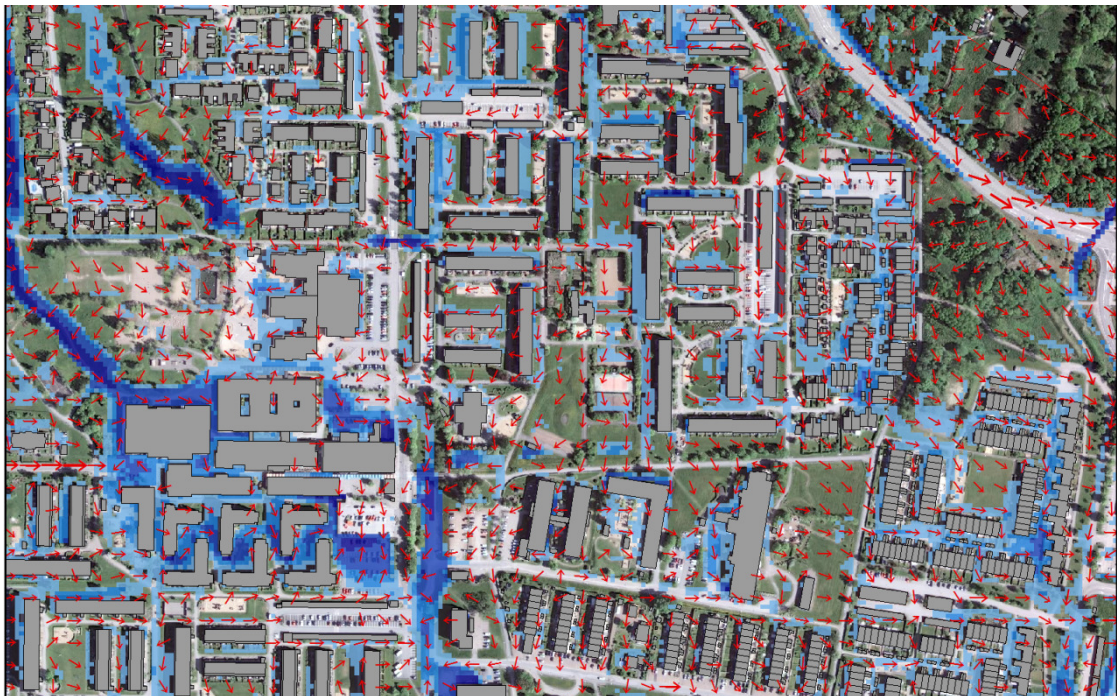
RAPPORT

GÖTEBORGS STAD

Skyfallsmodellering för GBG

UPPDRAGSNUMMER 7500900000

AVRINNINGSANALYS MED 2-DIMENSIONELL HYDRAULISK MODELL SOM BESKRIVER VATTENANSAMLING OCH AVRINNINGSVÄGAR I STORA DELAR AV GÖTEBORGS KOMMUN VID 100- OCH 500-ÅRSREGN



ORIGINAL

2015-09-11

Sweco Rail AB

JONAS PERSSON
ANDREAS KARLSSON
KRISTER JANSSON
LARS-GÖRAN GUSTAVSSON (DHI)

Sammanfattning

Studien med skyfallsmodelleringen ingår som en del i Göteborgs stads arbete med framtagande av ett tematiskt tillägg till översiktsplanen för vatten och klimatanpassning. Avsikten med tillägget är att ge förutsättningar för en fortsatt hållbar och robust vattenhantering i staden. Det ska fungera som beslutsunderlag och hjälpmedel för politiker och tjänstemän vid planering och byggnation i staden och innehålla strategier och riktlinjer samt nödvändiga verktyg för att förverkliga dessa i form av underlag för praktiskt arbete. Det övergripande syftet med skyfallsmodelleringen är att skapa förutsättningar för förebyggande arbete med att minska risken för nederbördsrelaterade översvämningar. Arbetet har bl.a. utförts inom ramen för stadens miljöprogramsåtgärder och är särskilt relevant för följande åtgärder i miljöprogrammet: 127. Identifiera naturliga stråk för dagvattenavledning, 132 Planera för öppna vattendrag, 134. Skapa fler vattenspeglar i staden,m.fl.

På uppdrag av Förvaltningen kretslopp och vatten och Stadsbyggnadskontoret i Göteborg har Sweco Environment och DHI låtit utföra en skyfallsmodellering. Skyfallsmodellering har genomförts med hjälp av en 2D hydraulisk markavrinningsmodell. Ett framtida 100-årsregn, ett framtida 500-årsregn samt känslighetsanalyser har genomfört. Utifrån resultaten har översvämningsutbredning, vattendjup och flödesriktningar kartlagts. Dessa kartlager samt samtliga modellfiler och resultat från uppdraget finns tillgängliga hos Kretslopp och vatten. För vidare information kan Dick Karlsson på Kretslopp och vatten eller Niklas Blomquist på Stadsbyggnadskontoret kontaktas.

Modellområdet motsvarar den s.k. "mellanstaden" vilket är det sammanhängande stadsområdet utanför Göteborgs innerstad som omfattar stadens prioriterade utbyggnadsområden. I detta område finns möjlig utbyggnadspotential om sammanlagt cirka 45 000-55 000 nya bostäder fram till cirka år 2035.

Resultatet kan användas som underlag för att beräkna skadekostnad och eventuell påverkan på samhällsviktiga verksamheter. Det kan användas för att prioritera åtgärder i Göteborg och väga nyttan av olika åtgärdsalternativ mot investerings- och driftkostnaden.

Resultaten kan också användas för framtagande av beredskapsplaner och för identifiering av lämpliga modifieringar i terrängen, såsom placering av fördröjande dagvattenmagasin, skyddsvallar och alternativa ytliga avledningsvägar.

Ledningsnätets funktion är generellt modellerat och tar därmed inte hänsyn till ledningssträckor med högre kapacitet, som t.ex. vägtrummor.

Parametrar som styr infiltration och ledningars bidrag till avledningen ger skillnader i resultat. Känslighetsanalys åskådliggör skillnaden mellan ytterlighetsfallen. Kunskap om lokala förhållanden och skyddsvärdet på studerade objekten bör styra vilket fall man låter vara dimensionerande.

Modellerna i studien är framtagna för att simulera extremt intensiva regn (högre än 50 års återkomsttid) över ett stort område och bör endast användas för det syftet. Vid

Sweco
Gullbergs Strandgata 3
Box 2203
SE 411 04 Göteborg, Sverige
Telefon +46 (0) 31 62 75 00
Fax +46 (0) 31 62 77 22
www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
Styrelsens säte: Stockholm

Jonas Persson
Civilingenjör
Göteborg
Telefon direkt +46 (0)31629088
jonas.persson@sweco.se

modellering av mindre regn samt prioriterade och olika åtgärdsalternativ kan tillförlitligheten ökas genom att utveckla modellen på följande vis:

- Höjddata kan ökas till bästa möjliga med hänsyn till tillgänglig höjddata samt beräkningstider
- Markanvändningen kan kartläggas mer detaljerat
- Ledningsnätets funktion kan beskrivas av en hydraulisk modell som kopplas till markavrinningsmodellen

Innehållsförteckning

1	**Inledning**	**2**
2	**Metod**	**5**
2.1	Bearbetning av höjdmodell	5
2.2	Markanvändning	7
2.3	Infiltrationsklasser	9
2.4	Systemfunktion	10
2.5	Ytråhet	11
2.6	Indata	11
3	**Resultat**	**11**
3.1	Tolered	14
3.2	Kärra Centrum	16
3.3	Kvillebäcken	18
3.4	Kville	20
3.5	Gamlestaden	22
3.6	Sankt Sigfridsgatan	24
3.7	Linnégatan	26
3.8	Kungsladugård	28
3.9	Påvelund	30
3.10	Resultatanalys	32
3.11	Känslighetsanalys	35
4	**Slutsatser**	**38**

Bilaga 1: Skyfallsanalys Göteborg - Utredning av marköversvämning vid extrema regn för Göteborgs Stad, DHI, 2015

Bilaga 2: Förteckning av levererade data

1 Inledning

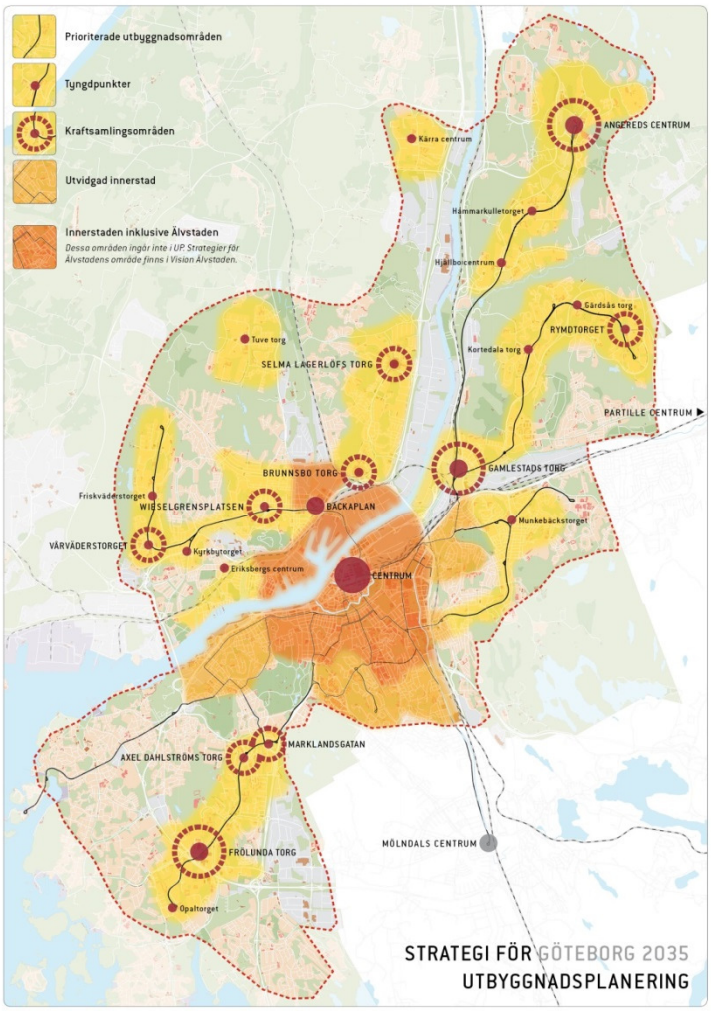
Lokala extrema vattenflöden på grund av skyfall inträffar regelbundet i Sverige. I storstadsregioner, som t.ex. Göteborg, medför hög exploateringsgrad låga infiltrationsmöjligheter och mindre ytor tillgängliga för utjämning. Detta kan medföra översvämningar med skador på fastigheter och anläggningar för stora belopp.

På uppdrag av Förvaltningen kretslopp och vatten[1] (KoV) och Stadsbyggnadskontoret[2] i Göteborg har Sweco Environment och DHI låtit utföra en skyfallsmodellering. Modelleringen beskriver hur vatten rinner av vid extrema regn (högre än ca 50 års återkomst) samt var och till vilket djup vattnet ansamlas. Översvämningsrisk av andra orsaker, som höga flöden i vattendrag eller hög nivå i Göta Älv, framgår inte av resultatet.

Modellområdet motsvarar den s.k. "mellanstaden" vilket är det sammanhängande stadsområdet utanför Göteborgs innerstad som omfattar stadens prioriterade utbyggnadsområden. I detta område finns möjlig utbyggnadspotential om sammanlagt cirka 45 000-55 000 nya bostäder fram till cirka år 2035.

I figur visas en översikt av området.

[1] Kontaktperson: Dick Karlsson
[2] Kontaktperson: Niklas Blomquist



STRATEGI FÖR UTBYGGNADSPLANERING » SIDA 22

Figur 1 Kartöversikt av Mellanstaden (KoV, 2015)

Arbetsfördelningen har varit att Sweco tagit fram underlag för vilka DHI upprättat en 2-dimensionella hydraulisk modell samt simulerat olika fall. Därefter har Sweco analyserat resultaten från dessa simuleringar och upprättat kartbilder.

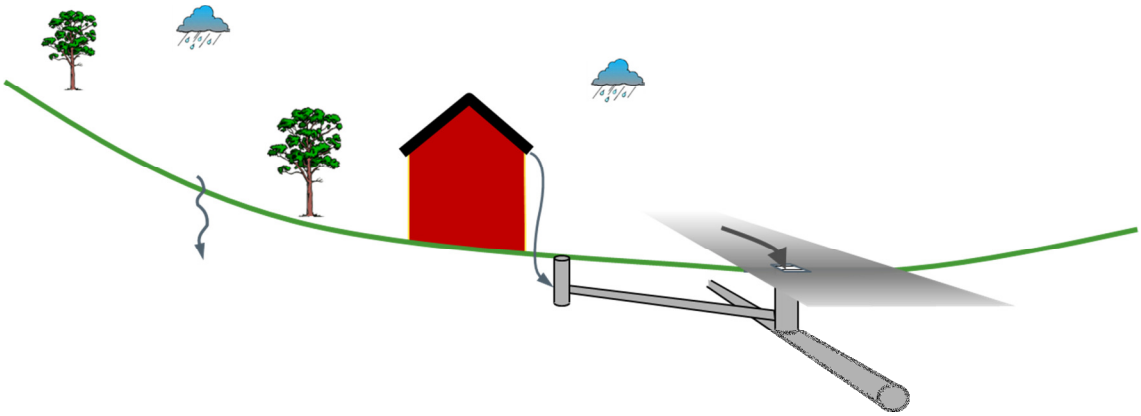
Modelleringsarbetet beskrivs i rapporten *Skyfallsanalys Göteborg - Utredning av marköversvämning vid extrema regn för Göteborgs Stad* av DHI.

Föreliggande rapport belyser arbetet med framtagande av underlag, detaljerade resultat för några valda delområden samt slutsatser av utredningen.

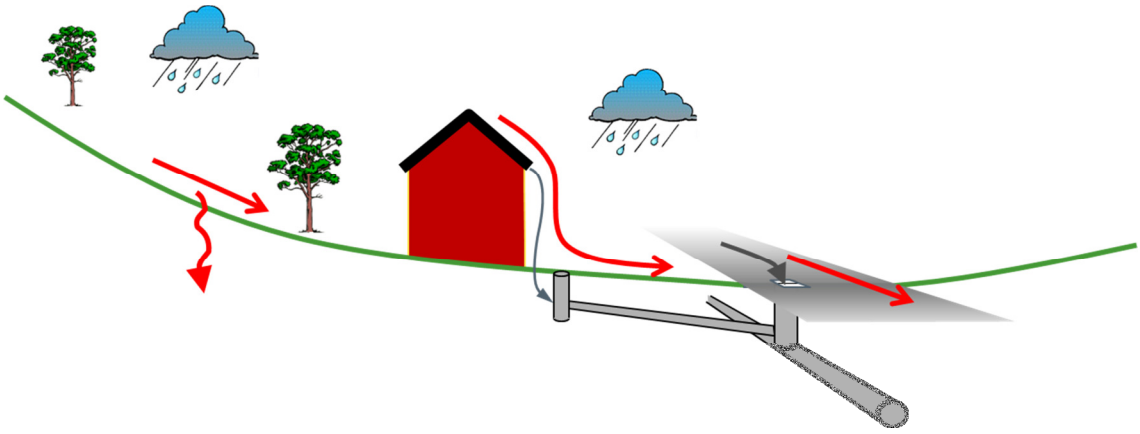
Nedan återges kortfattat delar av rapporten *Skyfallsanalys Göteborg - Utredning av marköversvämning vid extrema regn för Göteborgs Stad*, upprättad av DHI.

Denna studie syftar till att kartlägga marköversvämningar vid extrema regn för större delen av Göteborgs stad.

Vid normala regn hanteras regnvolymen antingen genom avledning till samhällets dagvattensystem eller genom infiltration på permeabla, gröna ytor (Figur 1.1). Vid extrema regn överskrids dagvattenssystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga vilket medför att det sker en avrinning på markytan som skapar en marköversvämning (Figur 1.2).



