännorna, men i övrigt ska ledningssystem för dagvatten undvikas utöver dränering av byggnader och vägkroppar (studerats inte i denna ut-

redning).

Kvarteret och de olika gaturummen redovisas i kapitel 5 med principsektion och planer i tre scenarier: inget regn, 30-årsregn och 100-årsregn. Vilka gator och kvarter vi gjort beräkningar och principförslag på utformning för framgår av kartan nedan.

En förutsättning för val av gator och kvarter att studera är att de ska ligga inom detaljplanen eftersom det annars finns för stora osäkerheter kring utformningen i nuläget. Gator och kvarter som till exempel kvarteren mot Hjalmar Brantingsgatan, har därför inte studerats. Fördröjning av dagvatten inom just de kvarteren ger stor effekt på den totala volymen dagvatten längre ned i systemet. I kvarteren vid Hjalmar Brantingsgatan finns dock begränsade möjligheter till fördröjning av dagvatten på grund av hög täthet och typen av



Översiktskarta som visar vilka olika gator och kvarter som har studerats i denna utredning och hur de blå-gröna lågstråken samverkar för att ta hand om allt från fördröjning av 2-års regn till de stora flödena vid 100-årsregn. Huvudgatan, Handelsgatan, en mindre gata samt kvarteret beskrivs närmare i kapitel 5. De röda strecken visar var sektionerna som visas i de kpittlet är tagna. De svarta byggnaderna i kartan är befintliga byggnader som bevaras. Stadsstrukturen kommer från "Frihamnen Dp1" Gbg stad, 2015-09-18.

bebyggelse. Här kommer fördröjning på tak att vara viktigt eftersom gårdarna troligen blir underbyggda och slutna. Längre ner mot hamnbasängerna är kvarteren öppnare, lägre och med större gårdar. Förutsättningarna för fördröjning är bättre här och det är ett av dessa kvarter som vi valt att utreda mer i detalj och sedan dra slutsatser ifrån för resten av området.



Gata med mångfunktionella vegetationsytor där dagvatten fördröjs och renas, Tyskland. Inspiration för utformningen av gator med hög trafikbelastning (Huvudgata). Foto: Göteborg Stad.

4. BERÄKNINGAR

För att kontrollera dagvattenlösningarnas hydrauliska funktion har beräkningar med verktyget MIKE Urban CS (2014) använts. Samtliga antaganden och parametrar som har använts för modellen beskrivs i Bilaga 2 Redovisning av modellberäkningar.

Modellen har använts för att ta fram flöden för antagna avrinningsområden, samt att se hur dessa flöden ackumuleras i lågpunkterna/lågstråken. Utifrån flödena har ungefärligt kapacitetsbehov tagits fram vilket har använts vid framtagningen av olika principsektioner för de olika gatorna. De olika principsektionerna har därefter kontrollberäknats i modellen genom simuleringar av olika regn. De regn som har simulerats är regn med 5-, 30- respektive 100-års återkomsttid.

Utredningen har fokuserat på ett minde delavrinningsområde/fokusområde inom detaljplan 1, se karta på motsstående sida. Syftet är att ta fram principlösningar och principgator som sedan övergripande kan appliceras på resten av detaljplanområdet.

För att kunna minska ytanspråket för dagvattenhanteringen i gaturummet så har fördröjning av dagvatten inom kvartersmark studerats. För att kunna se effekten av fördröjning av dagvatten inom kvartersmark har två modeller konstruerats.

En modell visar samtliga gator inom fokusområdet med aktuella gatusektioner med utformade blå-gröna stråk. Dessa gatusektioner är Huvudgata, Handelsgata och mindre gata (se översiktsbild under avsnitt 3). De slutgiltiga gatusektionerna finns även illustrerade och beskrivna i bilaga 2 samt under avsnitt 5. De olika sektionernas utformning har varierat något i form av släntlutning och bredd däremot är djupet det samma i samtliga sektioner. Materialet i lågstråken varierar mellan gatorna från vegetationsklädda till hårdgjorda ytor. Materialvalen görs med avseende på rening, estetiska värden och ytanspråk. Reningssystemet beskrivs vidare i "Pm Frihamnen - Rening av dagvatten - Underlag till detaljplan 1", (daterat 2015-11-27)

Den andra modellen tar hänsyn till fördröjning inom kvartersmark vilket har utformats i modellen som en

nedsänkt yta inne på kvarteret. Fördröjningsvolymen motsvarar den volym som genereras vid ett 30-årsregn och har en avtappning från botten av magasinet via en dräneringsledning. Ledningen mynnar i det ytliga stråket i gatan utanför kvarteret. Magasinets bräddavlopp ligger i överkant av magasinet i form av en ränna som leds genom kvarterens öppningar ut i blå-gröna stråken i gatan. Fördröjning inom kvartersmarken kan ske genom flera metoder så som gröna tak, raingardens mm.

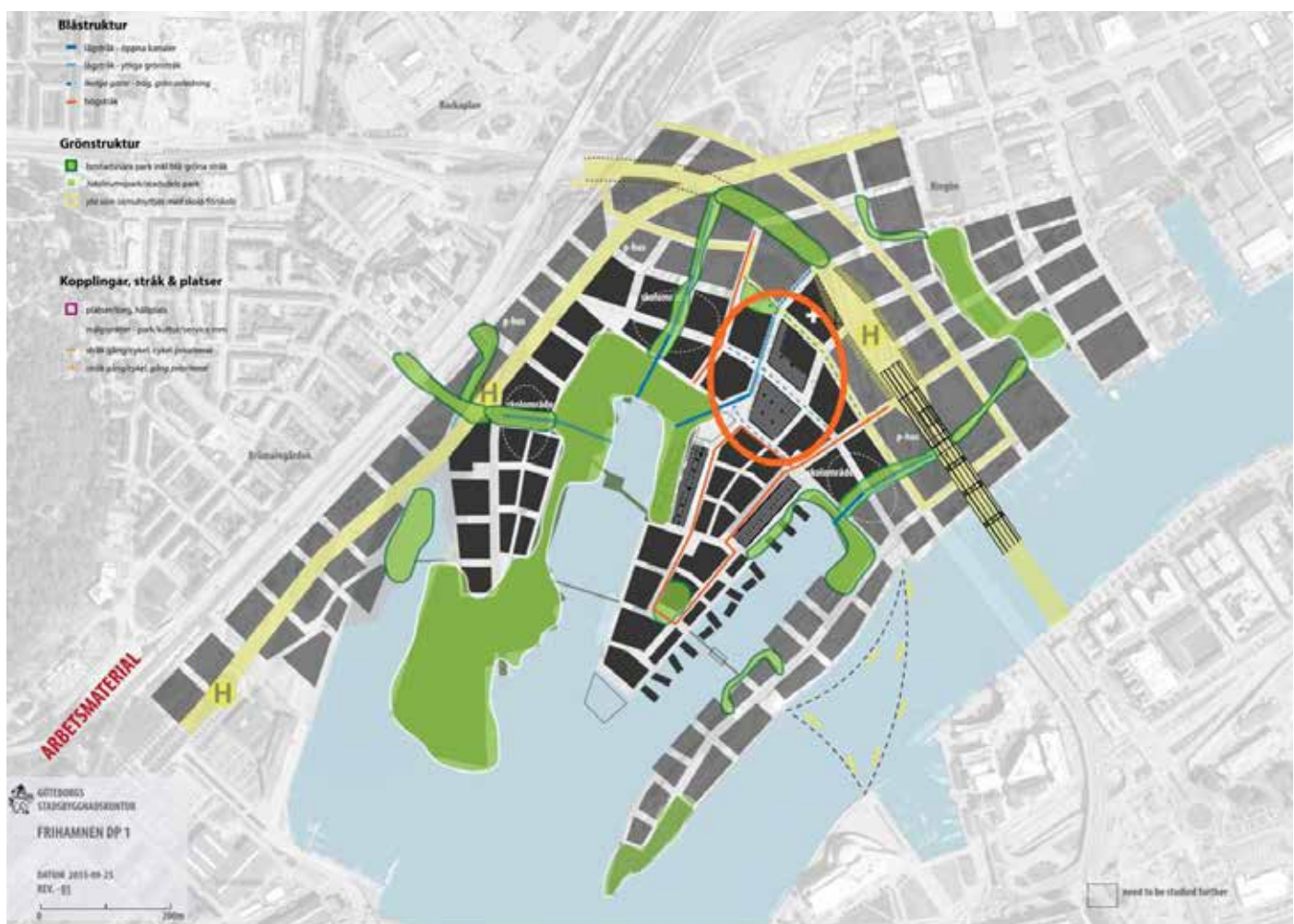
Resultaten från simuleringarna redovisas i sin helhet i Bilaga 2. Resultaten visade att de olika gatusektionerna med de föreslagna principsektionerna kan hantera ett 30-årsregn inom de avsatta ytorna för dagvattenhantering (blå-gröna stråk). Resultaten visar även att det går att avleda ett skyfall (100-årsregn) utan att vattennivån överstiger 20 cm på avsedda körbanor samt att vatten nivån ej riskerar översvämning i byggnader, utmed gator eller på gårdarna i kvarteren.

Med fördröjning inom kvartersmark minskar vattendjupet i lågstråken i gatorna. Fördröjningen inom kvartersmark skulle därmed kunna användas för att minska ytanspråket för dagvattenhantering i gaturummet för vissa sträckor. I resultatet visas att det är uppströms i systemet som behovet av fördröjning inom kvarteren är som störst. Dessvärre är dessa kvarter sämre lämpade då de är högre och tätare bebyggda. För dessa kvarter skulle gröna tak vara ett alternativ för att minska belastningen på nedströms liggande system.

Modelleringen av fördröjning inom kvartersmark gjordes som en form av en känslighetsanalys av dagvattensystemet i gaturummet. I analysen visas effekten av att fördröja ett 30-årsregn inom kvartersmark. Analysen visade att dagvattensystemet i gatan avlastades och lättare kunde hantera de aktuella regnmängderna. Att fördröja ett 30-årsregna inom kvartersmark anses dock inte rimligt utan användes för att illustrera en princip. I modellen har samtliga nya kvarter en likadan fördröjning vilket inte är rimligt då kvartersstrukturen varierar inom detaljplaneområdet. Hur stor fördröjning som kan ske på kvartersmark får studeras vidare i nästa skede.

En aspekt som inte har studerats i denna utredning är riskerna med vattenhastigheten på översvämmade gator vid kraftiga regn. Vid kraftigare regn där dagvatten översvämmar och rinner på gatorna uppstår en säkerhetsrisk då vattendjupet i samband med vattenhastigheten kan slå omkull en gångtrafikanter. Denna risk bör utredas vidare i nästa skede. Vattenhastigheten har också betydelse för växtbäddar i det blå-gröna stråket då det påverkar risken för erosion och planteringarnas hållbarhet och funktion. En fördel är att Frihamnen generellt sett är flackt och bör därmed ej ge upphov till

höga vattenhastigheter men detta bör beaktas vid höjdsättningen av området.



Karta med blå-grön struktur. Inringat område har använts som fokusområde i denna utredning för att ta fram principlösningar för dagvattenhantering inom främsta gaturummen men även inom kvartersmark. Arbetsmaterial från "Frihamnen Dp1" Gbg stad, 2015-09-25.