Figur 1.1. Principbild över vattnets transportvägar vid normala regn (DHI, 2015).



Figur 1.2. Principbild över vattnets transportvägar vid extrema regn (DHI, 2015).

Avrinnings- och översvämningsberäkningar har genomförts med hjälp av en 2D hydraulisk markavrinningsmodell. Ett framtida 100-årsregn och ett framtida 500-årsregn har analyserats. Två känslighetsanalyser har genomfört och för dessa har det framtida 100-årsregnet använts. Utifrån resultaten har översvämningsutbredning, vattendjup och flödesriktningar kartlagts. Metodiken följer den metod vilken utvecklats i det MSB-finansierade projektet "Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå" (Mårtensson och Gustafsson, 2014).

2 Metod

Det utförda arbetet kan beskrivas med 6 st. processteg för vilka kortfattat redogörs nedan:

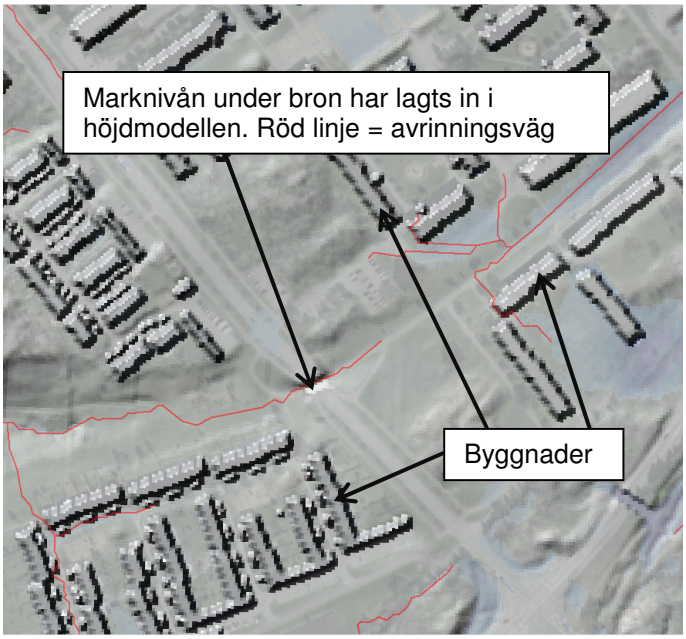
1. **Definition av modellgränser och delmodeller:** Av modelltekniska skäl delades analysområdet upp i 3 st. modeller. Varje modell avgränsas i första hand med naturliga vattendelare eller större vattendrag. Om Analysområdets gräns visades ligga långt från sådana sattes modellgränser tillräckligt långt utanför området för att den underskattade mängden ytavrinnande vatten inte ska påverka resultatet inom analysområdet. Modellindelningen visas i figur 2.1 i DHI:s rapport.
2. **Justering av höjdmodell och numerisk modellansats:** Höjdmodellen justerades med avseende på byggnader, viadukter och dagvattenmagasin. Detta beskrivs mer detaljerat i avsnitt 2.1.
3. **Etablering av grundmodell i MIKE21:** Inför modellering tas övriga underlagsdata fram. Förutom höjdmodellen styrs avrinningen av ytråhet, infiltrationsegenskaper och avledningskapacitet. Framtagandet av dessa lager beskrivs mer detaljerat i avsnitt 2.2, 2.4 och 2.5. Ytavrinning för två CDS-regn studeradesmed tidsfördelning och intensiteter enligt Svenskt Vatten P104, och en total varaktighet på 6 timmar. Regnintensiteter och därmed volym ökades med 20 % som en ansats för att ta hänsyn till eventuell framtida klimatpåverkan.
4. **Anpassning av modell för känslighetsanalys:** Två alternativa fall studerades där kapacitet på ledningsnät samt markens infiltrationsegenskaper varierades. Arbetsmomentet beskrivs mer detaljerat i DHI:s rapport och resultaten återfinns i avsnitt 3.11.
5. **Modellsimulering:** Totalt fyra simuleringar utfördes. Förutsättningar vid simulering beskrivs i DHI:s rapport.
    a. Referensmodell belastad med ett 500-årsregn
    b. Referensmodell belastad med ett 100-årsregn
    c. ”Bästa fall” (känslighetsfall 1) belastad med ett 100-årsregn.
    d. ”Sämsta fall” (känslighetsfall 2) belastad med ett 100-årsregn.
6. **Efterbearbetning av resultat och kartproduktion:** Upprättande av kartor och GIS-lager för visuell redovisning av beräknat maximal vattendjup och hastighetsvektorer.

Modeller, resultatet och GIS-lager levererades till KoV i slutet av projektet.

2.1 Bearbetning av höjdmodell

Det utdrag av nationella höjdmodellen som tillhandahållits för projektet har krävt ett antal modifieringar för att fungera för skyfallsmodelleringens syften:

- Vid broar och GC-portar har marknivån under bron eller ner i porten använts (se Figur 2).
- Byggnader har integrerats i höjdmodellen (se Figur 2). På platser där byggnader finns har höjdmodellen höjts med två meter.



Figur 2 - Modifieringar av höjdmodellen

- Terrängmodellen har justerats vid fyra öppna dagvattenmagasin vid Järnbrott efter underlag från KoV [3]. Höjderna i modellen skall motsvara en dimensionerande situation då ledningsnätet är fullt.
- Vattendrag betraktas som mark i höjdmodellen. Interpoleringsfel och begränsningar av laserskanningen av vattenytor har orsakat felaktigheter i höjdmodellen. Dessa har åtgärdats där det ansetts vara nödvändigt genom att en vattennivå har lagts in manuellt i höjdmodellen. Detta har gjorts för hela havsytan inom området, Göta älv, Nordre älv och Mölndalsån (inklusive kanalerna) samt mynningarna för Lärjeån, Säveån, Kvillebäcken och Stora ån.
- Ett antal vallar av större betydelse har integrerats i höjdmodellen. Vallarna finns vid Tingstadstunnelns mynningar och Götatunnelns östra mynning. Nivån på vallarna har bestämts till +2,5 m. Nivå och läge skiljer sig något från verkligheten, enligt instruktion från KoV, för att bättre passa modelleringens syften.
- Ett antal tunnlar är inte medtagna i höjdmodellen. Det gäller Tingstadstunneln, Götatunneln, Lundbytunneln, Gnistängstunneln, samtliga spårvagnstunnlar (förekommer i de nordöstra stadsdelarna och under Frölunda torg) och

[3] Dick Karlssons, KoV:s enligt mejl 2014-11-19

Gullbergsåns kulvertar. Inga ledningar eller kulvertar i vattendrag och under mark finns på något sätt representerade i höjdmodellen.

2.2 Markanvändning

Marken är klassad i två klasser enligt tabellen nedan. Klassningen bygger på kartmaterial som tillhandahållits av KoV[4]. Byggnader inom mjuka ytor är klassade som hårda ytor. Där marken klassas som hårdgjord sker ingen markinfiltration i modellen. Avloppsledningsnätets kapacitet är inkluderad. Där marken klassas som mjuk sker infiltration baserad på jordartskartan. Ingen avledning via avloppsledningsnätet är inkluderad för de mjuka ytorna.

[4] Shapefil, *Urban Atlas,* 2014-11-11,

Tabell 1 Klassificering av markanvändning

Kategori	Kommentar	Klassning
Agricultural + Senu-natural areas + Wetlands	Åker, äng mm	Mjuk
Airports	Säve. Utanför utredningsomr.	Hård
Construction sites	Oklar markanvändning, betraktas konservativt som hårdgjord yta	Hård
Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)		Hård
Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L. : 50% - 80%)		Hård
Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L. : 30% - 50%)		Mjuk
Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L. : 10% - 30%)		Mjuk
Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%)		Mjuk
Fast transit roads and associated land		Hård
Other roads and associated land		Hård
Railways and associated land		Hård
Forests		Mjuk
Green urban areas	Skogs- och parkområden inom tätort.	Mjuk
Industrial, commercial, public, military and private units	Affärer, industrier och offentliga inrättningar. Till allra största delen hårdgjort. Kyrkogårdar och deras vägar ingår.	Hård
Isolated Structures		Mjuk
Land without current use		Mjuk
Mineral extraction and dump sites	Det som syns på ortofotot är sand, grus och gräs	Mjuk
Port areas		Hård
Sports and leisure facilities	Grönt dominerar, till viss del grus. Mycket liten mängd asfalt. Omfattar vatten mellan bryggor i fritidshamnar.	Mjuk
Water bodies		Mjuk

2.3 Infiltrationsklasser

Markytorna är klassade efter kartmaterial tillhandahållet av KoV[5]. För dessa har klassningen skett genom studier av jordartskartor. Detta arbetsmoment är utfört av DHI. Olika värden för infiltration har satts baserat på den karterade jordartens infiltrationsegenskaper. Infiltrationsklasser används enbart på genomsläppliga ytor (mjuka ytor i

[5] Shapefil: *Jordarter_DHI_Klasser*, 2014-11-11

Tabell 1) i skyfallsmodelleringen. Se kapitel 2.2 Markens infiltrationsförmåga i bilaga 1.

2.4 Systemfunktion

Dagvatten antas avledas från hårdgjorda ytor, se hårda ytor i

Tabell 1. Avledningens kapacitet beror på huruvida ledningsnätet är kombinerat eller separerat. Klassificering av områden med avseende på kapacitet bygger på underlag från KoV[6]. Inget dagvatten bedöms avledas från vägarna E6, E20, RV40 och Lundbyleden. Se även kapitel 2.1 Dagvattensystemets kapacitet i bilaga 1.

2.5 Ytråhet

Ytråheten beskriver markytans motstånd. T ex på en asfaltsyta avrinner vatten snabbare än över en äng. Ytråheten är indelad i olika klasser enligt tabell 2.1 i bilaga 1.

2.6 Indata

Marknivå: Lantmäteriets Nationella höjdmodellen beskriver marknivåer och lutning. Nationella höjdmodellen (2010/2011) är uppbyggd från laserskanning. För skyfallsmodelleringen interpolerades höjdmodellen till ett raster med 4*4 meters upplösning. Höjdmodellen har modifierats för att passa skyfallsmodelleringens syften. Se avsnitt 2.1 för vilka modifieringar som gjorts.

Dagvattendammar: 4 dammar vars höjd i modellen justerats. Källa är Göteborg Kretslopp och vatten.

Vallar: Beskriver ett urval av verkliga och fiktiva vallar som påverkar ytavrinningen. Källa är Göteborg Kretslopp och vatten.

Byggnadsytor: Beskriver byggnaders utbredning. Källa är Göteborg stadsbyggnadskontor.

Markanvändning: Det finns ett flertal källor som beskriver markanvändning. Den som bedömts vara mest korrekta och ge heltäckande beskrivningen är Urban Atlas, vilken också valdes för modelleringen.

Jordartskartan: Jordartskartor från SGU har använts för att beskriva markens genomsläpplighet

Systemfunktion: Ytor som beskriver huruvida avloppssystemet är kombinerat eller separerat. Källa är Göteborg Kretslopp och vatten.

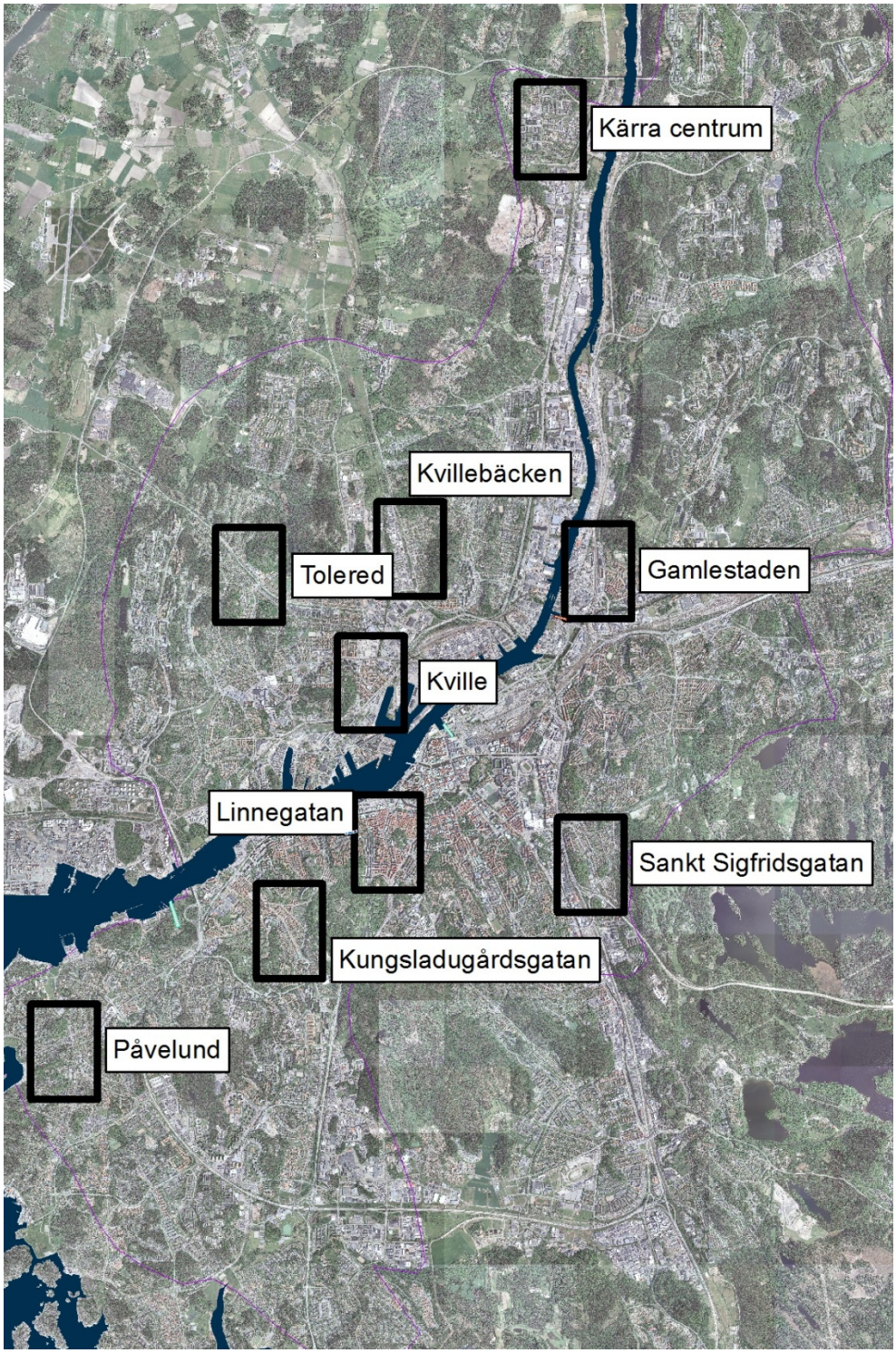
3 Resultat

Resultat från samtliga beräkningar erhölls digitalt i form av rasterfiler med maximalt beräknande vattendjup och vattenhastigheter samt rasterfiler som visar vattendjupet och vattenhastigheten över tid. Samma filer har levererats vidare till Kov. Förteckning finns i bilaga 2.