5. PRINCIPUTFORMNING AV KVARTERSMARK OCH GATOR

5.1 HUVUDGATA

Huvudgatan representerar det mest trafikerade gaturummet inom detaljplan 1, uppskattningsvis mellan 14000-20000 fordon/dygn. Här är behovet av rening stort samtidigt som utrymmet är begränsat och kravet på god framkomlighet för många trafikslag högt. Gaturummet kommer sannolikt att vara bredare än redovisat i typsektionen för att rymma ytterligare en körbana för svängande trafik och refuger, men ett bredare gaturum står i konflikt med ytbehov för kvartersmark och med den stadsmässighet som smalare gaturum kan upplevas som. Därför utgår denna utredning ifrån den gatubredd 20 meter för huvudgata som strukturplanen visar. Vägens bredd kan alltså variera, men det påverkar inte bredden på det blå-gröna stråket som styrs av trädens behov. Däremot kan djupet på svackan/rännan variera beroende på vilka volymer vatten den ska kunna ta emot.

Ett längsgående blå-grönt stråk med ett flackt dike och en trädrad tar hand om dagvattnet från de hårdgjorda ytorna samt det vatten som efter fördröjning kommer ut från kvartersmark. Reningen sker genom kontakt med de vegetationsklädda slänterna och genom infiltration i dikesbotten och leds vidare i en dräneringsledning, se sektion. Alla hårdgjorda ytor lutar mot grönytan. Eventuella kantstöd måste släppa igenom vatten med täta mellanrum för att inte vattnet ska orsaka erosion när det rinner över gräsytan. Reningsbehov och lösningar finns beskriven mer utförligt i "Pm Frihamnen - Rening av dagvatten - Underlag till detaljplan 1", (daterat 2015-11-27). Vegetationen i diket och översilningsytorna kan skötas relativt extensivt om det kompletteras med att gräsremsan utmed kanterna klipps mer intensivt för att ge ett välskött intryck.



Trädgruppen består av skelettjord och volymen för trädets rötter är därmed större än den synliga, gräsklädda ytan. I den föreslagna sektionen är träden placerade närmast gatan för att ge största möjliga yta som det mest förorenade dagvattnet från körbanorna passerar över innan det rinner ned i diket. För trädens del hade det varit mer optimalt om träden placerades vid cykelbanan så att skelettjorden hade kunna gå in under den. Gatans tunga trafik är däremot svårare att förena med skelettjord. En annan utformning kan vara att placera cykelbanan invid gatan och grönremsan med träden mellan cykelbana och trottoar. Men en cykelbana behöver avgränsas från körbanan av säkerhetsskäl och då gärna med kantstöd, och det innebär svårigheter för att leda dagvattnet till grönremsan. Dessutom kommer grönremsan på det sättet att ligga vid ena sidan av gatan istället för att vara mer centrerad i mitten av gatan, vilket innebär en skev lutning av hela gaturummet. Grönremsa med träd i mitten av gatan är också en tekniskt möjlig utformning men då den innebär att trafiken på gatan måste stängas av vid skötsel av grönremsan anses den utformningen olämplig av arbetsmiljöskalet.

Eftersom principen för hela dagvattenhanteringen är att leda vatten i ytliga rännor och inte använda brunnar och underjordiska ledningar behövs konstruktioner med övertäckta rännor där kör- och gångbanor passerar över rännorna. Det kan vara i form av kraftiga betongrännor övertäckta med körbara galler eller med tät betäckning. Utformningen av korsningslösningar behöver utredas vidare för att undvika att problem med till exempel buller eller halka uppstår.



Gata i Köpenhamn med smal grönremsa som tar hand om dagvatten. Bilden visar exempel på kantstöd med släpp, designad kupsil till dagvattenbrunn men också svårigheter med att etablera vegetation i den här typen av blå-gröna stråk.

Illustrationen visar huvudgatan vid
torrt väder. Vy mot nordväst.



Illustrationen visar huvudgatan vid
torrt väder. Vy mot nordväst.



Illustrationen visar huvudgatan vid
30-års regn. Vy mot sydöst.



HUVUDGATA

INGET REGN



30-ÅRSREGN



100-ÅRS REGN

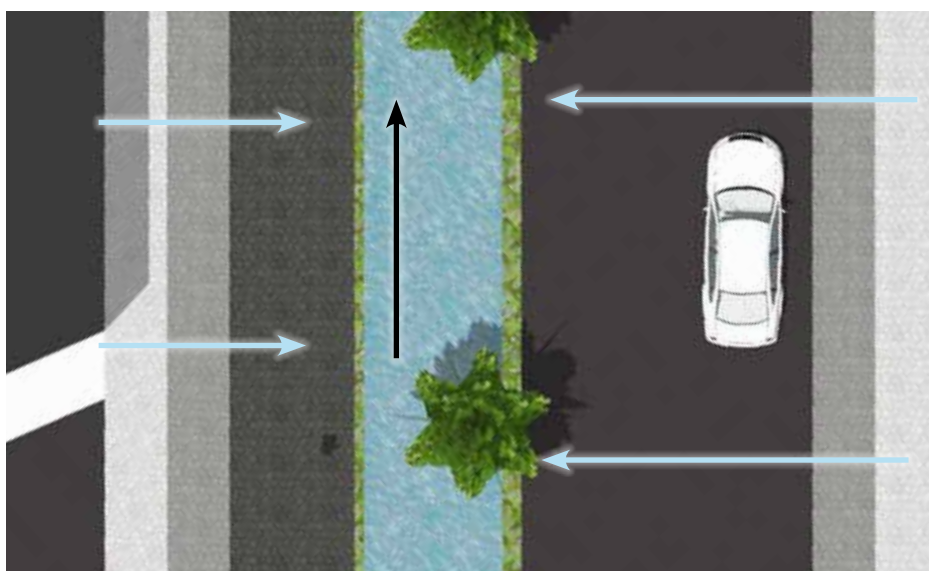


INGET REGN



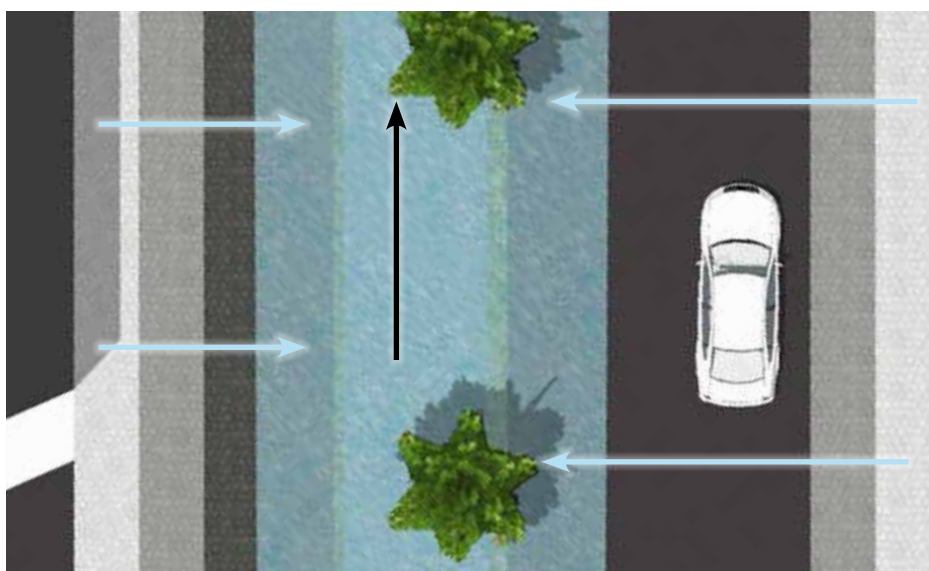
30-ÅRS REGN

→ Flödesriktning



100-ÅRS REGN

→ Flödesriktning



5.2 HANDELSGATA

Handelsgatan är en ca 18 meter bred gångfartsgata där enstaka bilar, transportfordon och cyklar ska samsa med gående på de gåendes villkor. Byggnaderna längs gatan är både nya kvarter och befintliga magasin som bevaras. Där ska rymmas butiker, verskamheter, caféer/utserveringar mm i bottenvångarna och utformningen av gatan ska ge goda förutsättningar för handel och vistelse. Denna gata är ett av de utpekade lågstråken i Frihamnens övergriande klimatanpassningsstrategi. Det blå-gröna stråket i handelsgatan har en central funktion för att leda dagvatten från den mer trafikerade huvudgatan och kvarteren högre upp vid Hjalmar Brantingsgatan ner mot kanalen. Det har också en viktig funktion för karaktären och intrycket av handelsgatan och här är det mer betydelsefullt än utmed huvudgatan att dagvattenanläggningarna upplevs rena och välskötta oavsett om de är helt torra eller fyllda med vatten. Det är relativt enkelt att uppnå om vatten pumpas runt så att det alltid finns rörligt vatten i rännor och dammar. Men avsikten i Frihamnen är att planera för en dagvattenhantering där tekniska lösningar minimeras, särskilt ur drift och kostnadsperspektiv. Det ställer särskilt höga krav på funtion och detaljutformningen av det blå-gröna stråket i just handelsgatan där mycket folk kommer att röra sig nära anläggningarna.

För att tillgodose handelsfunktionen på ett effektivt sätt kommer det att behövas en del övertäckningar av rännor och dammar för korsande gångstråk, uteserveringar och cykelparkering. Dessa övertäckningar kan vara allt från träbryggor, perforerade plåtar till kraftiga corténplåtar som ger associationer till varvshistorien.

I illustrationerna visas det blå-gröna stråket med jämn bredd men det skulle kunna vara smalare (1 meter) högre upp i systemet än vid utflödet i kanalen (3 meter). Längst ned i handelsgatan övergår det blå-gröna strå-



ket i en öppen kanal som står i förbindelse med hamnbassängen. Kanalen är ett effektivt sätt att ta hand om dagvatten och det finns en tradition av kanaler i Göteborg som är positivt att bygga vidare på. Vattenytan kommer att stå i förbindelse med hamnbassängen och i normalfall ligga runt 1,8 meter under kajkanten som ligger på + 2,5 m.

Enligt beräkningarna är det tillräckligt med en 4-5 meter bred kanal för omhändertagandet av dagvattnet vid 100-årsregn. För att kanalen inte ska upplevas som djup och smal är det en fördel om kanalens sidor trappas ner och skapar kontakt med vattenytan. Då kan även staket undvikas. Handelsgatans möte med kanalen har därför visats här med en trappa mot kanalen och med ett torg i flera nivåer. Torget har fördelen av att både kunna ta emot dagvatten från omgivande gator på en lägre nivå och fungera som vistelseyta med vattenkontakt.



Exempel från Amsterdam med uteservering över vattenytan vid en smal kanal. Den visar dels ett sätt att skapa vattenkontakt trots hög kajkant, och dels ett dubbeutnyttjande av ytan.

Illustrationen visar handelsgatan och torget vid torrt väder. Vy mot norr



Illustrationen visar handelsgatan vid 30-års regn. Vy mot norr.



Illustrationen visar handelsgatan vid torrt väder. Vy mot söder.

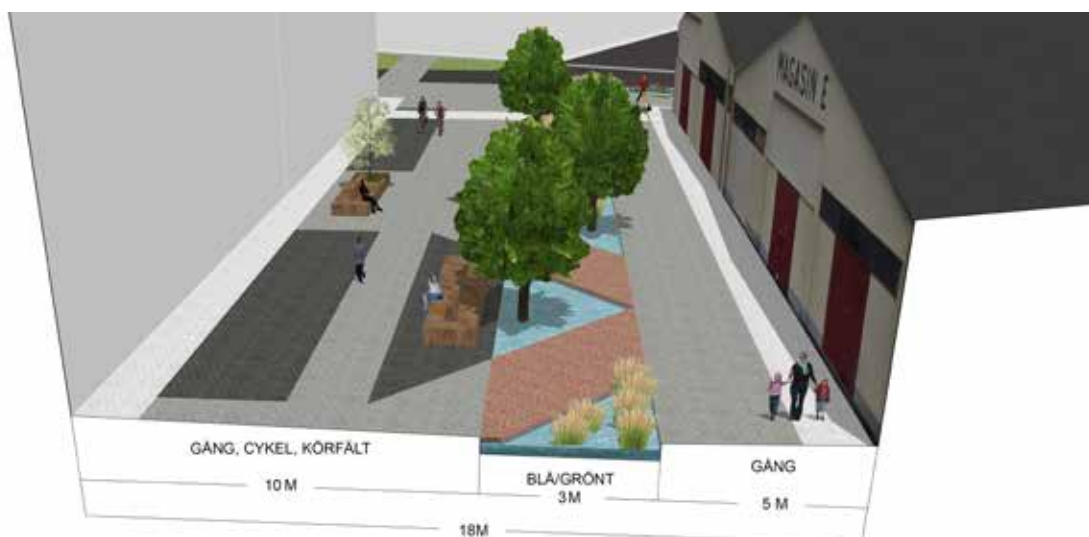


HANDELSGATA GATA

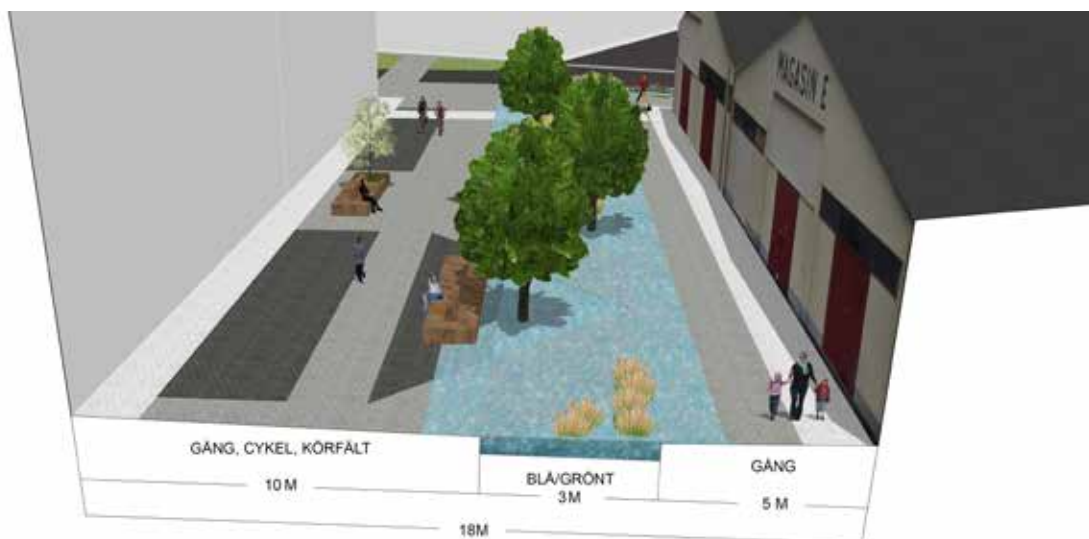
INGET REGN



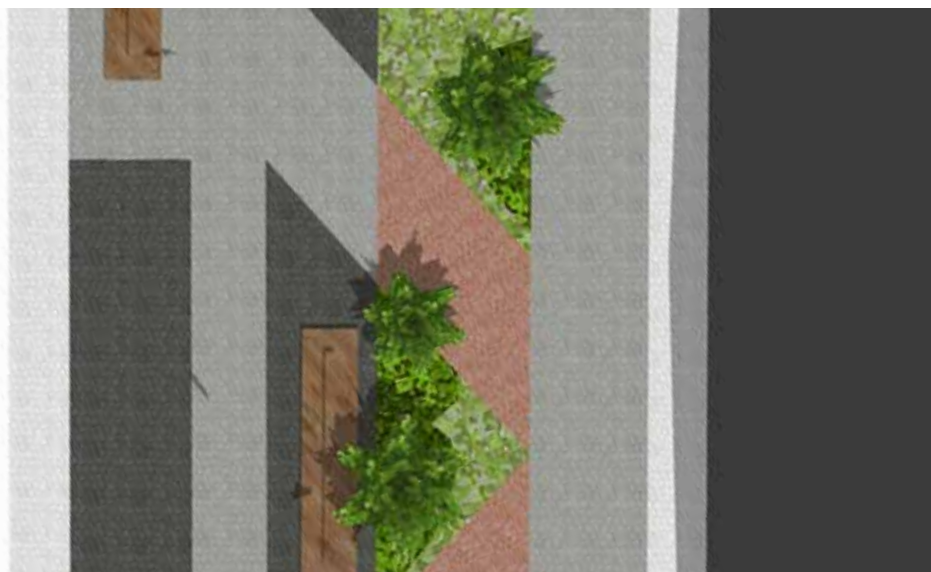
30-ÅRS REGN



100-ÅRS REGN

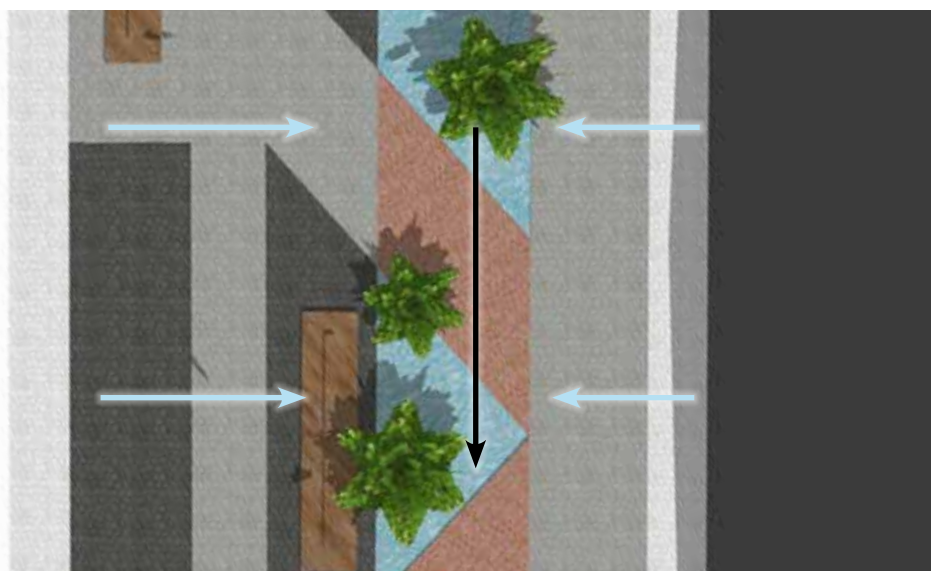


INGET REGN



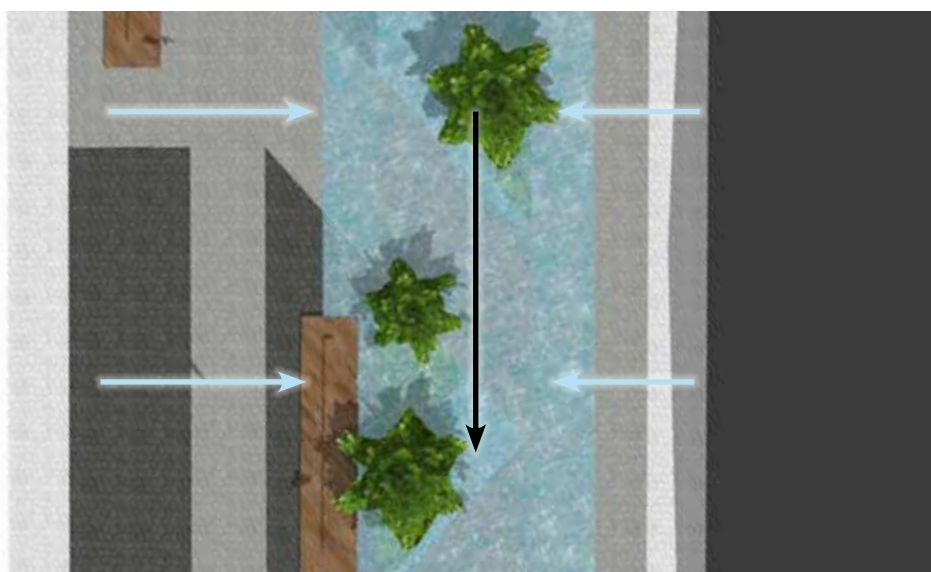
30-ÅRS REGN

→ Flödesriktning



100-ÅRS REGN

→ Flödesriktning



5.3 MINDRE GATA

De mindre gatorna i området kan vara från 12 meter upp till 15 meter beroende på om de till exempel innehåller ett huvudcykelstråk eller ska fungera för "shared space" med gående, cyklar och sparsam biltrafik som samsas om utrymmet utan att specifika ytor anvisas för respektive trafikslag. Den gata som visas här har valts för att utreda hur problematik med dagens låga markhöjder kring de befintliga magasinerna kan hanteras med öppna dagvattenlösningar.

Marken i utpekade kvarter och gator ska höjas och golvhöjden för de nya byggnaderna ska ligga över högsta högvattennivå i älven. För att klara höjda vattennivåer i älven kommer nivåerna på de blivande kajerna att ligga på +2,5 meter. Men entréerna och marken kring de befintliga magasinerna ligger som lägst på +1,9 meter idag och markhöjderna kommer troligen ligga kvar på dessa nivåer även i framtiden. Om man har ett traditionellt dagvattensystem med brunnar och ledningar betyder det att vatten kommer att bli stående och kanske även gå in i de befintliga byggnaderna vid kraftiga regn när inte brunnar förmår ta hand om allt vatten. Därför behövs ett system med rännor som kan ta hand om kraftiga regn och leda det till kanalerna. Marken kring de befintliga byggnaderna ska falla mot rännan och botten på rännan ligga lågt och utloppet i kanalen ännu lägre.

I lösningen som visas här leds vattnet från kvarteren och gatan i en hårdgjord ränna som mynnar i grönytor i ett nedsänkt torg för rening och vidare utsläpp i kanalen. Rännan är täckt med en perforerad plåt eller liknande som går att gå och köra på för att hela bredden på gatan ska vara framkomlig.

För andra typer av smala gator kan dagvattnet ledas i hårdgjorda grunda svackor i gatorna och samlas för rening i vegetationsytor i slutet av gatan innan dagvattnet leds ut i tvärgående blå-gröna stråk, se foto här intill.



Grund svacka i plattytta som leder dagvatten till vegetationsyta för rening. Foto: SBK



Exempel från Malmö på övertäckning av ränna som leder dagvatten från stuprör till vegetationsyta.

Illustrationen visar den mindre gatan bakom torget och handelsgatan. Vy mot sydväst.



Illustrationen visar den mindre gatan vid torr väder. Vy mot torget.



Illustrationen visar den mindre gatan vid 30-års regn. Vy mot torget.