I denna rapport är fokus på ett antal detaljområden där maximalt vattendjup samt maximal vattenhastighet redovisas med hjälp av kartor. Vattenhastighetens storlek och

[6] Shapefil: Systemfunktion_AS_DELAVR_HCT_polygon. 2014-11-26

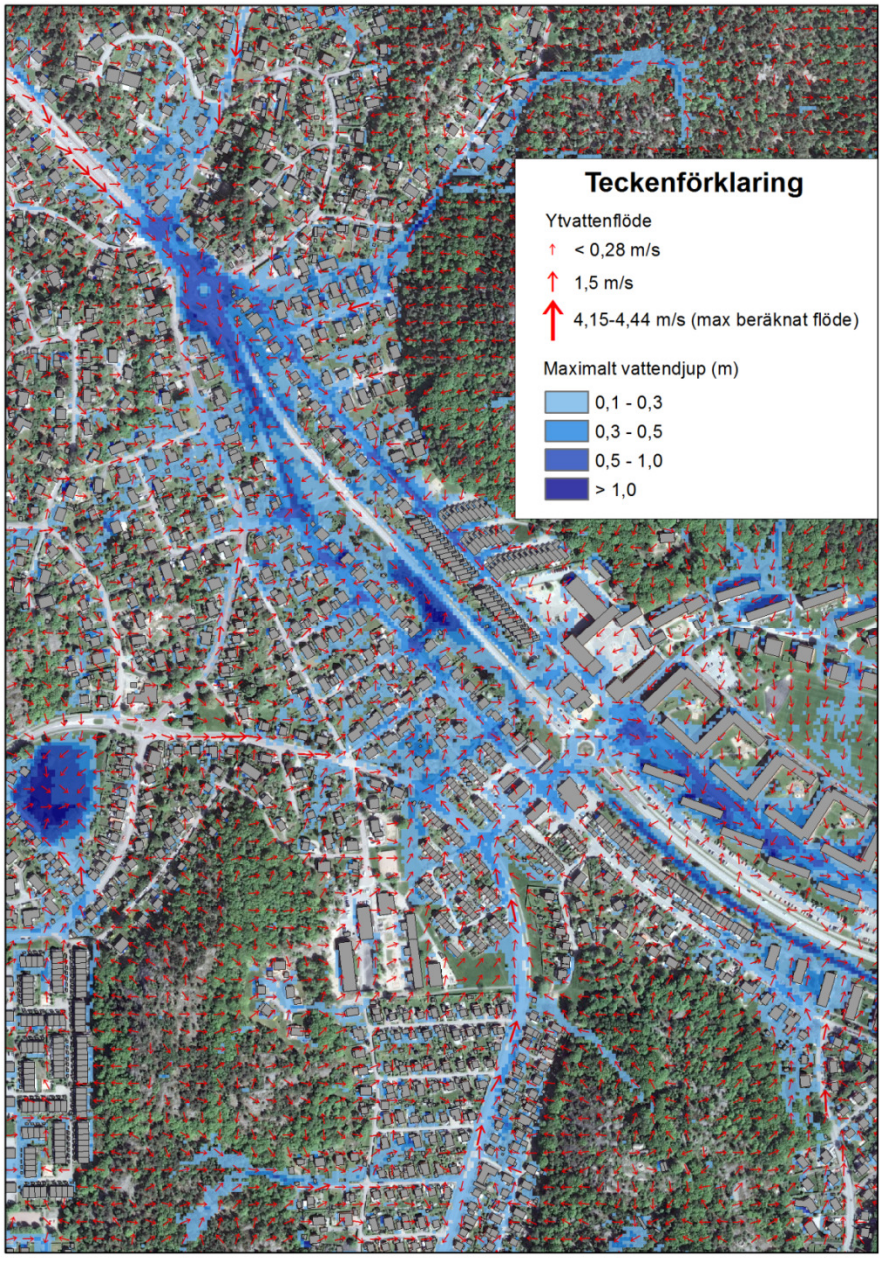
riktning framgår av vektorer medan vattendjup redovisas med färgkodning. Vissa detaljområdena redovisas på begäran av KoV, andra har valts efter översyn av Sweco, se Figur 2.



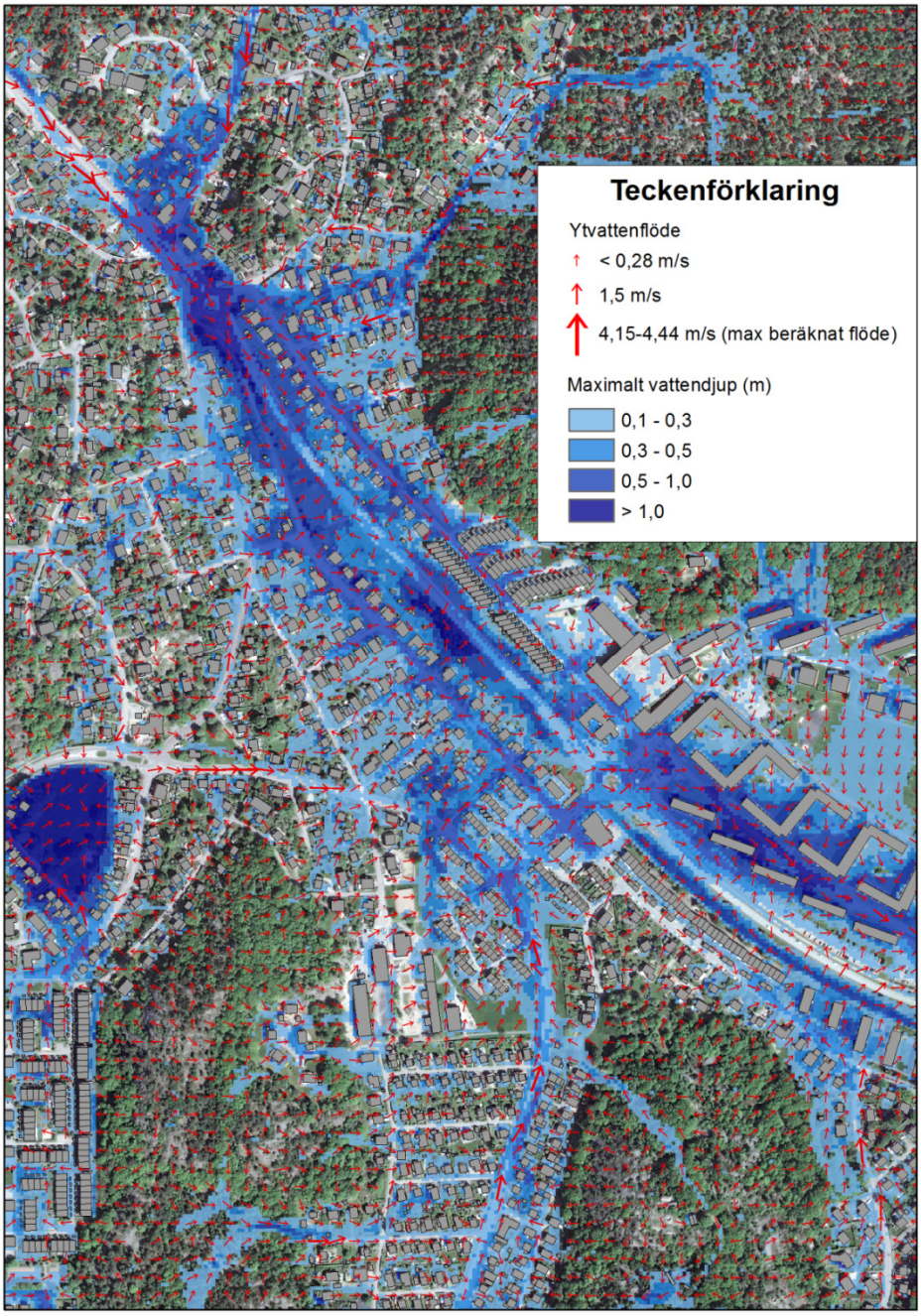
Figur 3 – Redovisade detaljområden

3.1 Tolered

Detaljområde Tolered är en dalgång till vilken vatten avrinner från bergssluttningarna. Längs Björlandavägen, mellan Bjurslättsliden och Toleredsgatan återfinns lågpunkter där vattnet kan stiga upp till ca 0,5 m innan det avleds via markytan. Avledningen sker längs Björlandavägen österut.



Figur 4 - 100-årsregn Tolered



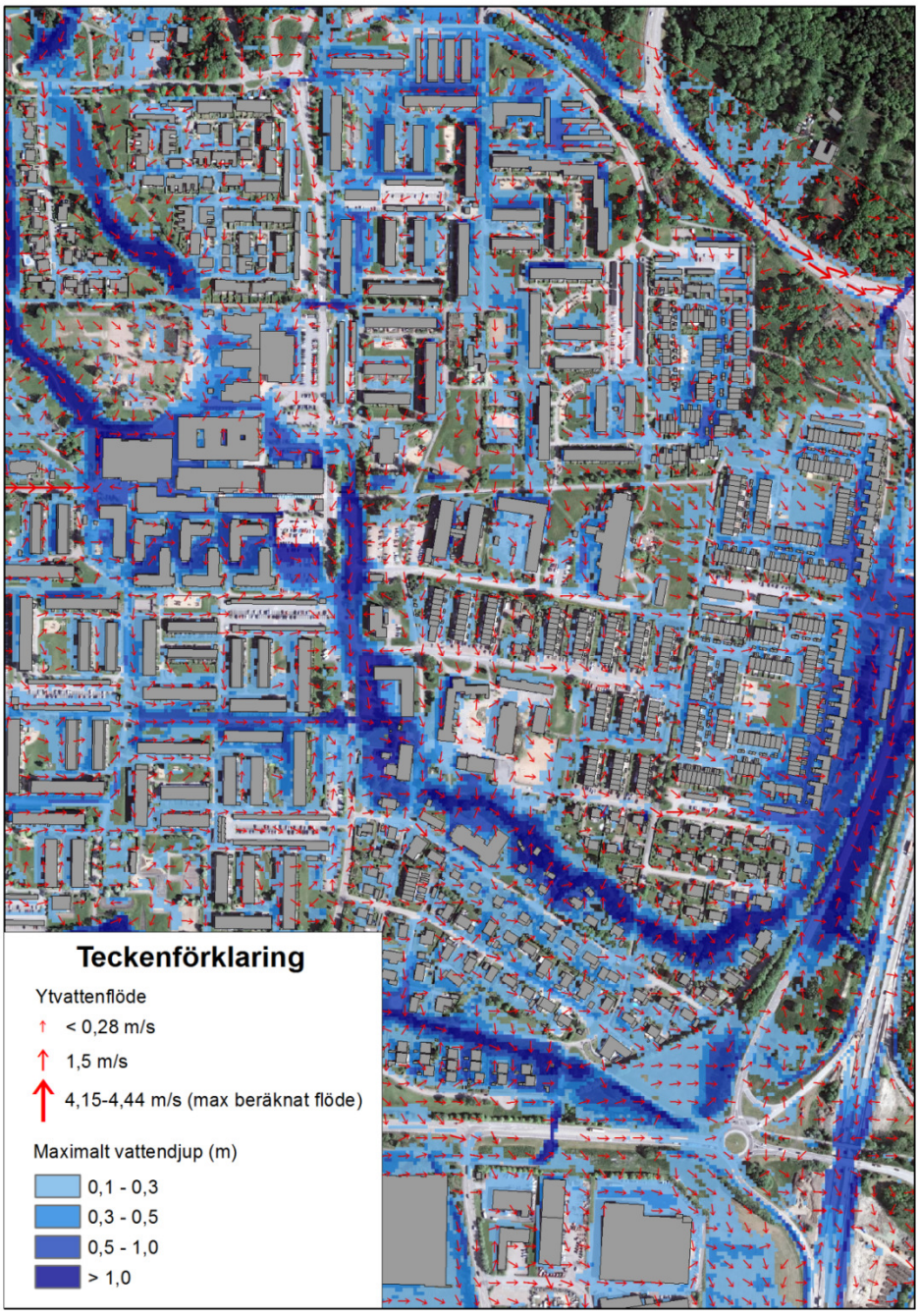
Figur 5 - 500-årsregn Tolered

3.2 Kärra Centrum

Kärra Centrum ligger i en lokal lågpunkt som belastas från höjderna i nordväst. På vissa platser i Kärra Centrum kan vattendjupet bli över 1 m. Vatten avleds via grönytan norr om Kärra Kapellväg. Väg E6 utgör ett hinder för vattnet att avledas österut mot Göta älv utan avleds istället via Kärravägen. Vid E6:ans lågpunkt under Nortagsvägen kan vattnet, enligt beräkningar, stiga med ca 0,5 m.

Figur 6 - 100-årsregn Kärra centrum

För regn med återkomsttiden 500 år erhålls givetvis större flöde och vattendjup än de som noterades för ett regn med återkomsttiden 100 år.