MINDRE GATA

INGET REGN



30-ÅRSREGN



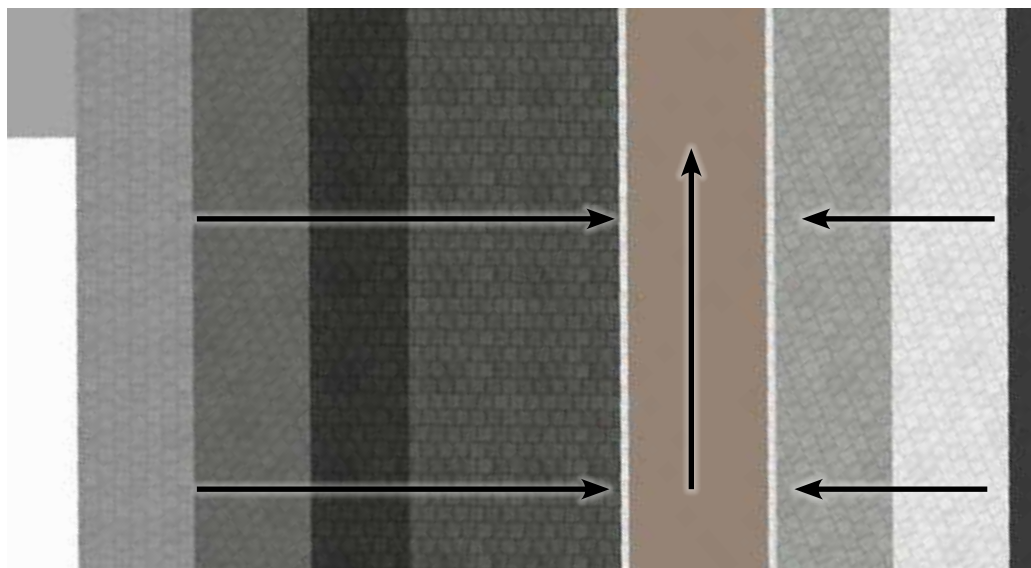
100-ÅRS REGN



INGET REGN

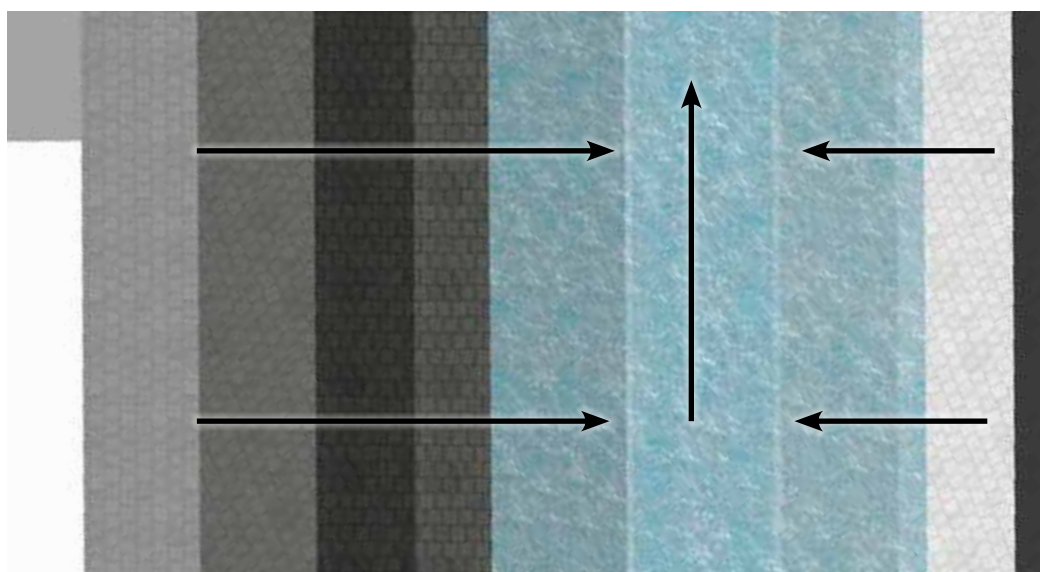


30-ÅRS REGN



100-ÅRS REGN

→ Flödesriktning



5.4 KVARTERSMARK

Dagvattnet inom kvartersmark behöver fördröjas för att inte belastningen på de avledande stråken i gaturummen ska bli för stor vid kraftiga regn. Vi har studerat effekterna av fördröjning av ett 30-årsregn på kvarterens gårdar och tak, hur skyfallet kan avledas ytligt utan att vatten dämmer upp och rinner in i byggnaderna samt hur vattnet kan ledas ut till dagvattenstråken i omgivande gator. Behovet av rening är inte lika stort som för trafikytorna men en viss mängd föroreningar finns även i regnvattnet. Det kan grönytorna rena redan inne på kvartersmark.

Det studerade kvarteret hör till en typ av kvarter där goda förutsättningar finns för att arbeta med dagvattnet i markplan på gården. Det är en typ av kvarter som återfinns i flera andra delar av området och är därför intressant att studera. Samtidigt ligger just detta kvarter långt ner i systemet och har därför inte någon större effekt på kapacitetsbehovet i de blå-gröna stråken i gatorna utan vattnet kan i många fall släppas direkt ut i kanalen eller i hamnbassängen.

Gårdarna föreslås utformade med gräsytor med svackor där vattnet samlas vid behov och som kan fungera som vistelseytor den övriga tiden. Det ytliga vattnet från svackorna leds ut efter fördröjning av ett strypt utlopp via rännor till blå-gröna stråk i gatorna. I botten på svackorna finns ett infiltrationslager och en dräneringsledning. Det vattnet leds också ut till grönstråket i gatan. För att leda ut vatten vid skyfall krävs öppningar från gården mot gatorna.

För att utformningen ska bli optimal behöver gårdarnas markyta ligga högre (0,5 till 1,0 meter) än gatan.



Utrymme under mark behövs för trädens rötter och för fördröjnings/reningssmagasin. Nivåskillnaden möjliggör en utformning med låga partier som kan fyllas med vatten och avleda vattnet i ytan till omgivande gator. Nackdelarna med upphöjda gårdar är att tillgängligheten till omgivande gator är sämre än om gårdarna ligger i gatunivå.

Dagvattenhanteringen på gårdarna kompletteras med gröna tak, helst med kraftigare jordlager än de tunna sedumtaken för att ge både fördröjning, rening och möjlighet till rik biologisk mångfald. Taken kan även användas för vistelse och som komplement till gårdarna.

Illustrationen visar gården i ett kvarter vid ett 30-årsregn.



INGET REGN



100-ÅRS REGN

- > Flödesriktning
- > Dräneringsledning



6. KOSTNADSBEDÖMNING

XXXXX.



Kostnaden för tekniska lösningar för ett yttlig dagvattensystem kan variera stort. I den täta, urbana miljön i Frihamnen kommer det att behövas en del hårdgjorda rännor och övertäckningar som i bilderna tv överst från Malmö, men också enklare vegetationsytor som den blå-gröna remsan som vi ser i fotot överst till höger ifrån Köpenhamn och traditionella gräsklädda dike som i fotot nederst från Houten i Holland.

7. SLUTSATSER

Syftet med utredning har varit att studera hur stadsrummen i Frihamnen kan planeras för rening och fördröjning av mindre regnmängder i ytliga, vegetationsklädda stråk och hur kraftiga 100-årsregn kan ledas bort till älven. Endast ett utsnitt (fokusområde) av detaljplan 1 har studerats men slutsatserna går att tillämpa på hela planområdet. Dock kan ytterligare områden av planen behöva detaljstuderas för att anpassa lösningar till platsspecifika förutsättningar.

- **30-års regn:** Resultaten från beräkningarna visar att de olika föreslagna principsektionerna kan hantera ett 30-årsregn inom de avsatta ytorna för dagvattenhantering i de blå-gröna stråken.
- **100-års regn:** Resultaten visar också att det går att avleda ett skyfall (100-årsregn) utan att vattennivån överstiger 20 cm på avsedda delar av gaturummet samt att vatten ej riskerar svämma in i byggnader. En förutsättning är att höjdsättningen kan anpassas så att gatorna lutar mot de blå-gröna stråken, hamnbassängen eller mot kanaler.
- **Volym:** De blå-gröna stråken behöver ha bredder mellan 1 till 3 meter och djup kring 0,3 meter för att kunna ta hand om den vattenvolym som ett regn med upp till en återkomsttid på 30 år innebär. Högt upp i systemen är vattenmängderna mindre och stråk och rännor kan vara smala och grunda, medan det längre ned i systemet har kommit dagvatten från stor del av avrinningsområdet och behovet av bredare och djupare rännor är större. Bredden på de blå-gröna stråken i gatorna behöver beräknas och anpassas efter behovet på varje specifik plats. Illustrationerna i rapporten är enbart principer.
- **Bredd:** Det kan också finnas andra aspekter än dagvattenhantering som är styrande för bredden av det blå-gröna stråket. För till exempel gatutypen Huvudgata är det inte hanteringen av dagvatten som är dimensionerande för bredden utan utrymmesbehoven för de träd som är tänkt att kanta gatan. Där kan det också vara en fördel för tydligheten i stadsrummet att grönremsan har jämn bredd.
- **Vegetation:** Kraftiga regn med stora vattenmängder kan skapa erosion i växtbäddar i det blå-gröna stråken. Det kan skada växterna och sprida föroreningar som sedimenteras eller bundits till växter. Det gäller särskilt de blå-gröna stråk som består av plantor och inte bara gräs. Ett sätt att undvika det är att bygga in trappningar och fördämningar. Trappningar bidrar också till att behålla vattennivåer vid torka vilket gynnar vegetationen och är en fördel för upplevelsen av stråken. Det påverkar dock flödeskapaciteten.
- **Skötsel:** För skötseln kan det vara en fördel att ha en skålad, bred, lättklippt gräsyta jämfört för en smal, vegetativ och skötselintensiv ränna.
- **Rekreation och lek:** De blå-gröna stråk som ryms i gatorna som föreslås i fokusområdet av detaljplan 1 är tillräckligt breda för att klara fördröjning och rening, men inte för att fungera som vistelseytor. De är positiva för upplevelsen av gaturummet och för mikroklimatet, men behöver kompletteras med större ytor för lek och rekreation. Om ett blå-grönt stråk ska kunna fungera för den typen av mångfunktionellt användande krävs betydligt bredare gaturum. Exempel på det finns i rapporten "Frihamnen, dagvatten i gata, 500-årsregn".
- **Kvartersmark:** Fördröjning inom kvartersmarken avlastar dagvattensystemet i gatan. Föreslagna fördröjningsmetoder som gröna tak, nedsänkta gräsytor med infiltration till stenkista eller växtklädda dammar påverkar flödena i de blå-gröna stråken i gatorna vid kraftiga regn och bidrar även till viss rening av dagvattnet. Beräkningar på helheten har gjorts både med och utan fördröjning på kvartersmark, och slutsatsen är att fördröjning på kvartersmark är av stor betydelse för utjämning av flöden.
- **Höjd på gårdar:** För att utformningen ska bli optimal behöver gårdarna ligga cirka 0,5 till 1,0 meter högre än gatan för att ge utrymme under mark för tillräckliga jordvolymen för träd, för fördröjningsmagasin samt för att avledningen av vattnet ska fungera i ytan till omgivande gator.

- **Gröna tak:** Kvarterens föreslagna gröna tak bör helst ha kraftigare jordlager än de tunna sedumtacken för att ge både fördröjning, rening och möjlighet till rik biologisk mångfald. De gröna miljöerna på taken kan då också fungera som terrasser.
- **Rening:** Kapacitetsbehov och utformning för att rena dagvatten i de blå-gröna stråken har studerats. Resultatet redovisas i en separat rapport "Pm Frihamnen - Rening av dagvatten - Underlag till detaljplan 1". En slutsats är att det inte är reningen som är den begränsande faktorn för ytanspråken. Inom de ytor som redovisas för omhändertagandet av volymerna dagvatten i de blå-gröna stråken kan reningsbehovet för respektive gata väl tillgodoses om stråken utformas med vegetation och infiltreringslager under ytan. Målet med reningen är att den i första hand ska ske nära källan och bestå av naturlig rening i växtbäddar och inte av konstgjorda filterlösningar. Detta för att synliggöra och därmed öka förståelsen för dagvattenhantering samtidigt som det bidrar till en grönare stadsbild.
- **Takvatten:** Takvatten anses som rent och behöver därför inte renas. Det hade varit en fördel om det rena vattnet kunde ledas i ett separat system och återbrukas inom kvarteret för till exempel bevattning eller toalettspolning istället för att belasta systemet i gatorna. Att anlägga ett separat system anses orimligt utan att använda ett traditionellt ledningssystem då ett ytterligare yttligt system med rännor är för ytkrävande i det redan trånga gaturummet.
- **Befintliga byggnader:** Marken kring befintliga byggnader som ska bevaras ligger ofta lägre än den planerade höjden för nya kajer och gator. Här behövs speciallösningar för avledande av dagvatten i ytan, till exempel djupare rännor, men slutsatsen av de studerade blå-gröna stråken vid befintliga byggnader är att det är möjligt att hantera om avståndet till hamnbassäng eller kajer inte är för långt.
- **Korsningar:** Eftersom principen för hela dagvattenhanteringen är att leda vatten i ytliga rännor och inte använda brunnar och underjordiska ledningar behövs konstruktioner där kör- och gångbanor passerar över rännorna. Det kan vara i form av kraftiga betongrännor övertäckta med körbara galler, perforerade plåtar eller kraftig corténstål som ger associationer till varvshistorien. Utformning behöver studeras vidare för att hitta material och lösningar som motsvarar de estetiska och tekniska kraven i stadsmiljö.
- **Dräneringsledningar:** Den föreslagna reningsmetoden i de blå-gröna stråken, med vegetation och infiltreringslager under ytan, kräver dränering för att vatten ska kunna avledas efter infiltrationen. Även från gårdarna på kvartersmark kan en dräneringsledning behövas beroende på fördröjningsmetod. Dränering av hus och vägkroppen kommer att behövas men på vilket sätt är inte studerat i den här utredningen.
- **Fortsatt arbete:** Bredd och djup på de blå-gröna stråken behöver varieras och anpassas efter behov och möjligheter på varje plats. Utrymmesbehov på en sträcka kan kompenseras med större bredd och djup på en annan sträcka inom systemet. Höjdsättning av området i detalj, utformning av korsningar, kantstöd, snubbelrisk vid kanter samt vattnets hastighet vid kraftiga flöden är andra aspekter som behöver studeras mer i detalj.

Den sammanfattande slutsatsen är att den utformning av de blå-gröna stråken som vi föreslår i denna rapport kan anses representera ett generellt ytanspråk och höjdsättning för dagvattenhanteringen för de olika typgatorna. De blå-gröna stråken kan hantera rening, viss fördröjning och avledning av dagvatten av regn upp till en återkomsttid på 30 år. Vid regn med längre återkomsttid kommer dagvattnet att översvämma omkringliggande gator dock utan att påverka byggnader och framkomlighet för utryckningsfordon. Det viktigaste är att verka för i detta läge är att i planen säkra tillräckliga ytor för fördröjning och rening så nära källan som möjligt.

Referens- och inspirationslista

Program för Frihamnen och del av Ringön, diariernr 0652/12, Göteborg Stad.

PM Delområdesbeskrivning Klimatrisker Frihamnen, arbetsmaterial 150429, Göteborg Stad

Göteborg Stad: PM Frihamnen Dagvatten i gata, 500-års regn. Ramböll Sverige AB, 2015

Göteborg Stad: *Vision Älvstaden*, Älvstranden Utveckling 2012

Göteborg Stad: *PM Frihamnen Dagvatten i gata*, Ramböll Sverige AB, 2014

Köpenhamns kommun: *Afledning af regnvand og smukke haver*, Vand og Landskap samt Ramböll Danmark A/S, 2012

Köpenhamn kommune: Resumé Konkretisering af skybrudsplan Indre by

Copenhagenize hemsida: <http://www.copenhagenize.com/2015/03/the-copenhagenize-current-stormwater.html> 2015

SLU Sveriges lantbruksuniversitet: *Rain gardens i staden*, Sandra Eliasson 2013

NVE Norges vassdrags- og energidirektorat: *Anlegging av regnbed*, 2013

Seattle Public Utilities: *The effects of trees on stormwater runoff*, Herrera Environmental Consultants Inc, 2018

Underlagsmaterial för utredningen:

Frihamnen Dp1 Planförutsättningar 150918

Frihamnen Dp1 Planförutsättningar – antaganden 20150918

Strukturplan 20150904

Sketchup model och 3d modell 20150817

Frihamnen workshop-rapport 150915

Trafikprognos Frihamnen TK 2015-09-23

Frihamnen dagvattenutredning startmöte presentation 150918

Delområdesbeskrivning Klimatanpassning Frihamnen 150429

Frihamnen klimatanpassningsstrategi

Tabell dimensioneringskriterier och funktionskrav 20150918

Frihamnen klimatanpassningsstrategi karta hög/lågstråk inkl höjdsättning 150918

Tabell dimensioneringskriterier och funktionskrav 150918

Skyfallsmodellen, Sweco 150918

Pm Frihamnen - Rening av dagvatten - Underlag till detaljplan 1, (daterat 2015-11-27)

BILAGOR

- *Dimensioneringskriterier och funktionskrav*
- *Redovisning av modellberäkningar*

Frihamnen klimatanpassningsstrategi
 Tabell dimensioneringskriterier och funktionskrav
 2015-09-09

BILAGA 1

Frihamnen Dagvatten i gata-
 Underlag till detaljplan 1
 Göteborg 2015-11-06

	Högt vatten	Skyfall	Dagvatten
Dimensionerande	MW år 2100 HHW år 2070 (år 2100)	100 års regn, (500 års regn för samhällsviktigt) + klimatfaktor	30 års regn + klimatfaktor
Funktionsmål/-krav	- säkra tillgänglighet för alla kvarter till högstråk - färdigt golv +2,8	- max 20cm vatten i utpekade stråk - inga skador på funktioner/ fastigheter vid 100 års regn - skadebegränsande åtgärder för 500 års regn	- Fördröjning: allt vatten inom anläggning - Rening: MFs riktlinjer för utsläpp

REDOVISNING AV MODELLBERÄKNINGAR

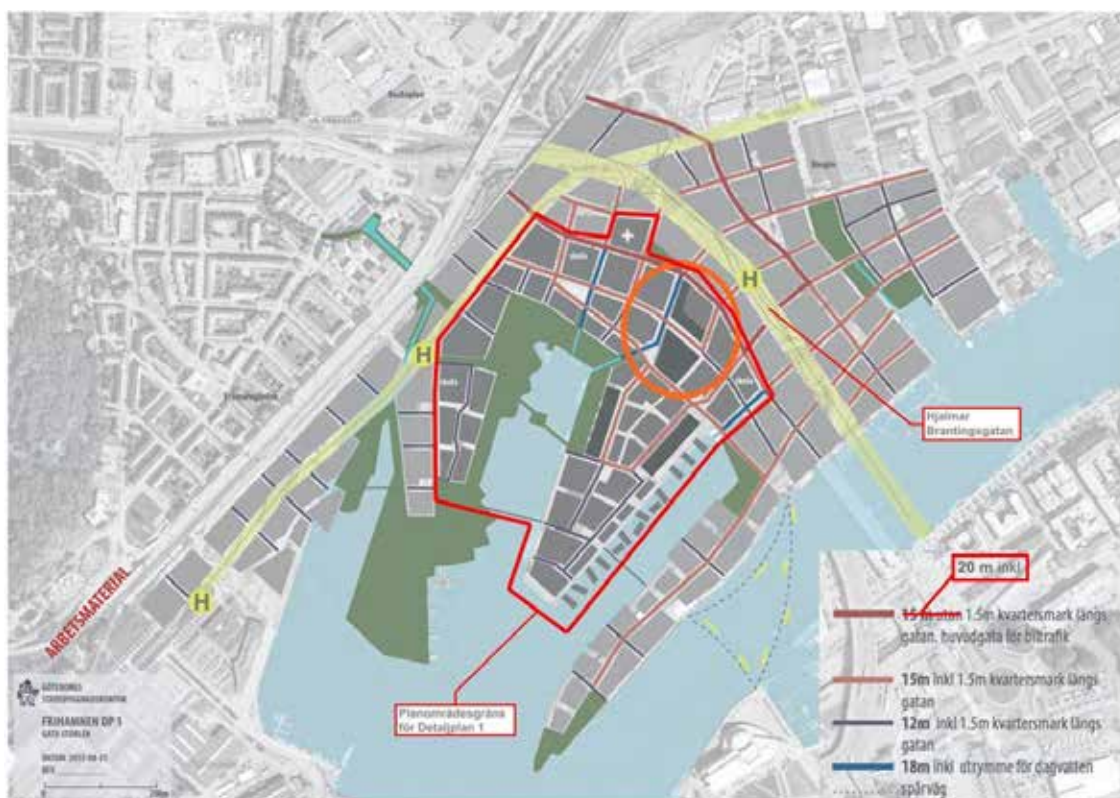
1. Syfte

Denna bilaga är avsedd för en läsare som är införstådd i dagvattenberäkningar och modellering med MIKE Urban. Bilagan presenterar de förutsättningar, avgränsningar och parameter val som har gjorts i modellen samt resultaten av simuleringarna. Bilagan är framtagen i samråd med Göteborgs Stad (Stadsbyggnadskontoret och Kretslopp och Vatten).

De dimensioneringskriterier och funktionskrav som ställts på dagvattenhanteringen i detta projekt presenteras i Bilaga 1

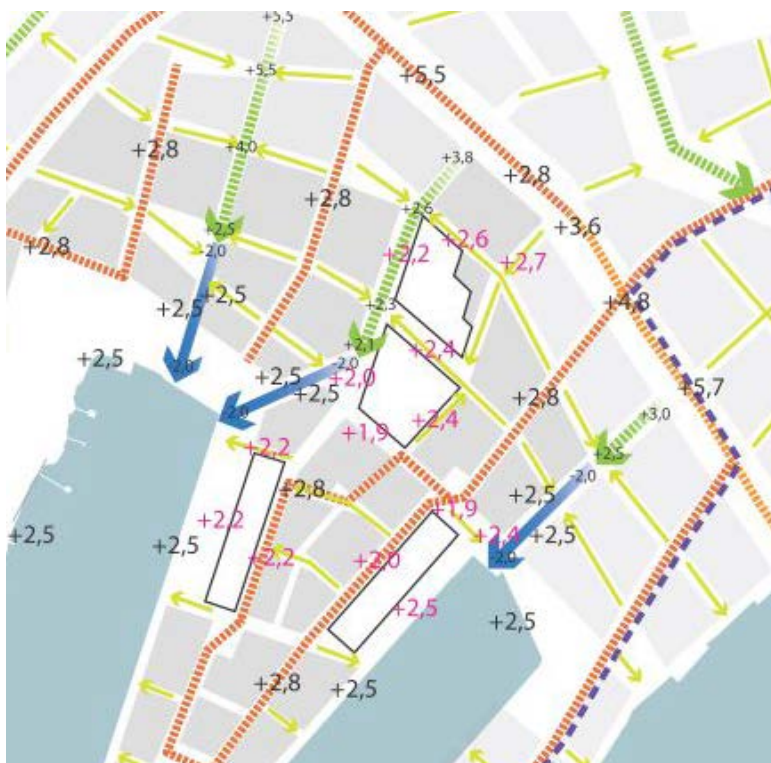
2. Förutsättningar

Erhållen modell från Göteborgs Stad har kompletterats och utvecklats för att kontrollera dagvattenlösningarnas funktionskrav. En modell (FRI_010) som visar dagvattenhantering i samtliga gator inom fokusområdet med aktuella gatusektioner. Den andra modellen (FRI_020) tar även hänsyn till fördröjning inom kvartersmark. Modellerna för projektet var uppbyggda enligt vissa förutsättningar, antaganden och parametrar vilka listas nedan.