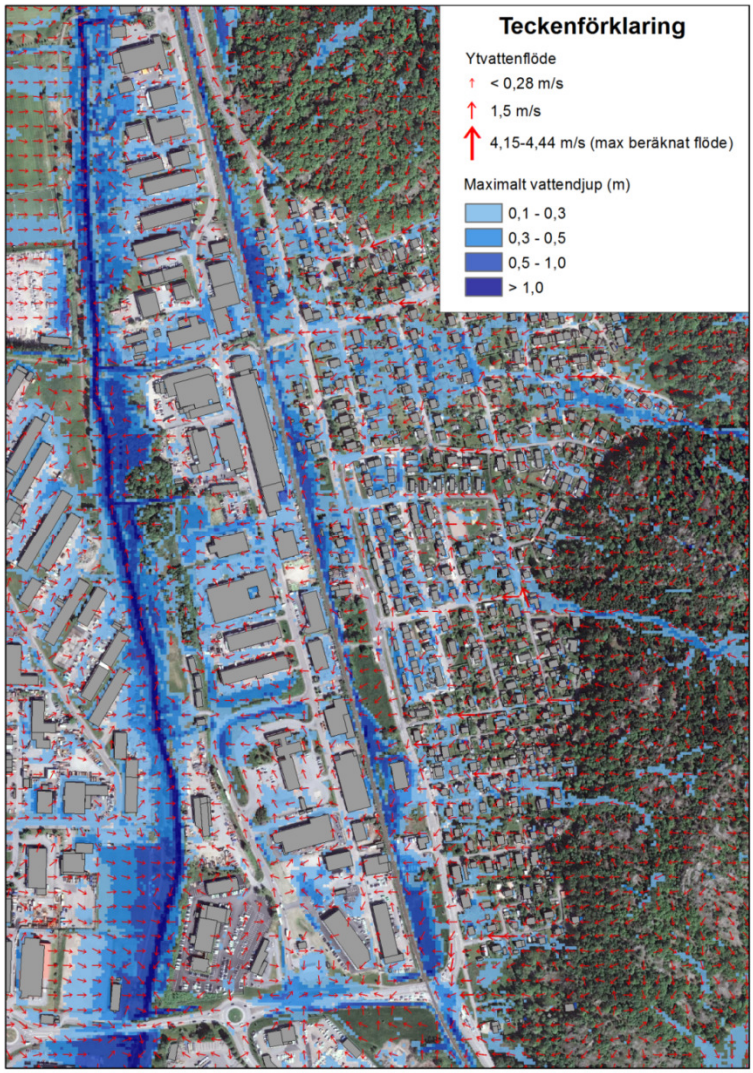


Figur 7 - 500-årsregn Kärra centrum

3.3 Kvillebäcken

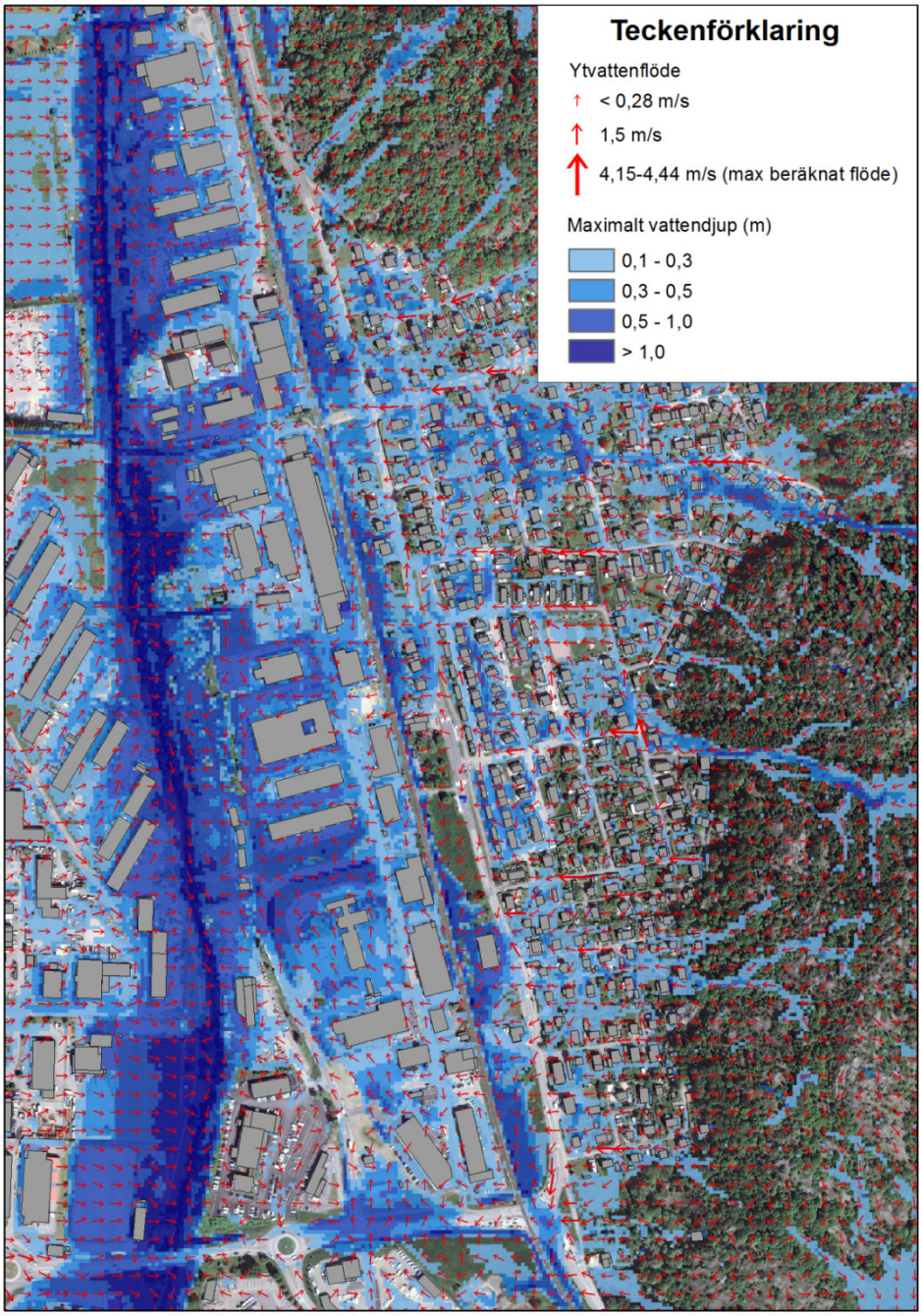
Kvillebäckens avrinningsområde innebär att stora flöden avleds här vid ett regn med återkomsttiden 100 år. För sträckan av Kvillebäcken, vilken redovisas i figur 7 nedan, erhålls enligt beräkningar att vattennivån vida överstiger bäckens banker och att omkringliggande fastigheter och infrastruktur drabbas av översvämning. Generellt har alla marknivåer vid broar och viadukter sänkts för att beskriva avrinningsvägarna. Kulvertar under vägar är inte representerade i höjdmodellen. Detta leder till avledningskapaciteten vid dessa områden underskattas, t.ex. kan detta noteras vid Minelundsvägen där något överdrivna vattennivåer uppströms i Kvillebäcken, norr om Minelundsvägen erhålls.

Valet av modellverktyg medför osäkerhet i vattendragens kapacitet, vilket ökar osäkerheten i bedömningen av översvämningsproblemen.



Figur 8 - 100-årsregn Kvillebäcken

Vattenutbredningen och djupet i längs bäcken ökar vid regn med återkomsttiden 500 år.



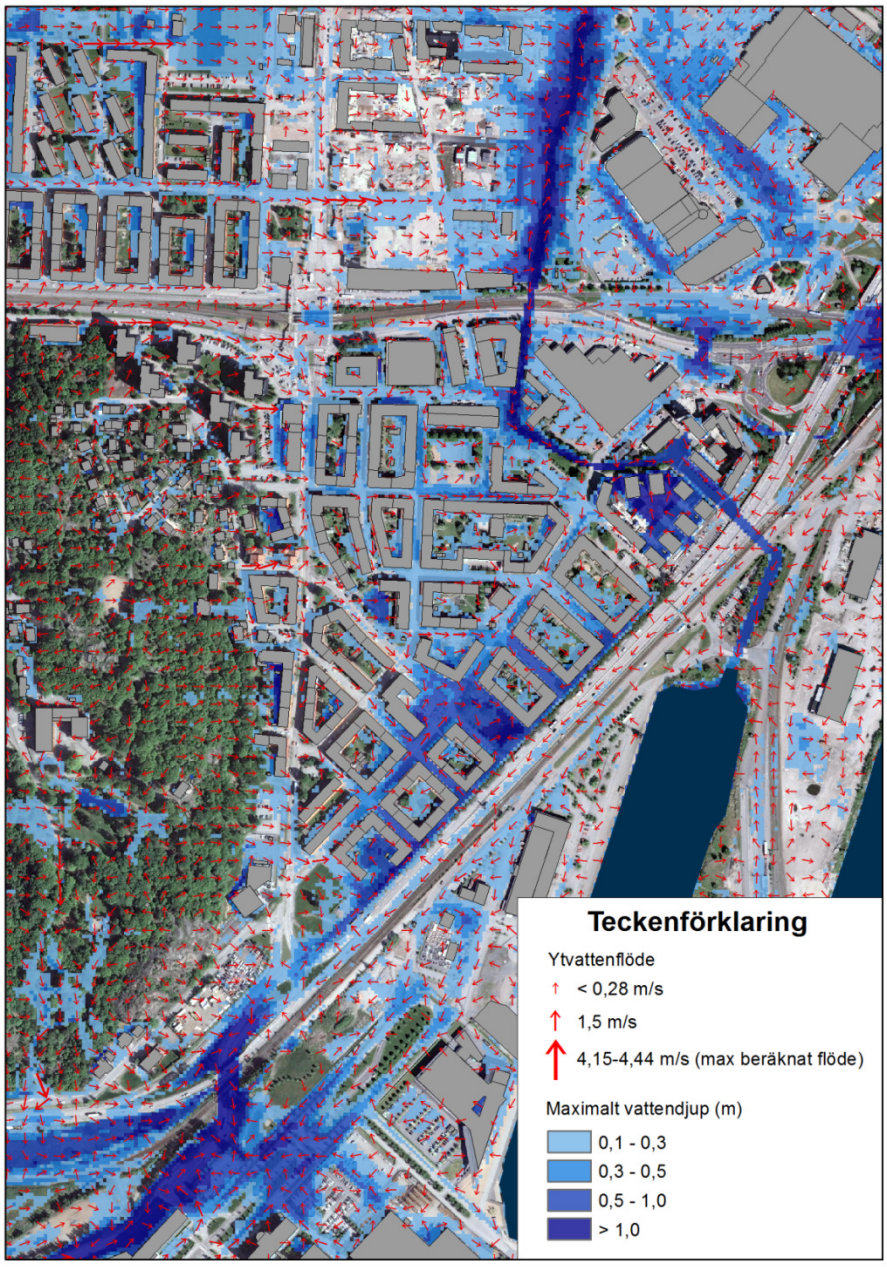
Figur 9 - 500-årsregn Kvillebäcken

3.4 Kville

Vatten från höjden på västra sidan av Figur 10 och omkringliggande områden rinner av mot Herkulesgatan. Detta område är en lågpunkt och väg 155 hindrar vatten från att avrinna söderut. Enligt modellresultatet stiger vattnet upp mot 1 m t i lågpunkterna. Sänkan i Karlavagnsgatan under väg 155 blir vattenfylld.

Figur 10 - 100-årsregn Kville

Vid 500-årsregn förvärras situationen ytterligare, särskilt längs Lindholmsallén.



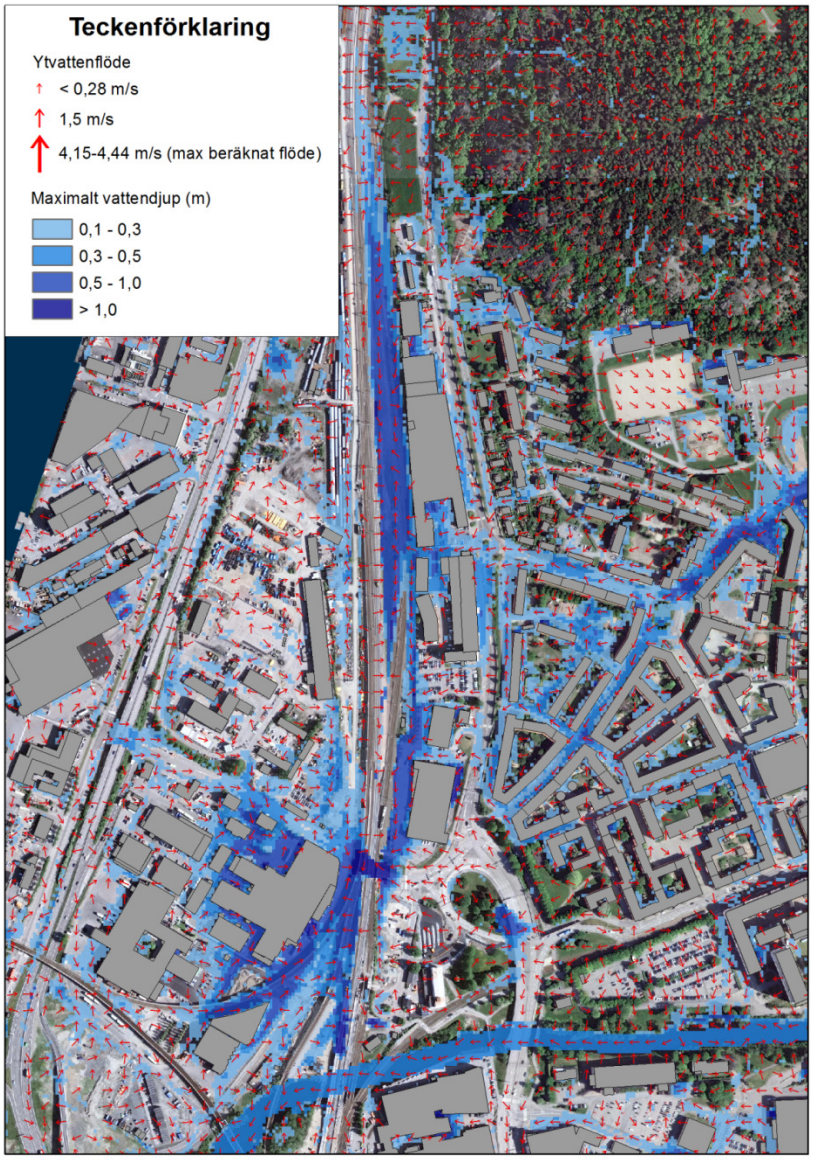
Figur 11 - 500-årsregn Kville

3.5 Gamlestaden

Spårområdet väster om Gamlestadsvägen utgör en lågpunkt som vattenfylls vid skyfall. Stora ytor avleds även mot Lars Kragggatan och vidare mot spårområdet.

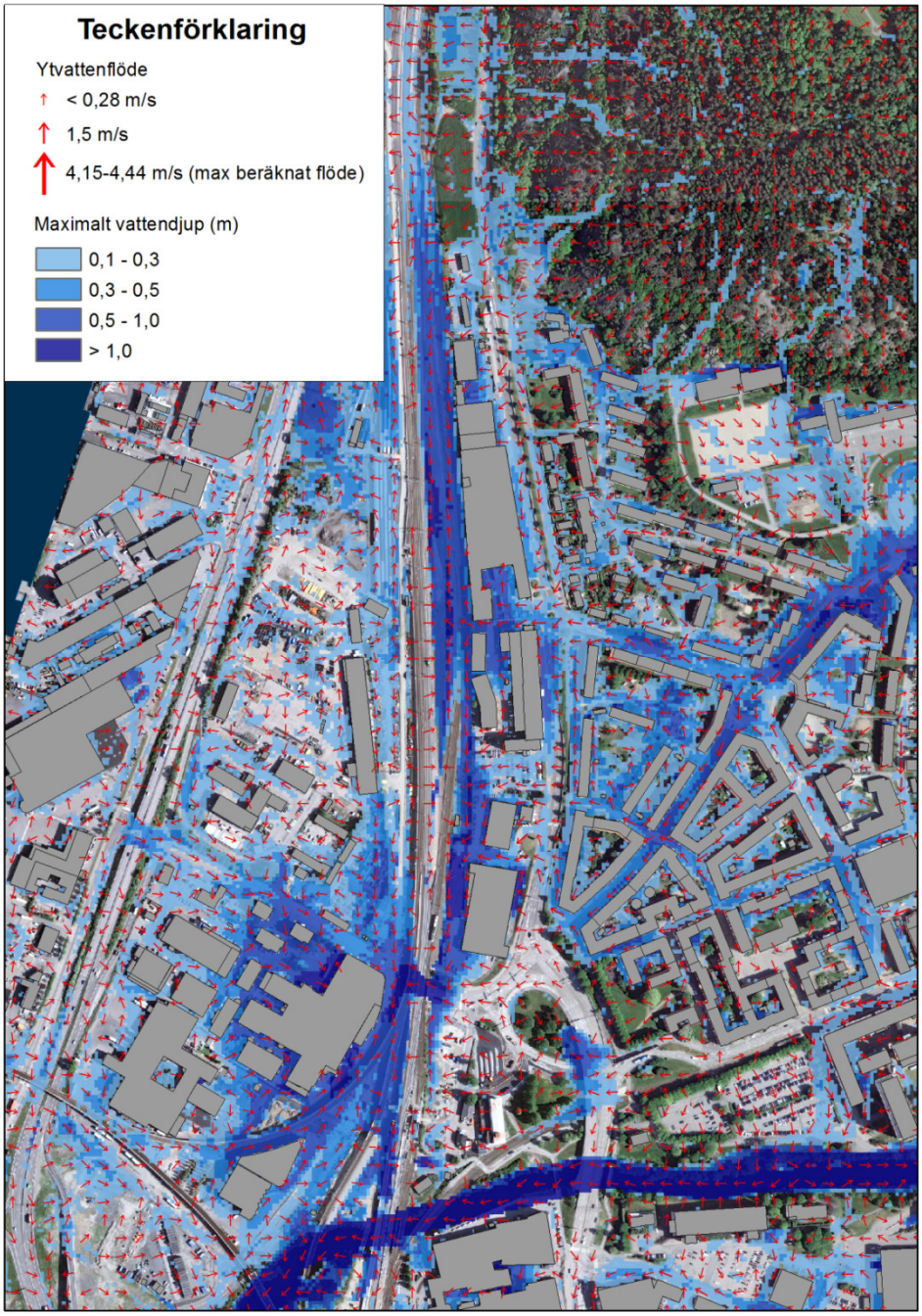
I området kring Slakthusgatan uppstår stora översvämningar enligt modellberäkningarna

Inga noterbara problem uppstår längs Säveån. Detta tyder på att Säveån god kapacitet att hantera flödet som uppstår vid kraftiga skyfall. Notera att valet av modellmetod medför osäkerhet i kapaciteten i vattendrag.



Figur 12 - 100-årsregn Gamlestaden

Vid 500-årsregn förvärras situationen ytterligare i samma punkter som för 100-årsregnet.

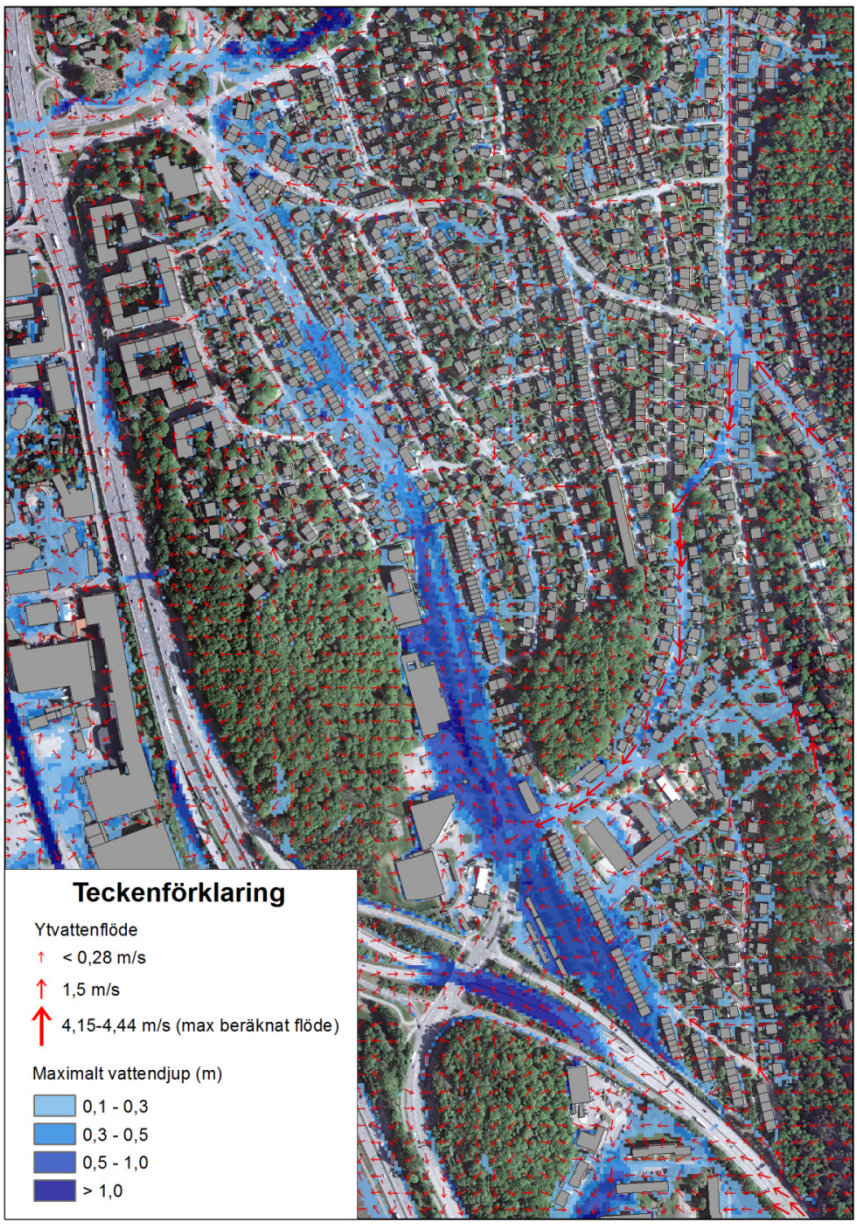


Figur 13 - 500-årsregn Gamlestaden

3.6 Sankt Sigfridsgatan

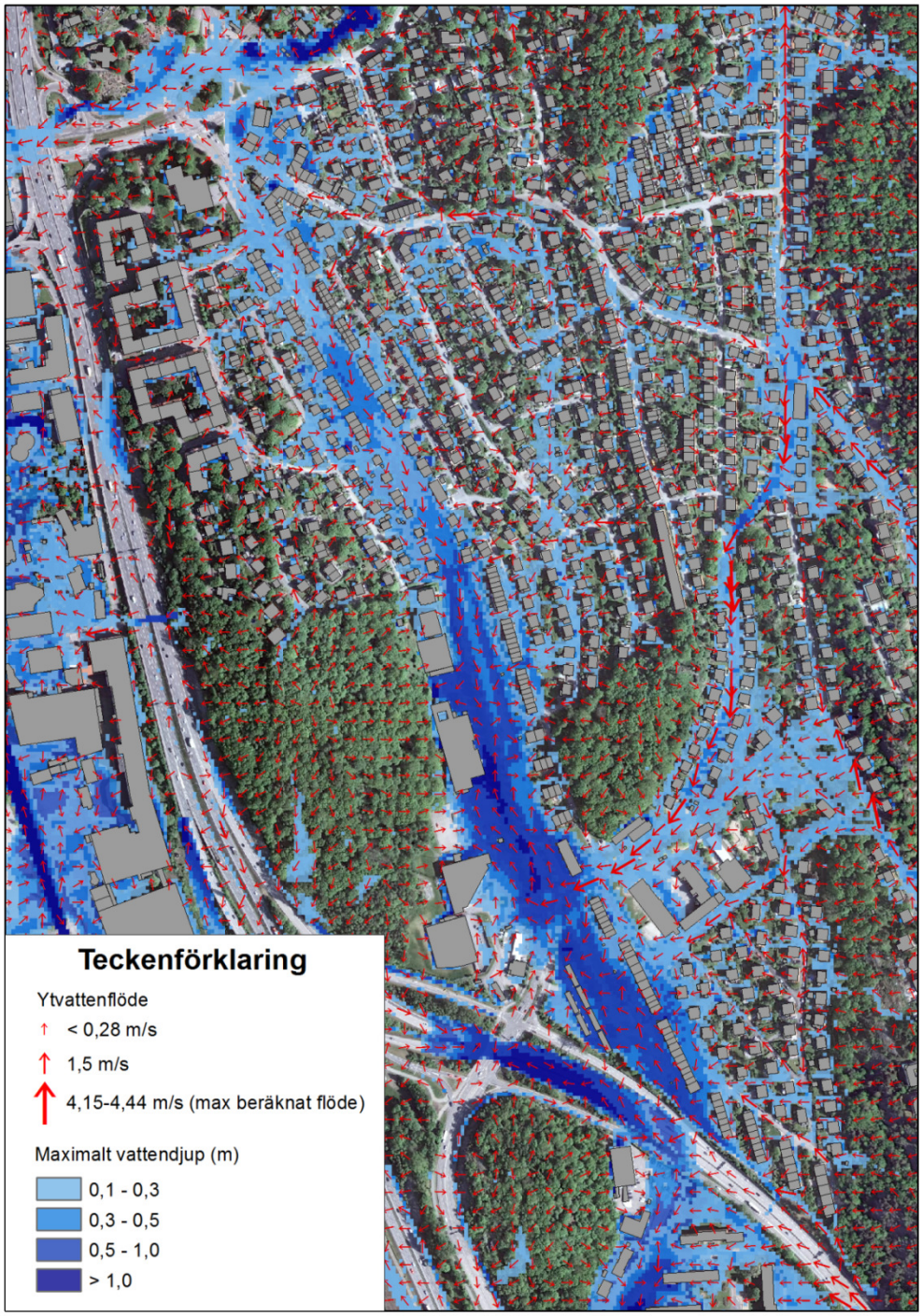
Sankt Sigfridsgatan, som visas figuren nedan, är instängt vilket leder till att vattendjupet stiger över 1 m för regn med återkomsttiden 100 år.

Skårsgatans längslutning medför höga vattenhastigheter vilket kan leda till problem trots att inte vattendjupet blir stort. Lågpunkten i väg 40, under Sankt Sigfridsgatan, vattenfylls.



Figur 14 - 100-årsregn Sankt Sigfridsgatan

Vid 500-årsregn förvärras situationen ytterligare i samma punkter som drabbas vid 100-årsregnet.



Figur 15 - 500-årsregn Sankt Sigfridsgatan

3.7 Linnégatan

Kring Linnéplatsen ansamlas vatten upp till ett vattendjup om 0,5 m som sedan avleds med hög hastighet norrut på Linnégatan. De flacka områdena kring Haga och Långgatorna drabbas av översvämning då ytledes avrinning begränsas av E45 och Rosenlundskanalens höga kajkanter.

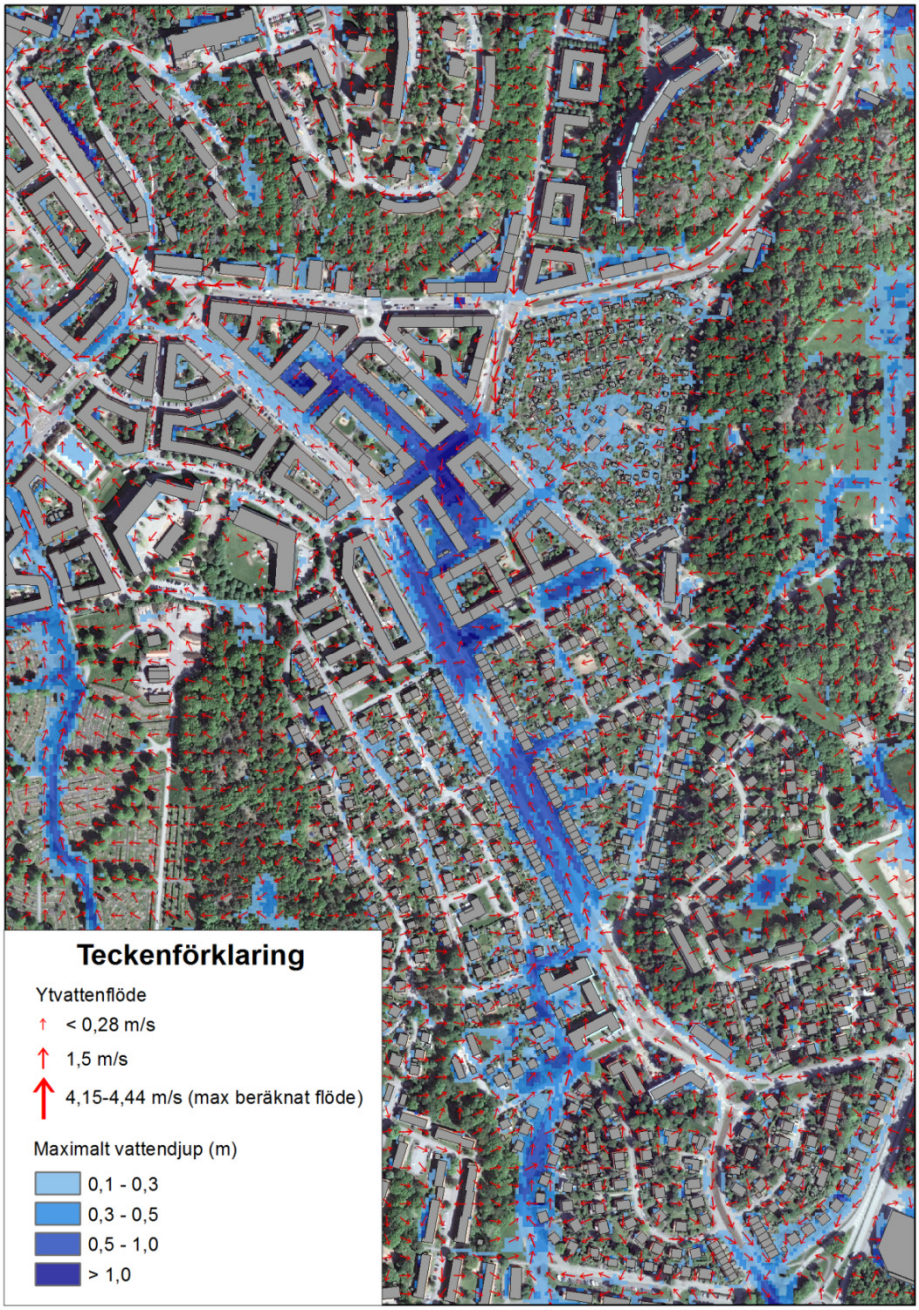
Figur 16 - 100-årsregn Linnégatan

Vid 500-årsregn förvärras situationen ytterligare i samma punkter som drabbas vid 100-årsregnet.

Figur 17 - 500-årsregn Linnégatan

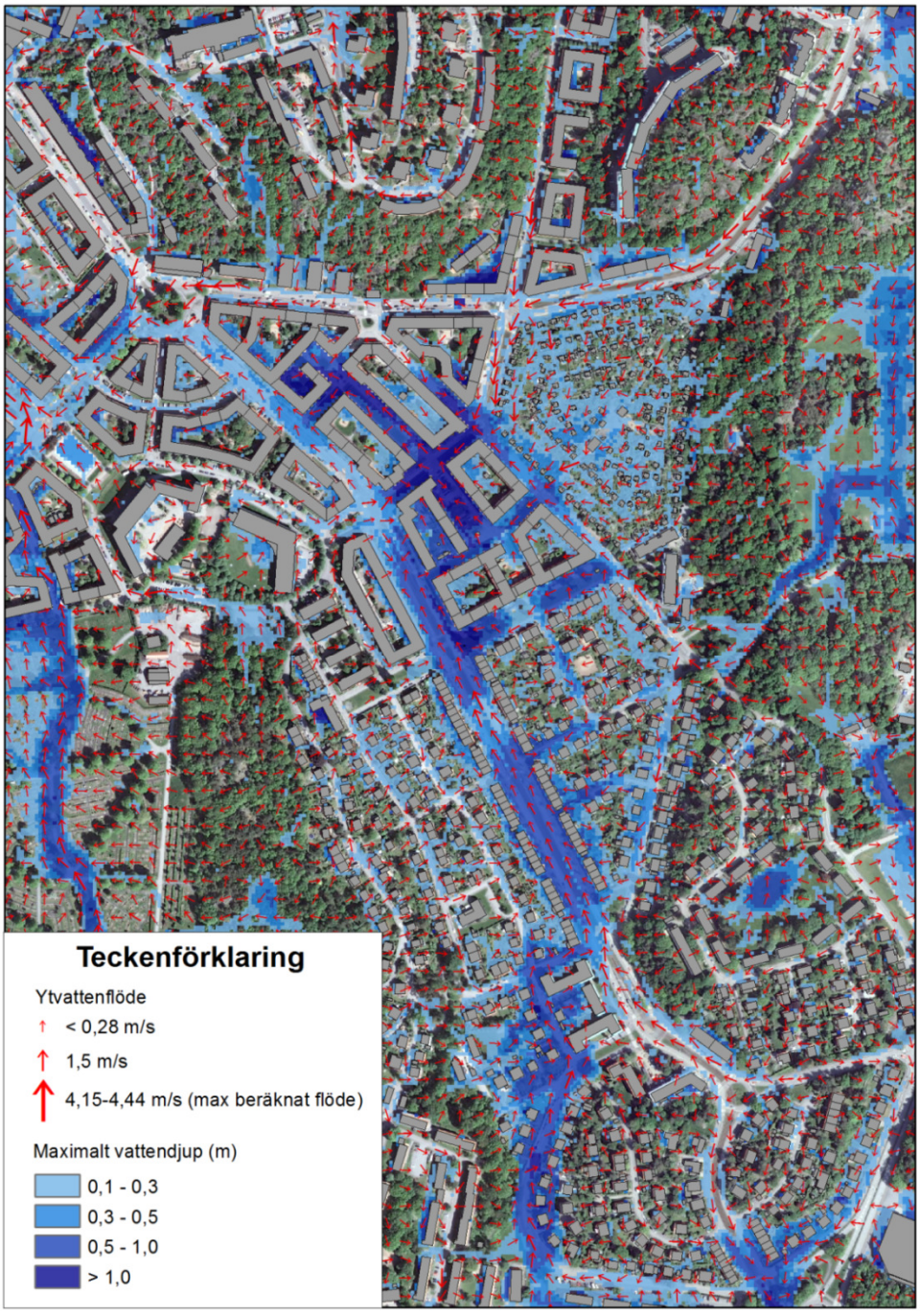
3.8 Kungsladugård

Korsningen Kungsladugårdsgatan-Ståthållaregatan och området kring gatan Lugnet är lågpunkter där vattendjupet kan stiga över 1 m. Även längs Högsbogatan finns lågpunkter där översvämningar kan ske.