Figur 1. Ringen markerar det valda fokusområde och delavrinningsområde som studerades i modellen. Placeringen av de olika gatusektionerna i modellen gjordes efter denna skiss (Arbetsmaterial från "Frihamnen Dp 1" Gbg stad, 2015-08-31).

- Modellerna fokuserar på ett Fokusområde/delavrinningsområde med ett större lågstråk och kanal (figur 1). Placeringen av detta större lågstråk har identifierats i tidigare utredning och av Göteborgs stad. Även kanalens bredd (5 m) och djup (bottennivå -2 m ö h) har ansatts av Göteborgs Stad.
- Avgränsningar för höjder i planområdet angavs av befintliga höjder runt byggnader som skall bevaras samt planerade höjder angivna av Stadsbyggnadskontoret och Trafikkontoret. (figur 2). Generellt planeras färdigt golv till +2,8 m ö h och marknivå på +2,5 m ö h. Gårdarna inom kvartersmark beräknas ligga ca 0,5-1 m över gatunivå.
- Nedströms randvillkor (älvens nivå) sattes till +0,85 m ö h för att ta hänsyn till förväntad medelhavsnivå år 2100.
- Det regn som användes i modellen var CDS-regn. Ett CDS-regn är uppbyggt av ett antal blockregn med samma återkomsttid som har varierande varaktighet (intensitet). Regnet är symmetriskt fördelat kring ett intensitetsmaximum som antas inträffa i den tidigare delen eller mitten av regnet. Fördelen med att använda ett CDS-regn i modelleringsarbetet är att regnet statistiskt sett innehåller intensitetsblock med alla varaktigheter upp till den tid som krävs för att alla delområden skall hinna rinna av och bidra med flödet i varje punkt i modellen. Därmed säkerställs att rätt varaktighet på regnet använts för att få med maximal avrinning i varje sträcka i modellen (Svenskt Vatten publikation P104 *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem*, 2011).
- De regn som simulerades var 5-, 30- och 100-årsregn där 30-årsregnet var dimensionerande. Även en simulering av ett 500-årsregn gjordes för modell FRI_010.
- För klimatanpassning till framtida nederbördsförhållanden har en klimatfaktor på 1,2 använts vilket innebär att regnintensiteten ökas med 20 % i alla tidssteg och varaktigheter.
- Avrinningsområdena utformades efter planerad kvarterstruktur och efter rinntid/koncentrationstid. Koncentrationstiden är den tid det tar för det regn som fallit längst bort i avrinningsområdet att nå den punkt som flödet ska beräknas i. Koncentrationstiden beräknades automatiskt utifrån storlek på avrinningsområdena och en rinnhastighet på 0,2 m/s.
- All markyta inom planområdet har antagits vara hårdgjord med en avrinningskoefficient på 1.
- Inga befintliga ledningar har tagits med i modellen då samtliga dagvattenledningar i området skall utgå och rivas.
- Manningstal i sektionerna sattes till $M=50$. Manningstal är ett mått på råheten hos sektionerna.
- Alla noder har beräknats utan friktionsförluster.
- Koordinatsystem som har använts är i plan SWEREF 99 12:00 och i höjd RH2000.

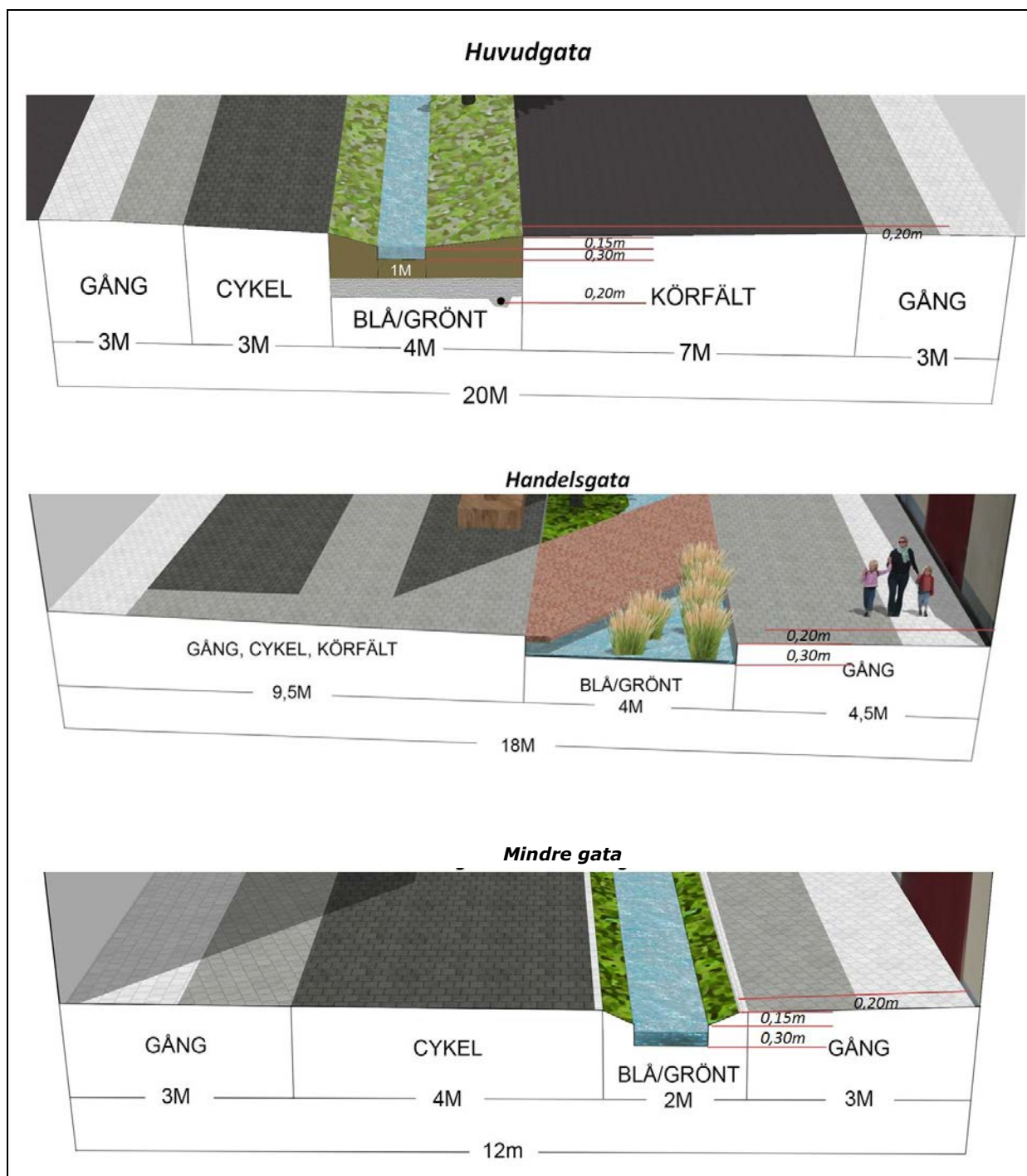


Figur 2. Förutsättningar för höjdsättning inom fokusområdet. De rosa höjderna utgör befintliga höjder kring byggnader som skall bevaras.

3. Utformning

3.1 FRI_0101, Modell med dagvattenhantering i enbart gator

De gatusektioner som har studerats i modellen är *Huvudgata* (>20 m), *Handelsgata* (18 m) och *Mindre gata* (12 m) (figur 3). Placeringen av de olika gatusektionerna gjordes efter erhållen plan för gatustorlek i området (figur 1). För gator med en bredd på 15 m har samma utformning av blå-grönt stråk (yta avsatt för dagvattenhantering) använts som för *Mindre gata*. Däremot har bredden av de omkringliggande ytorna i sektionen utökats, så att sektionen fått en total bredd på 15 m.



Figur 3. De olika gatusektionerna, Huvudgata, Handelsgata och Mindre gata visas i bredd och djup.

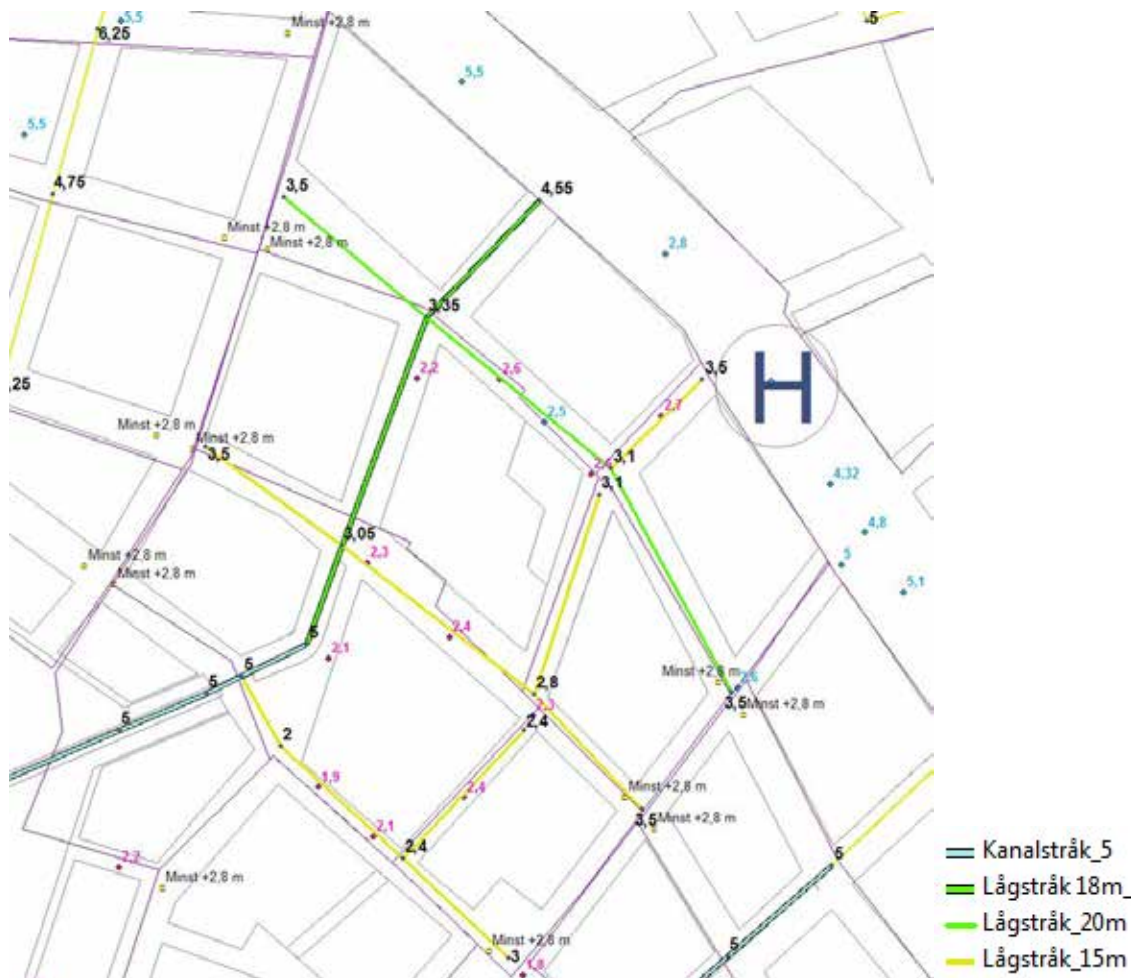
Det blå-gröna stråket består i *Huvudgatan* och *Mindre gata* av slanter riktade mot den djupare delen i stråket (rännan) som är 0,3 m djup. Totalt sett är det blå-gröna stråket 0,45 m djupt från botten av rännan upp till släntkrönet och omgivande mark. Det blå-gröna stråket varierar i bredd och har varierande slänthlutning i de olika gatusektionerna men djupet är det samma. I *Handelsgatan* utgörs det blå-gröna stråket av enbart en 0,3 m djup ränna som varierar i bredd mellan 1-3 m.