Figur 18 - 100-årsregn Kungsladugårdsgatan

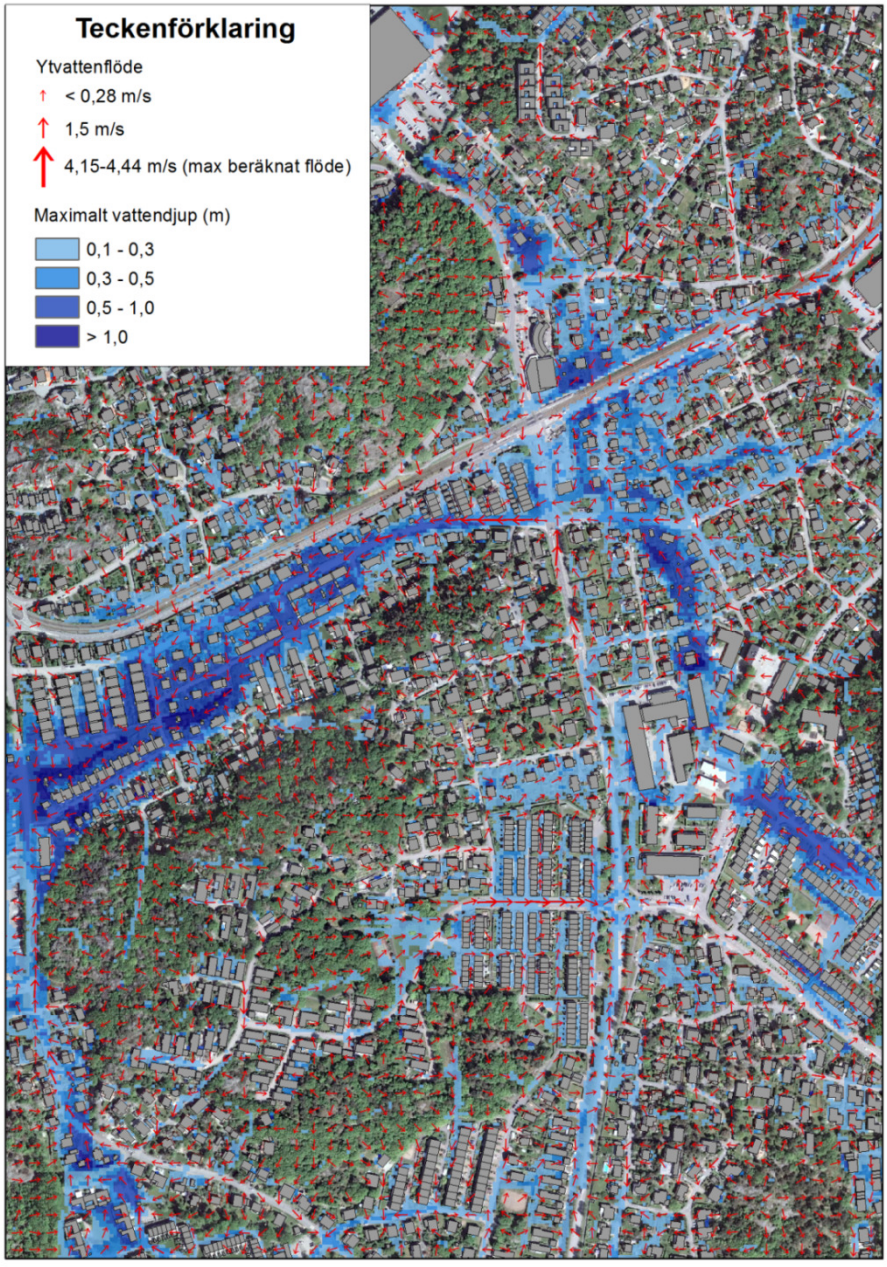
Vid 500-årsregn förvärras situationen ytterligare i samma punkter som drabbas vid 100-årsregnet.



Figur 19 - 500-årsregn Kungsladugårdsgatan

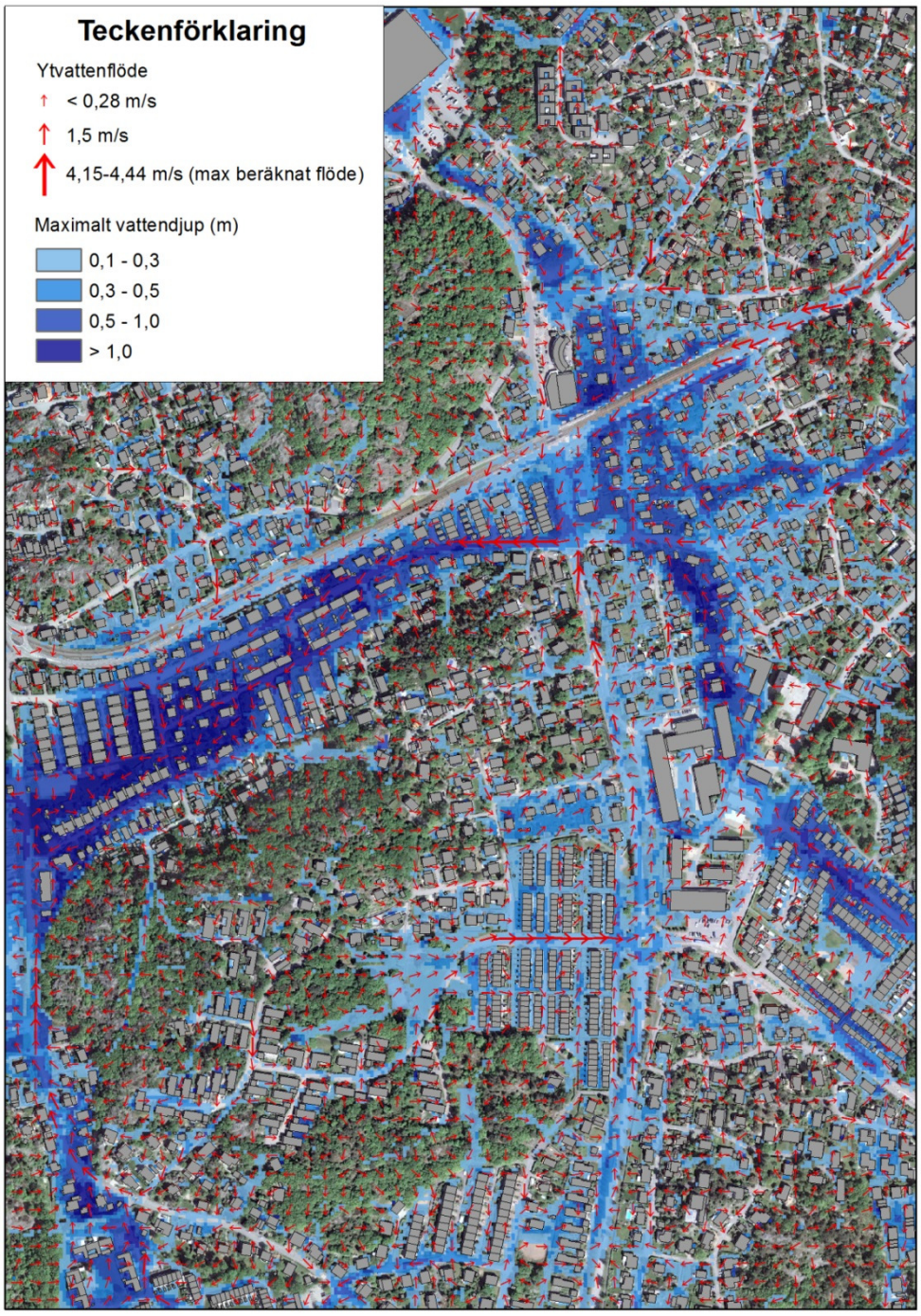
3.9 Påvelund

Vatten från nord, syd och väst ansamlas i dalsänkan. Stora vattenmängder samt lågpunkter medför att vattendjupet kan stiga över 1 m på vissa platser. Härefter avleds vattnet västerut längs Västra Palmgrensgatan med relativt hög hastighet och översvämning noteras på hela sträckan ner till småbåtshamnen.



Figur 20 - 100-årsregn Påvelund

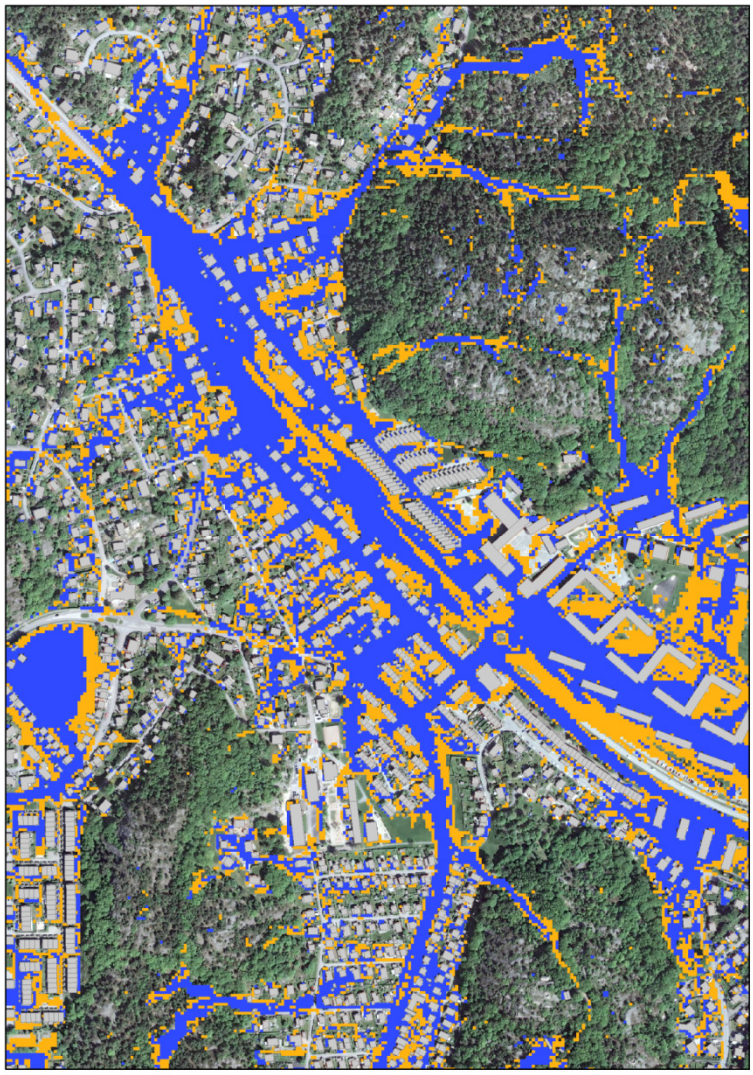
Vid 500-årsregn förvärras situationen ytterligare i samma punkter som drabbas vid 100-årsregnet.



Figur 21 - 500-årsregn Påvelund

3.10 Resultatanalys

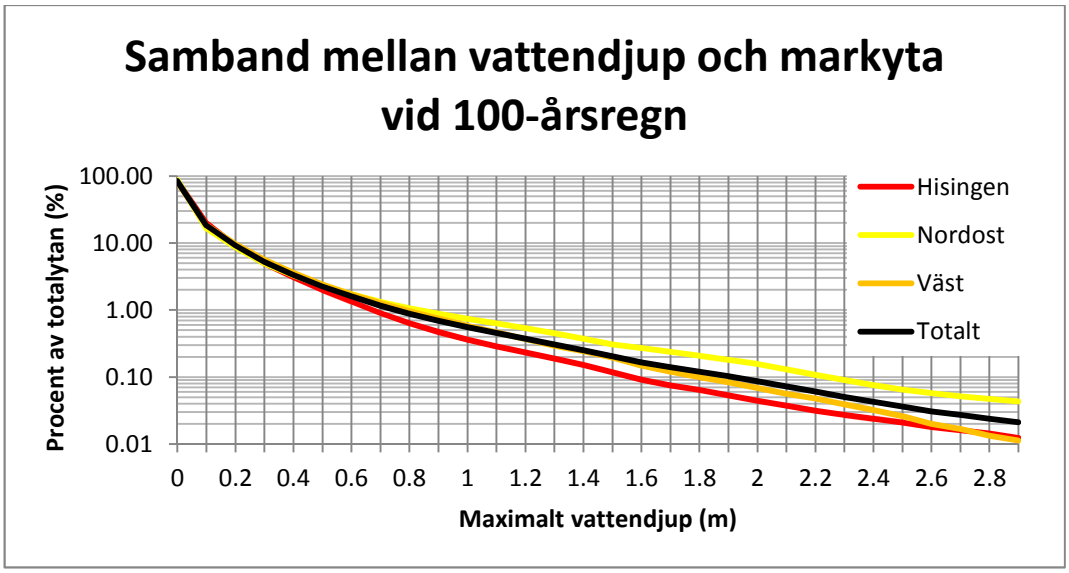
I figurerna nedan redovisas beräknande skillnader av vattendjup för regn med återkomsttider 100 och 500 år för detaljområdet Tolered.



Figur 22 - 100-årsregn (blått) och 500-årsregn (gult+blått)

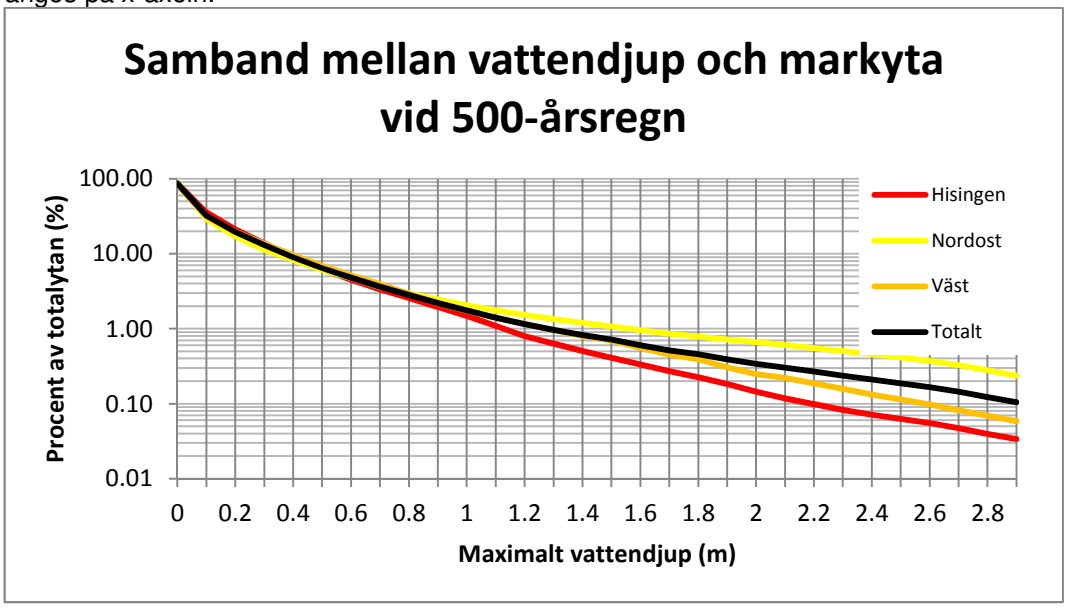
I bilden kan man tydligt se att påverkat område är betydligt större för 500-årsregn jämfört med 100-årsregnet. Den ökade vattenmängden påverkar givetvis utbredningen mer i flacka områden och vid lågpunkter.

I diagrammen i Figur 23-23 redovisas förhållandet mellan yta och vattendjup på grund av skyfall för regn med återkomsttiderna 100 och 500 år. De fyra linjerna representerar modellen av Hisingen, nordöstra modellen, västra modellen samt alla ytorna tillsammans. Observera att skalan på y-axeln är logaritmisk. Samma information återfinns i tabell 2.



Figur 23 Samband mellan vattendjup och markyta i Hisingen (röd), nordost (gul), väst (orange) och totalt (svart) vid 100-årsregn

Kurvan visar andelen av ytan (y-axeln) som översvämmas av minst vattendjupet som anges på x-axeln.



Figur 24 Samband mellan vattendjup och markyta i Hisingen (röd), nordost (gul), väst (orange) och totalt (svart) vid 500-årsregn

Värdena i tabell 2 utgörs av andel yta som drabbas av översvämning med olika djup för 100- och 500-årsregn.
För att utläsa andelen översvämmad yta inom ett visst djupspann kan värdena på dessa rader subtraheras från varandra.