Nivån till omkringliggande byggnader i gatusektionerna för *Huvudgatan* och *Mindre gata* 12 m respektive 15 m är ca 0,65 m. Djupet fås genom att addera det blå-gröna stråkets

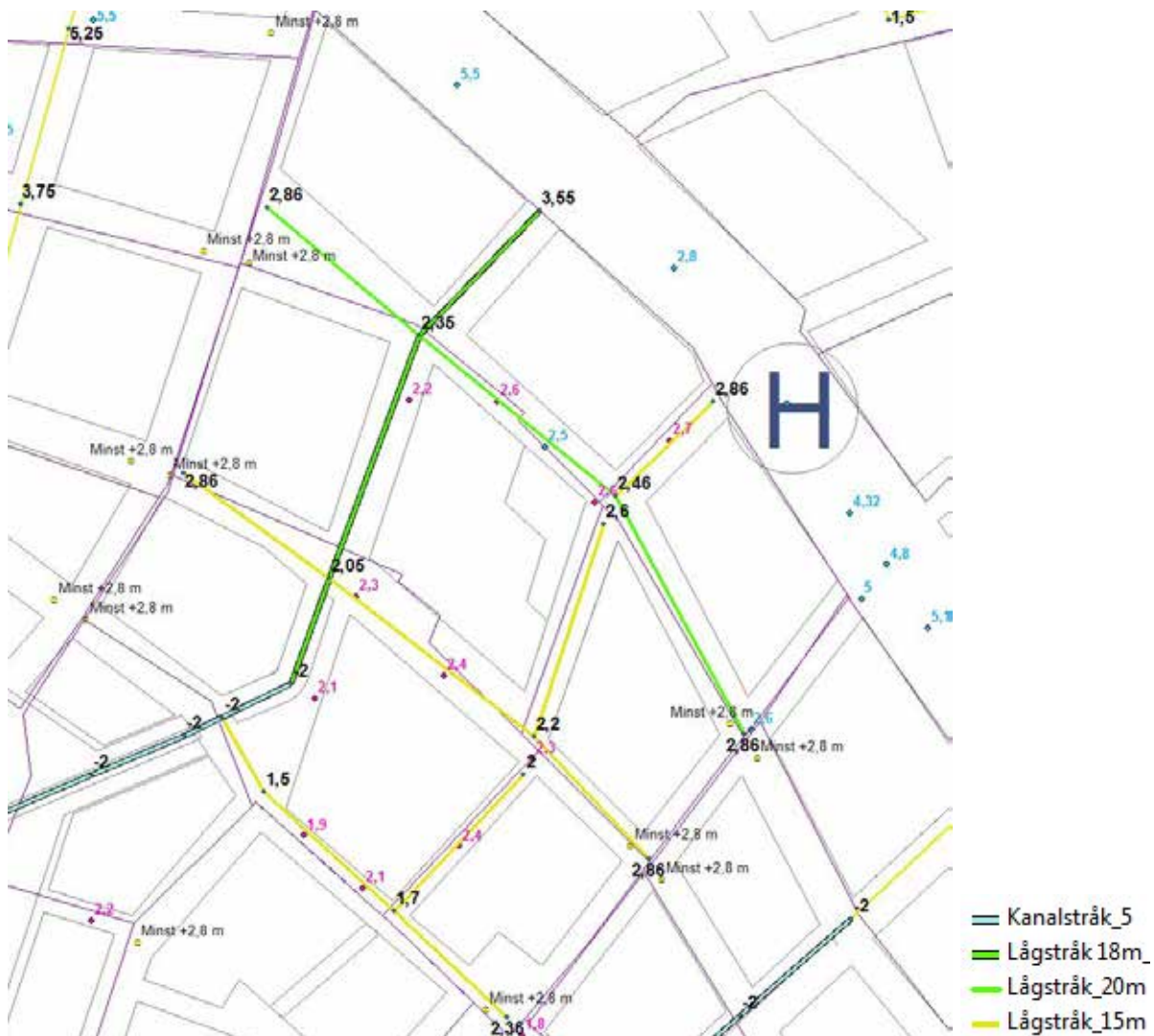
totala djup på 0,45 m med 0,20 m som är höjdskillnaden från det blå-gröna stråkets släntkrön och tröskelnivån till närmsta byggnad (figur 3). Nivån till omkringliggande byggnader för Handelsgatan är ca 0,5 m, vilket fås genom att addera rännans djup på 0,3 m med 0,2 m som är höjdskillnaden mellan rännans överkant och tröskelnivån till närmsta byggnad (figur 3). Gatorna antas ha en lutning på ca 2 % från byggnaderna. Gatusektionernas utformning presenteras även under avsnitt 4 i PM:et.

Materialval i de blå-gröna stråken varierar mellan gatorna i form av gräs- och planteringsytor till hårdgjorda ytor. Skillnaderna i materialval i sektionerna har inte tagits med i modellen då skillnader i Manningstal i sektionerna inte påverkar modellresultatet. För de gator som föreslås utformas med träd och växtbäddar för rening (*Huvudgatan* och *Handelsgatan*) kommer det att krävas en dräneringsledning i botten av växtbädden. Denna ledning är inte med i modellen för att den tappar av så lite vatten att den inte påverkar modellresultatet. En översiktlig beräkning har gjorts för ledningens utloppsnivå i kanalen. Då ledningen antas ligga minst 0,2 m (figur 3) under rännans nivå, i det blå-gröna stråkets bitersta punkt i dagvattensystemet, och ha en lutning på 0,5 % beräknas utloppsnivån till ca + 1,09 m ö h.

Samtliga sektioner har höjdsatts schematiskt i modellen med utgångspunkt från befintliga och framtida marknivåer (figur 4 och 5). Sektionerna i de blå-gröna stråken, i modellen, har en kontinuerlig storlek för varje gatutyp med avseende på bredd och djup, det vill säga att ingen anpassning har gjorts efter varierande kapacitetsbehov längs stråken i respektive gatutyp. Där det blå-gröna stråket börjar är kapacitetsbehovet mindre, sektionen kan egentligen smaltas av eller höjas för sedan breddas och fördjupas nedströms där kapacitetsbehovet är större. I modellen har alltså det blå-gröna stråket samma storlek längs hela gatan. Arbetet med att anpassa sektionerna med varierande bredd har inte ingått i detta projekt då de anpassningarna är för detaljerade för detta skede.



Figur 4. Utsatta marknivåer i modellen markeras med fet svart text. Befintliga markhöjderna markeras med rosa. De blåmarkerade höjderna kommer från Trafikkontoret medan de gula punkterna är höjder från Stadsbyggnadskontoret. Placeringen av de olika gatusektionerna visas med olika färger, se teckenförklaring höger i bild.

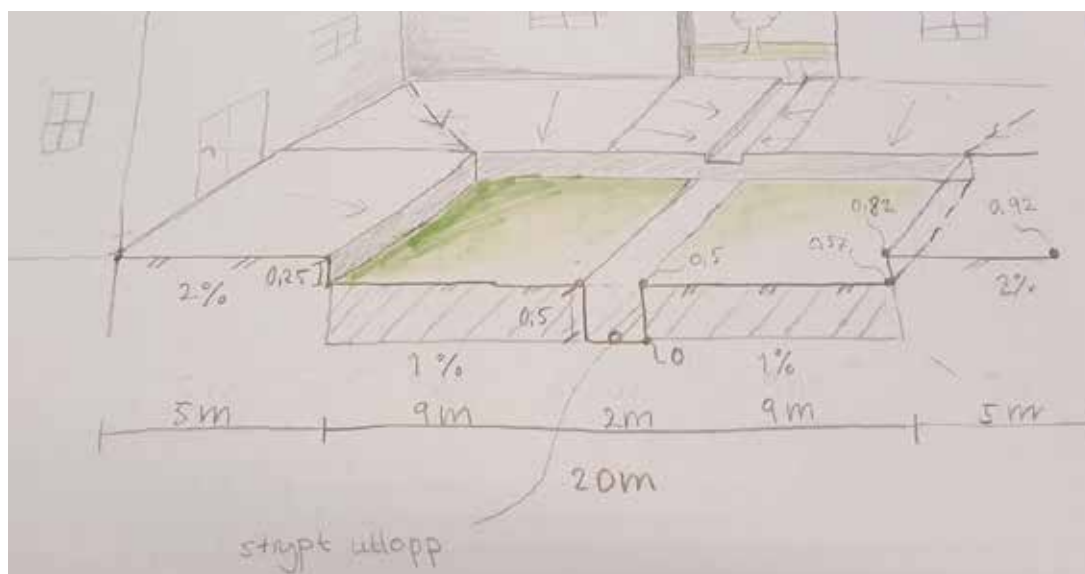


Figur 5. Utsatta vattengångar i modellen markeras med fet svart text. Befintliga markhöjderna markeras med rosa. De blåmarkerade höjderna kommer från Trafikkontoret medan de gula punkterna är höjder från Stadsbyggnadskontoret. Placeringen av de olika gatusektionerna visas med olika färger, se teckenförklaring höger i bild.

3.2 FRI_020 Modell med dagvattenhantering inom kvartersmark

Den andra modellen tar även hänsyn till fördröjning inom kvartersmark vilket har utformats som ett öppet magasin i form av en nedsänkt yta inne på kvarteret i modellen (figur 6). Nedsänkningen består av en yta på ca 20mx20m (ca 400 m²) som är försänkt 0,25 m och sluttar ca 1 % mot mitten av sektionen, vilket ger ett totaldjup ca 0,3 m. Ytan motsvarar ca 12 % av den totala kvartersmarken för respektive kvarter. Omkringliggande ytor sluttar ca 2 % mot det öppna magasinet. Byggnaderna beräknas ligga på minst 0,92 m över magasinets botten.

Under den nedsänkta ytan föreslås ett underjordiskt fördröjningsmagasin av makadam. Det underjordiska magasinet utformas som en fördjupning i det öppna magasinet och har ett djup på 0,5 m och en bredd på 2 m.