Tabell 2 Andel av markytan som överstigs av respektive vattendjup

	Hisingen		Nordost		Väst		Totalt	
Djup	100-års	500-års	100-års	500-års	100-års	500-års	100-års	500-års
0	85.00	87.93	87.22	90.44	80.98	83.97	84.19	87.23
0.1	19.89	35.63	16.62	29.21	18.27	31.29	18.31	32.09
0.2	9.03	21.12	8.64	17.20	9.61	19.75	9.13	19.43
0.3	5.01	13.75	4.95	11.29	5.65	13.73	5.22	13.00
0.4	3.09	8.90	3.25	8.18	3.59	9.61	3.32	8.94
0.5	1.99	6.27	2.32	6.08	2.42	6.94	2.25	6.46
0.6	1.33	4.48	1.72	4.74	1.70	5.10	1.59	4.79
0.7	0.90	3.35	1.33	3.59	1.26	3.92	1.16	3.63
0.8	0.63	2.58	1.06	2.96	0.96	2.89	0.88	2.81
0.9	0.47	1.96	0.88	2.46	0.75	2.21	0.69	2.20
1	0.36	1.49	0.74	2.05	0.58	1.74	0.55	1.75
1.1	0.29	1.09	0.63	1.76	0.46	1.41	0.45	1.41
1.2	0.23	0.79	0.53	1.53	0.37	1.16	0.37	1.15
1.3	0.19	0.63	0.45	1.34	0.29	0.96	0.31	0.97
1.4	0.15	0.50	0.37	1.20	0.24	0.80	0.25	0.82
1.5	0.12	0.41	0.31	1.07	0.20	0.69	0.20	0.71
1.6	0.09	0.34	0.27	0.96	0.15	0.55	0.17	0.60
1.7	0.07	0.27	0.24	0.86	0.12	0.45	0.14	0.52
1.8	0.06	0.22	0.21	0.78	0.10	0.39	0.12	0.45
1.9	0.05	0.18	0.18	0.72	0.08	0.31	0.10	0.39
2	0.04	0.15	0.16	0.66	0.07	0.25	0.09	0.34
2.1	0.04	0.12	0.13	0.60	0.06	0.22	0.07	0.30
2.2	0.03	0.10	0.11	0.55	0.05	0.19	0.06	0.27
2.3	0.03	0.08	0.09	0.50	0.04	0.16	0.05	0.24
2.4	0.02	0.07	0.08	0.46	0.03	0.13	0.04	0.21
2.5	0.02	0.06	0.07	0.41	0.03	0.11	0.04	0.19
2.6	0.02	0.06	0.06	0.37	0.02	0.10	0.03	0.17
2.7	0.02	0.05	0.05	0.33	0.02	0.08	0.03	0.14
2.8	0.01	0.04	0.05	0.28	0.01	0.07	0.02	0.12
2.9	0.01	0.03	0.04	0.24	0.01	0.06	0.02	0.10

3.11 Känslighetsanalys

Resultatet är beroende av vilka parametrar som används i modelleringen. Parametrar som styr infiltration och ledningars bidrag till avledningen kan ge skillnader i resultat för ett och samma regn. I känslighetsanalysen åskådliggörs skillnaden mellan två ytterlighetsfall för 100-årsregnet, samt basfallet som referens. I spannet mellan ytterlighetsfallen bedöms översvämningsrisken kunna variera lokalt. Följande parametrar skiljer sig åt mellan de olika fallen.

Tabell 3 Justering av parametrar för modeller för känslighetsanalys

	”Bästa fall”	**Basfall**	**”Sämsta fall”**
Kapacitet i ledningsnätet från hårdgjorda ytor[7]	10-årsregn	2- eller 5-årsregn	Ingen avledning
Infiltrationshastighet	Basvärde*5	Basvärde, se bilaga 1, tabell 2.2	Basvärde/5

Sweco rekommenderar att kunskap om lokala förhållanden och skyddsvärdet på studerade objekten styr vilket fall man låter vara dimensionerande.

Skillnaden åskådliggörs i Figur 25 och Figur 26 nedan över Björlandavägen och Kärra centrum. Gul färg visar vattenutbredningen vid ”Bästa fall”, orange basfallet och rött ”Sämsta fall”.

[7] Med enstaka undantag, se avsnitt 2.4

Figur 25 - Känslighetsanalys Björlandavägen i Tolered

Figur 26 - Känslighetsanalys Kärra

4 Slutsatser

Konsekvenserna av extrema regn: ett framtida 100-årsregn och ett framtida 500-årsregn, har kartlagts med avseende på översvämningsutbredning, vattendjup och flödesvägar. Alla tre delmodellerna visar att översvämningar uppstår på ett flertal ställen i Göteborg. Vissa av dessa översvämningar framgår av kartbilderna i rapporten. Med levererat material kan motsvarande resultat för hela modellområdet studeras. Levererad modell kan användas för att simulera extrema regn med andra återkomsttider än de som presenteras i denna rapport.

Resultatet kan användas som underlag för att beräkna skadekostnad och eventuell påverkan på samhällsviktiga verksamheter. Det kan användas för att prioritera åtgärder i Göteborg och väga nyttan av olika åtgärdsalternativ mot investerings- och driftkostnaden.

Resultaten kan också användas för framtagande av beredskapsplaner och för identifiering av lämpliga modifieringar i terrängen, såsom placering av fördröjande dagvattenmagasin, skyddsvallar och alternativa ytliga avledningsvägar.

Den generella beskrivningen av ledningsnätet avleder regnvolymen som motsvarar mängden vid ett 2- eller 5-årsregn. Ledningssträckor med större kapacitet, t.ex. vägtrummor, representeras inte. Detta skapar en osäkerhet i tolkningen av resultatet. Sådana ledningssträckor bör beskrivas i kommande, mer detaljerade modelleringar.

Parametrar som styr infiltration och ledningars bidrag till avledningen ger skillnader i resultat. Med känslighetsanalysen åskådliggörs skillnaden mellan ytterlighetsfallen. Kunskap om lokala förhållanden och skyddsvärdet på studerade objekten bör styra vilket fall man låter vara dimensionerande.

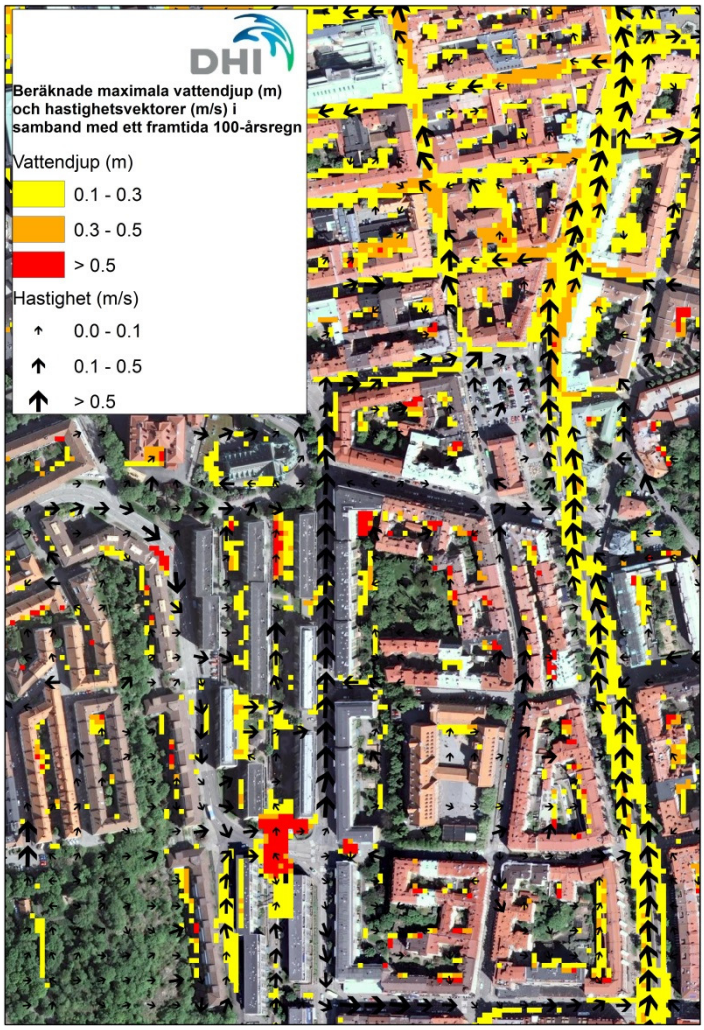
Modellerna i studien är framtagna för att simulera extremt intensiva regn (högre än 50 års återkomsttid) över ett stort område och bör endast användas för det syftet. De kan användas som underlag för modeller som även beskriver mindre regn.

Vid modellering av prioriterade och olika åtgärdsalternativ bör upplösningen på höjddata ökas till bästa möjliga med hänsyn till tillgänglig höjddata samt beräkningstider. Det kan även vara motiverat att göra en mer detaljerad kartläggning av markanvändningen.

Det rekommenderas att markavrinningsmodellen i sådana prioriterade områden sammankopplas dynamiskt med en hydraulisk modell för ledningsnätet så att hänsyn tas till ledningsnätets specifika kapacitet och vattenutbytet mellan markyta och ledningar beskrivs dynamiskt under hela avrinningsförloppet. Detta minskar osäkerheterna i resultaten och ger en mer verklighetstrogen och detaljerad beskrivning av översvämningsförloppet. Med en sådan integrerad modell kan även mindre extrema regn studeras med bibehållen tillförlitlighet.

Skyfallsanalys Göteborg

Utredning av marköversvämning vid extrema regn för Göteborgs Stad



Sweco Environment AB

Mars 2015

The expert in WATER ENVIRONMENTS

Skyfallsanalys Göteborg

Utredning av marköversvämning vid extrema regn för Göteborgs Stad

Beställare	Sweco Environment AB
Beställarens ombud	Jonas Persson

Projektledare	Cecilia Wennberg
Kvalitetsansvarig	Lars-Göran Gustafsson

Projektnummer	12802860
Godkänd	2015-03-18
Version	Version 4
Restriktioner	Inga

DHI Sverige, Stockholm • Svartmangatan 18 • • SE-SE-111 29 Stockholm • Sweden
Telephone: 0046-8-402-86 • Telefax: • •

INNEHÅLL

1 Inledning 3

2 Beräkningsförutsättningar 4
2.1 Dagvattensystemets kapacitet 7
2.2 Markens infiltrationsförmåga 7
2.3 Regnbelastning 9
2.4 Känslighetsanalys 9
2.5 Modellosäkerhet 10

3 Resultat 13

4 Slutsatser och rekommendationer 155

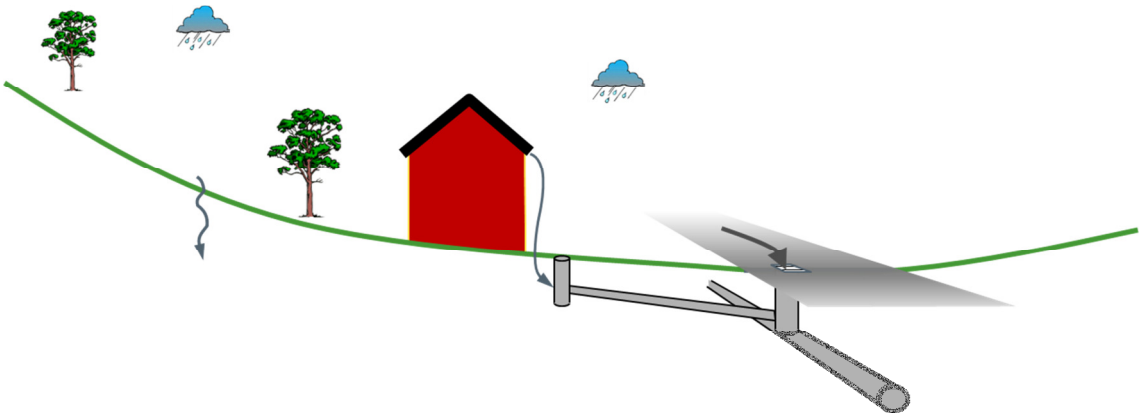
5 Referenser 155

6 Leverans 156

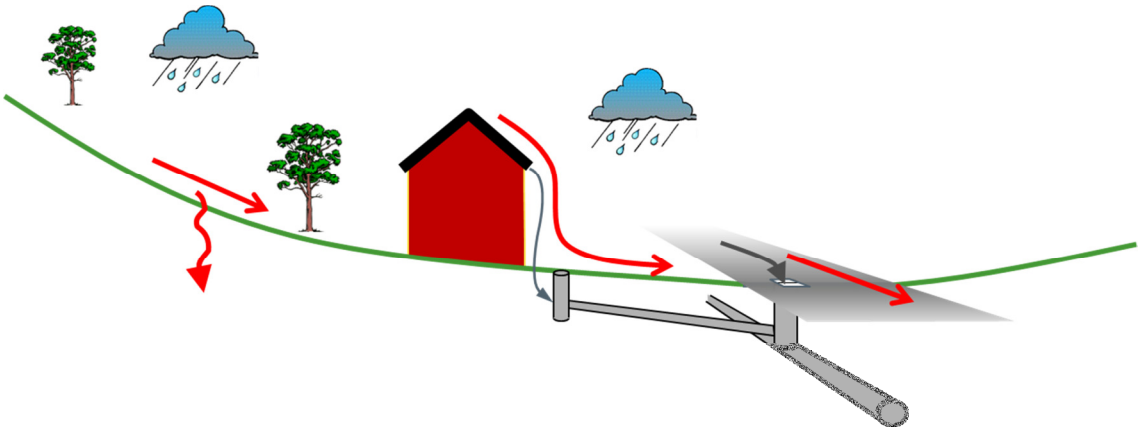
1 Inledning

Denna studie syftar till att kartlägga marköversvämningar vid extrema regn för större delen av Göteborgs stad.

Vid normala regn hanteras regnvolymen antingen genom avledning till samhällets dagvattensystem eller genom infiltration på permeabla, gröna ytor (Figur 1.1). Vid extrema regn överskrids dagvattensystemets kapacitet och markens infiltrationsförmåga vilket medför att det sker en avrinning på markytan som skapar en marköversvämning (Figur 1.2).



Figur 1.1. Principbild över vattnets transportvägar vid normala regn.



Figur 1.2. Principbild över vattnets transportvägar vid extrema regn.

Avrinnings- och översvämningsberäkningar har genomförts med hjälp av en 2D hydraulisk markavrinningsmodell. Ett framtida 100-årsregn och ett framtida 500-årsregn har analyserats. Två känslighetsanalyser har genomfört och för dessa har det framtida 100-årsregnet använts. Utifrån resultaten har översvämningsutbredning, vattendjup och flödesriktningar kartlagts. Metodiken följer den metod vilken utvecklats i det MSB-finansierade projektet ”Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå” (Mårtensson och Gustafsson, 2014).

I föreliggande PM redovisas beräkningsförutsättningar (kapitel 2), resultat (kapitel 3) samt slutsatser och rekommendationer (kapitel 4).

2 Beräkningsförutsättningar

Utifrån den nationella höjdmodellen (RH 2000, SWEREF 99 12 00) från Lantmäteriet har en tvådimensionell hydraulisk markavrinningsmodell etablerats i programvaran MIKE 21. En tvådimensionell hydraulisk modell beräknar flödet i två dimensioner, x-led och y-led. Området omfattar större delen av Göteborgs stad och har delats upp i tre modeller, Hisingen, Nordost och Väst (Figur 2.1). Den horisontella upplösningen på modellen har satts till 4 meter. Detta innebär att ett område på 4 meter gånger 4 meter representeras av ett höjdvärde. Upplösningen på resultatet blir samma som upplösningen i modellen. Alltså ett vattendjup för varje område på 4 meter gånger 4 meter. Valet av upplösning har gjorts med hänsyn till att kunna beskriva urbana strukturer tillräckligt detaljerat och samtidigt få rimliga beräkningstider.

Figur 2.1 Utredningsområde och modellområden.

Terrängmodellen har modifierats för att möjliggöra transport av vatten runt husen. Detta har genomförts genom att höja nivån för alla byggnader jämfört med omkringliggande marknivå. Det har valts att höja terrängmodellen vid byggnader med 2 meter då en allt för stor marklutning kan leda till instabiliteter i modellberäkningarna. Nivåer i viadukter har sänkts för att representera nivån under viadukten och inte nivån på vägen över. Höjderna har kontrollerats och vid behov justerats i terrängmodellen vid ett antal mer betydande vallar. Terrängmodellen har även justerats vid ett par öppna dagvattenmagasin, så att höjderna i modellen skall motsvara en dimensionerande situation då ledningsnätet är fullt. Ovan nämnda justeringar i terrängmodellen har utförts av Sweco.