Figur 6. Handritad skiss över hur fördröjningsmagasinet inom kvartersmark gestaltats i modellen. Fördröjningen består av ett öppet magasin vilket omkringliggande mark sluttar emot. Magasinet har två utlopp, ett i botten av magasinet i form av en ledning och en bräddning i form av en öppen ränna. Båda utloppen mynnar i det blå-gröna stråket i gatan utanför.

Den totala fördröjningsvolymen motsvarar volymen för ett 30-årsregn från den sammanlagda ytan från kvartersmarken (ca 100 m³). Fördröjningsvolymen är beräknad enligt Svenskt Vatten P90 och rationella metoden. Kvartersmarken beräknas ha en area på ca 0,33 ha, där ca 75 % antas vara hårdgjord yta, vilket ger en reducerad area på ca 0,22 ha. Fördröjningsmagasinet antogs ha en avtappning i botten i form av ett strykt utlopp med en kapacitet på ca 6 l/s (som motsvarar flödet från området vid ett 2-årsregn). Det strypta utloppet anges i modellen som en plastledning med innerdiameter 110 mm och med en lutning på 0,6 %. Ledningen mynnar i det ytliga blå-gröna stråket i gatan utanför kvarteret.

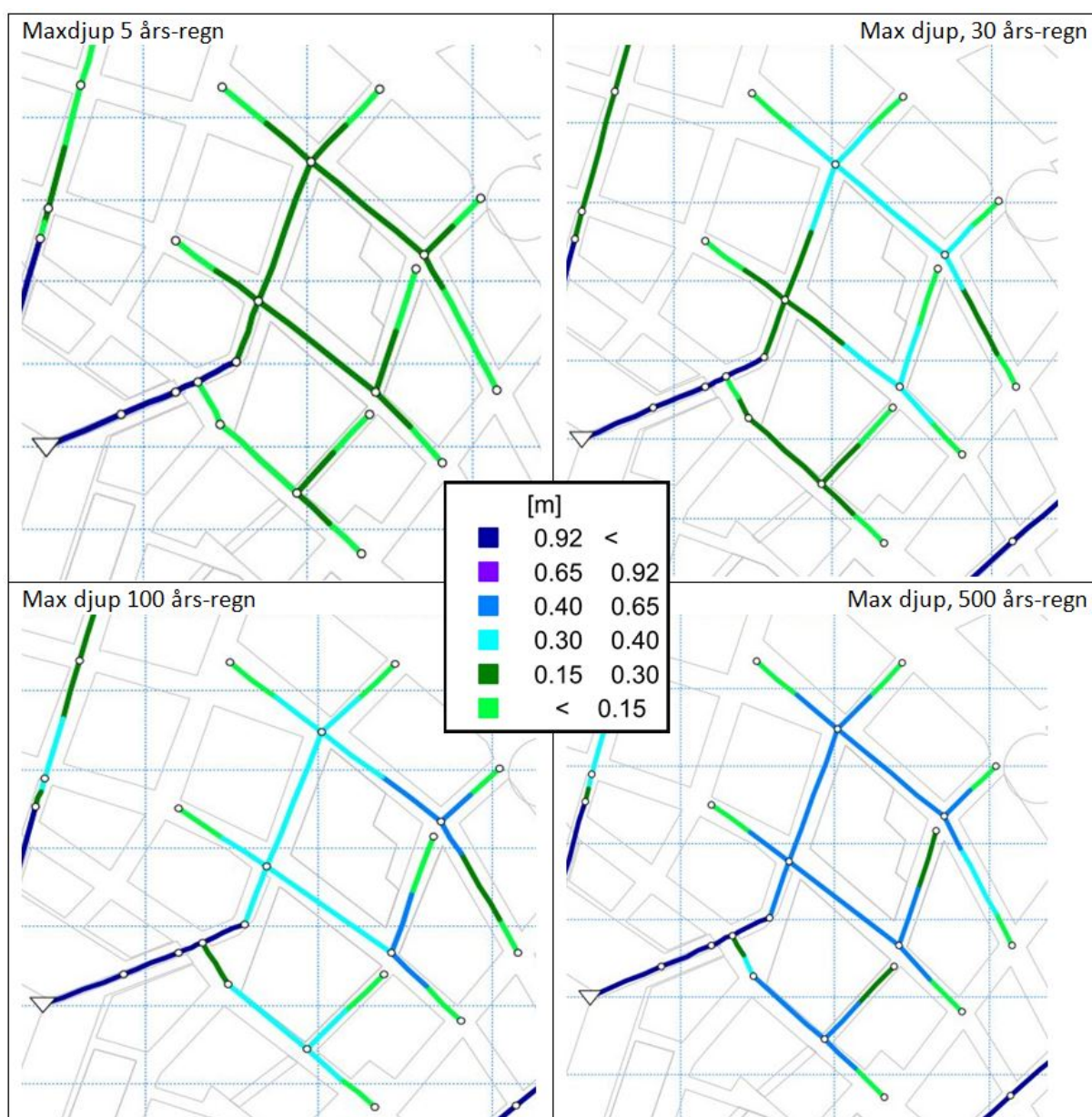
Magasinets bräddavlopp ligger i överkant av magasinet i form av en ränna som leder vattnet genom kvarterens öppningar ut till det ytliga blå-gröna stråken i gatan. Fördröjningsvolymen inom kvartersmarken kan tillskaffas på andra sätt så som gröna tak, rain-garden mm, se även avsnitt 4.1 Kvartersmark.

4. Resultat

Resultatet från modelleringen redovisas som vattendjup i de olika gatusektionerna samt inom kvartersmarken.

4.1 FRI_010 Modell med dagvattenhantering i enbart gator

Resultatet visar att ett 30-årsregn ryms inom det avsatta blå-gröna stråket, då vattendjupet inte överstigit 0,45 m (figur 6). Resultatet för 100- och 500-årsregn visar att vattennivån bräddas ut på omkringliggande ytor men ingen risk för att översvämning kommer in i byggnaderna då vattendjupet ej överstigit 0,65 m, vilket är tröskelnivån till byggnaderna.



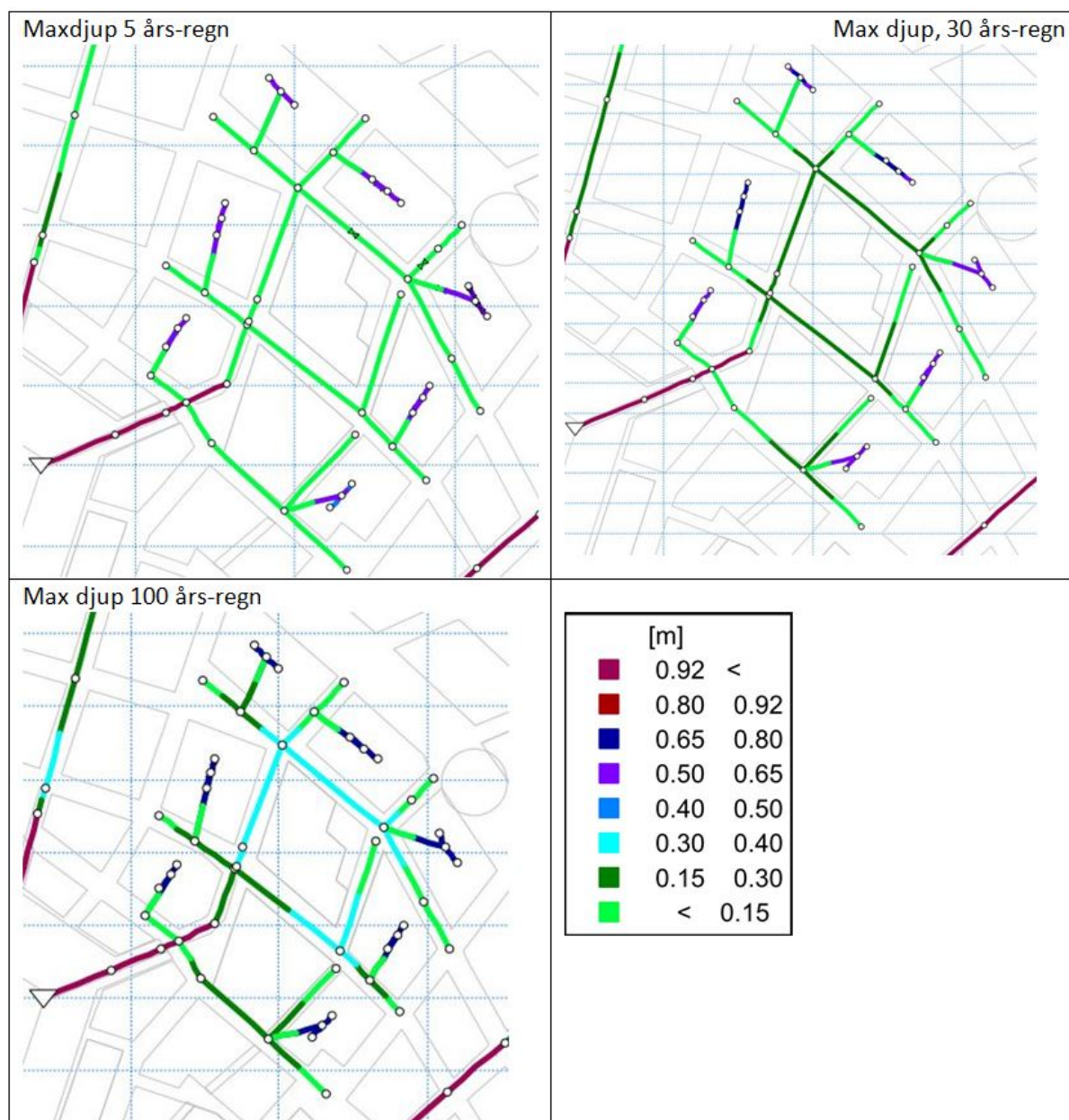
Figur 6. Resultat för modell FRI_010 som beskriver dagvattenhantering för samtliga gator inom fokusområdet. Färgerna representerar ett visst vattendjup som anges i meter.

4.2 FRI_020 Modell med dagvattenhantering inom kvartersmark

Resultatet visar att ett 5-årsregn till största delen kan fördröjas inom kvarteret i det underjordiska magasinet som är 0,5 m djupt men att ytvattnet även samlas i det öppna fördröjningsmagasinet (som är 0,3 m djupt). För ett 30-årsregn stannar dagvattnet helt inom det avsatta området då vattendjupet ej överstiger 0,80 (0,5+0,3) m (figur 7).

Resultatet för 100-årsregn visar att vattnet bräddas ut på angränsande gata. Det finns ingen direkt risk för att översvämningen även kommer att påverka byggnaderna inifrån kvarteren då vattendjupet ej överstiger 0,92 m vilket anger tröskelnivån till byggnaderna.

Med fördröjning inom kvartersmark minskar vattendjupet i de blå-gröna stråken i gatorna (mellan 5-20 cm). Fördröjningen inom kvartersmark skulle därmed kunna användas för att minska ytanspråket för dagvattenhantering i gaturummet för vissa sträckor. I resultatet visas även att det är uppströms i systemet som behovet av fördröjning inom kvarteren är som störst. I kvarteren längre ner i systemet som har ett utlopp närmare den djupa kanalen har fördröjningen mindre påverkan av systemet.



Figur 7. Resultat för modell FRI_020 som beskriver dagvattenhantering för samtliga gator och kvartersmark inom fokusområdet. Färgerna representerar ett visst vattendjup som anges i meter.



Göteborgs Stad
Kretslopp och vatten