Ytans råhet styr vattnets hastighet på markytan och påverkar således översvämningsförloppet. Hårdgjorda ytor har ansatts med en lägre råhet, ytorna är ofta släta och har därmed mindre motstånd som ger högre hastighet. Övriga ytor har ansatts med en högre råhet, ytorna är ofta gropiga och täckta med gräs och har därmed större motstånd vilket ger lägre hastighet. Råheten, vilken bestäms av Mannings tal, har således särskilts mellan hårdgjorda ytor och genomsläppliga ytor. Dessutom har råheten för hårdgjorda ytor differentierats med två olika Mannings tal beroende på ytornas bedömda beskaffenhet. Ansatta Mannings tal för de olika markanvändningskategorierna anges i Tabell 2.1.

Mannings tal har även anpassats för att stabilisera modellen. Höga Mannings tal kan ge instabiliteter då hastigheten blir högre än vid låga Mannings tal. Även kraftig marklutning kan ge instabiliteter då hastigheten blir högre än vid flacka områden. Kombinationen höga Mannings tal och kraftig lutning är således en större källa för instabiliteter. Mannings tal har därför sänkts beroende på marklutning. Är marklutningen mer än 20 grader ansätts Mannings tal lika med 2, är marklutningen mellan 10 – 20 grader ansätts Mannings tal lika med 10 och är lutningen mindre än 10 grader ansätts Mannings tal enligt Tabell 2.1. Därutöver har Mannings tal för alla byggnadsytor satts till 20. I de fall där Mannings tal reducerats enligt ovan på grund av markens lutning, kommer således den modellerade hastigheten att reduceras, jämfört med om råheten inte hade justerats. Konsekvensen av detta blir ett lokalt ökat vattendjup, men försumbar effekt på beräknad flödestransport. Då förändringarna är begränsade till områden med mycket höga vattenhastigheter, kommer de ökade vattendjupen inte ha någon praktisk betydelse, då vattendjupen oavsett fortfarande är mycket små.

I Tabell 2.1 visas även hur de olika markanvändningskategorierna har klassats som hårdgjorda ytor eller genomsläppliga ytor. Markanvändningen är tagen från ”Urban Atlas”. Vissa kategorier innefattar i praktiken både hårdgjorda och genomsläppliga ytor. I dessa fall har en bedömning gjorts baserat på om hårdgjorda eller genomsläppliga ytor är övervägande. Utöver vad som anges i Tabell 2.1 har samtliga byggnadsytor ansatts som hårdgjorda, dvs. ett område klassat som genomsläppligt kommer oavsett att innefatta hårdgjorda ytor där det finns byggnader. Konsekvenserna av vald kategorisering har stämts av mot ortofoton för ett par testytor.

Tabell 2.1 Kategorier med klassning (hårdgjorda eller genomsläppliga ytor) samt korresponderande Mannings tal.

GIS Kategori	Kommentar	Klassning	Mannings tal (M)
Agricultural + Semi-natural areas + Wetlands	Åker, äng mm	Genomsläpplig	2
Airports	Säve. Utanför utredningsomr.	Hårdgjord	50
Construction sites	Oklar markanvändning, betraktas konservativt som hårdgjord yta	Hårdgjord	10

Continuous Urban Fabric (S.L. > 80%)		Hårdgjord	10
Discontinuous Dense Urban Fabric (S.L.: 50% - 80%)		Hårdgjord	10
Discontinuous Medium Density Urban Fabric (S.L.: 30% - 50%)		Genomsläpplig	2
Discontinuous Low Density Urban Fabric (S.L.: 10% - 30%)		Genomsläpplig	2
Discontinuous Very Low Density Urban Fabric (S.L. < 10%)		Genomsläpplig	2
Fast transit roads and associated land		Hårdgjord	50
Other roads and associated land		Hårdgjord	50
Railways and associated land		Hårdgjord	10
Forests		Genomsläpplig	2
Green urban areas	Skogs- och parkområden inom tätort.	Genomsläpplig	2
Industrial, commercial, public, military and private units	Affärer, industrier och offentliga inrättningar. Till allra största delen hårdgjort. Kyrkogårdar och deras vägar ingår.	Hårdgjord	10
Isolated Structures		Genomsläpplig	2
Land without current use		Genomsläpplig	2
Mineral extraction and dump sites	Det som syns på ortofotot är sand, grus och gräs	Genomsläpplig	2
Port areas		Hårdgjord	50
Sports and leisure facilities	Grönt dominerar, till viss del grus. Mycket liten mängd asfalt. Omfattar vatten mellan bryggor i fritidshamnar.	Genomsläpplig	2

2.1 Dagvattensystemets kapacitet

Enligt Svenskt Vatten P90 ska våra VA-system grovt sett vara dimensionerade för att klara ett regn med 10-års återkomsttid. I verkligheten varierar kapaciteten i systemen och kan vara både högre och lägre, dock oftast lägre. Vid skyfall, dvs. regn med mycket hög återkomsttid (regnet sker sällan), är ledningssystemets kapacitet (förmågan att dränera) begränsad i förhållande till regnvolymen. Vid skyfall kommer stora mängder regn på kort tid och ledningsnätet kan inte klara av att dränera hela regnvolymen.

Hänsyn till ledningssystemets kapacitet har i beräkningarna schablonmässigt tagits genom att reducera volymen av det belastande regnet med volymen för ett 2-årsregn och 5-årsregn för olika delar av Göteborg baserat på information från Göteborgs stad. Detta avdrag har gjorts för alla hårdgjorda ytor som bedömts vara anslutna till befintligt ledningssystem. Nederbördsbelastningen beskrivs närmare under avsnitt 2.3.

I samband med känslighetsanalysen (avsnitt 2.4) har det i det ena fallet ansatts att alla ledningar är igensatta, dvs. de kan inte avleda något vatten alls, och i det andra fallet att samtliga delar av ledningsnätet kan avleda ett 10-årsregn.

2.2 Markens infiltrationsförmåga

Till terrängmodellen har kopplats en infiltrationsmodul som låter delar av vattnet infiltrera istället för att rinna av på ytan. På alla genomsläppliga ytor (gräs etc.) används infiltrationsmodulen. I modulen beskrivs jordlagrets mäktighet, jordlagrets porositet, jordlagrets infiltrationsförmåga, jordlagrets vertikala läckage till grundvattenytan i underliggande jordlager samt initial mättnadsgrad.

Jordartskartan ger information om jordlagerföljden från ca 0.5 m under markytan. I urban miljö är det rimligt att anta att det översta jordlagret i huvudsak utgörs av matjord och i rural miljö av humus. Matjord och humus kan i dessa fall antas ha en infiltrationshastighet på i storleksordningen $5 \cdot 10^{-5}$ - $5 \cdot 10^{-6}$ m/s. Dessa ytliga jordlager kan dock antas vara påverkade av underliggande jordarter, dvs. med inblandning av jordarter enligt jordartskartan. Infiltrationshastigheten har därför ansatts till ett värde som ligger mellan matjord/humus och underliggande jord (enligt jordartskartan). Det vertikala läckaget i infiltrationsmodulen utgörs av kapaciteten djupare ner i jordprofilen och är därför i större omfattning påverkad av jordarna enligt jordartskartan. Antagna infiltrations- och läckagehastigheter ses i Tabell 2.2.

Tabell 2.2 Infiltrations- och läckagehastigheter.

Jordart	Infiltrationshastighet (m/s)	Läckagehastighet (m/s)
Klass 1 - Inslag av sand och grus	5E-5	1E-5
Klass 2 - Morän	1E-5	1E-6
Klass 3 – Inslag av silt, lera och torv	5E-6	5E-7
Klass 4 – Silt och lera	1E-6	1E-7
Klass 5 - Berg	0	0

Jordlagret i infiltrationsmodulen har givits en mäktighet på 0.3 m och en porositet på 40 %. Detta innebär att lagrets totala magasinskapacitet är 120 mm (300 mm gånger 0.4). Initial vattenmängd i övre jordlagret varierar dels beroende på årstid och hur mycket det regnat under den senaste veckan, dels beroende på jordart (som har varierande portryck). Vid de studerade beräkningsfallen antas att skyfallen sker sommartid och att de föregåtts av en dryg veckas torrväder.

Genomförda modellsimuleringar innefattar den mest intensiva delen av regnet (se avsnitt 2.3) med en varaktighet på 30 minuter, men studerade regn innefattar även ett förregn. Volymen i detta förregn inkluderas därför i bedömningen av initialt vatteninnehåll i marken då beräkningen startas. Tabell 2.3 och 2.4 visar initialt vatteninnehåll. Volymen i förregnet för ett framtida 100-årsregn är 24 mm (20 % av totalt markmagasin) och för ett framtida 500-årsregn 40 mm (33 % av totalt markmagasin).

Tabell 2.3 Initial vattenmängd vid framtida 100-årsregnet (Klass 5 är ej av intresse då den ansatts ogenomsläpplig).

Jordart	Initialt torrväder (%)	Initialt förregn (%)	Initialt Totalt (%)	Effektiv magasinerings-potential (mm)
Klass 1 - Inslag av sand och grus	20	20	40	72
Klass 2 - Morän	30	20	50	60
Klass 3 – Inslag av silt, lera och torv	40	20	60	48
Klass 4 – Silt och lera	45	20	65	42

Tabell 2.4 Initial vattenmängd vid framtida 500-årsregnet (Klass 5 är ej av intresse då den ansatts ogenomsläpplig).

Jordart	Initialt torrväder (%)	Initialt förregn (%)	Initialt Totalt (%)	Effektiv magasinerings-potential (mm)
Klass 1 - Inslag av sand och grus	20	33	53	56
Klass 2 - Morän	30	33	63	44
Klass 3 – Inslag av silt, lera och torv	40	33	73	32
Klass 4 – Silt och lera	45	33	78	26

2.3 Regnbelastning

En förutsättning för att det skall vara rimligt att förenkla ledningssystemets inverkan till ett schablonmässigt avdrag från regnet, enligt avsnitt 2.1, är att regnbelastningen är så stor att den med god marginal överstiger ledningssystemets kapacitet. Ju närmre det valda regnet ligger i förhållande till ledningssystemets kapacitet, ju större blir osäkerheten i denna förenkling. T.ex. ligger ett 20-årsregn betydligt närmre ett 10-årsregn än vad ett 100-årsregn gör. Syftet med föreliggande utredning har varit att bedöma konsekvenserna vid extrema regn, dvs. skyfall med intensitet och volym som vida överstiger ledningssystemets kapacitet. I föreliggande studie har ett 100-årsregn och ett 500-årsregn valts som belastning med en pålagd klimatfaktor på 1.2. Faktorn är angiven av Göteborgs Stad och är i paritet med ett antal olika rapporter i ämnet. En klimatfaktor på 1.2 innebär att ett framtida 100-årsregn och ett framtida 500-årsregn har 20 % högre intensitet och volym än dagens 100-årsregn och dagens 500-årsregn.

Regnet är av typen CDS (Svenskt Vatten P104 sidan 65-67) och har en varaktighet på totalt sex timmar men enbart den mest intensiva 30-minutersperioden har använts som indata till markavrinningsmodellen. Intensiteten för övriga delar av regnet (för- och efterregn) är lägre än bedömd kapacitet för både ledningsnätet och markens infiltrationsförmåga. Av detta skäl kan denna förenkling göras vid beräkningen. Simuleringsperioden är satt till 3 timmar.

Vid det framtida 100-årsregnet faller ca 53 mm regn under den studerade 30-minuters-perioden (förregnet har en volym på ca 24 mm). Volymen för dagens dimensionerande 2-årsregn och 5-årsregn är ca 12 mm respektive ca 17 mm. Regnintensiteten och regnvolymen under studerad regntopp på 30 minuter har därför reducerats med 12 mm respektive 17 mm vid belastning på hårdgjorda ytor som är anslutna till ledningsnät med bedömd kapacitet motsvarande 2-årsregn respektive 5-årsregn. Således har hårdgjorda ytor kopplade till ledningssystem som kan avbörda ett 2-årsregn belastats med volymskillnaden på ca 41 mm (53-12 mm) och ledningssystem som kan avbörda ett 5-årsregn belastats med volymskillnaden på ca 36 mm (53-17 mm). Övriga ytor har belastats med hela regnvolymen, dvs. ca 53 mm. Motsvarande volymer för ett framtida 500-årsregn är; ca 91 mm under 30-minutersblocket, ca 40 mm förregn, ca 79 mm belastning vid kapacitet 2-årsregn (91-12 mm) och ca 74 mm belastning vid kapacitet 5-årsregn (91-17 mm).

2.4 Känslighetsanalys

Osäkerheter avseende markens infiltrations- och magasineringsförmåga samt ledningarnas kapacitet belyses genom känslighetsanalyser där dessa parametrar varieras inom rimliga intervall. I denna studie genomfördes två extrema känslighetsanalyser för det framtida 100-årsregnet:

- Mycket konservativa parametrar
  - Alla ledningarna är igensatta, utan förmåga att avleda något vatten.
  - Låg infiltrationskapacitet, motsvarande 1/5-del av basvärden (Tabell 2.2).
- Mycket fördelaktiga parametrar
  - Ledningskapacitet som generellt kan avleda ett 10-årsregn.
  - Hög infiltrationskapacitet, motsvarande en faktor 5 på basvärden (Tabell 2.2). Dessutom antas klass 5, berg, ha ett tunt jordtäcke, med mäktighet 0.1 m och porositet 40 % (samt total initial vattenhalt på 80 % med förutsättningar enligt Tabell 2.3, vilket ger en effektiv magasineringspotential på 8 mm).

Tabell 2.5 och 2.6 visar ansatta parametrar för de två känslighetsfallen. Initialt vatteninnehåll i markmagasinen är oförändrat i båda fallen jämfört med ansatta basvärden (Tabell 2.3), förutom justeringen för berg för det ena fallet enligt ovan.

Tabell 2.5 Infiltrations- och läckagehastigheter för konservativa parametrar (låg infiltrationskapacitet).

Jordart	Infiltrationshastighet (m/s)	Läckagehastighet (m/s)
Klass 1 - Inslag av sand och grus	1E-5	2E-6
Klass 2 - Morän	2E-6	2E-7
Klass 3 – Inslag av silt, lera och torv	1E-6	1E-7
Klass 4 – Silt och lera	2E-7	2E-8
Klass 5 - Berg	0	0

Tabell 2.6 Infiltrations- och läckagehastigheter för fördelaktiga parametrar (hög infiltrationskapacitet).

Jordart	Infiltrationshastighet (m/s)	Läckagehastighet (m/s)
Klass 1 - Inslag av sand och grus	2.5E-4	5E-5
Klass 2 - Morän	5E-5	5E-6
Klass 3 – Inslag av silt, lera och torv	2.5E-5	2.5E-6
Klass 4 – Silt och lera	5E-6	5E-7
Klass 5 - Berg	5E-5	5E-8

2.5 Modellosäkerhet

Beräkningarna har gjorts med en 2D markavrinningsmodell. Ledningssystemets kapacitet hanteras med schablonmässiga avdrag motsvarande regn med olika återkomsttid. Infiltration på permeabla ytor har hanterats med en infiltrationsmodul. Denna modul beskriver infiltrations- och magasinkapacitet i det översta jordlagret. Regnen har antagits inträffa under en hydrologiskt torr sommarperiod. Detta innebär att det översta jordlagret antagits vara relativt torrt vid regnets början. Förregnet har fyllt magasinet ytterligare vid beräkningens start, enligt avsnitt 2.2 och 2.3. Nämnda förutsättningar och antaganden har gjorts för att så långt som möjligt beskriva en trolig situation då ett skyfall inträffar. En situation där en del av vattnet hanteras via ledningssystemet eller infiltrerar. Desto mer extremt regn som studeras, desto mindre är dessa osäkerheter.

Det faktum att studerade regn antas falla under en torrare period kan i det generella fallet innebära gynnsamma förhållanden jämfört med om ett motsvarande regn skulle falla t ex senare på hösten, eller efter att det regnat ansenliga mängder dagarna före sommartid. Det kan därför förefalla naturligt att denna aspekt ingår i en känslighetsanalys. Detta påstående gäller dock främst inom områden med en relativt god infiltrationskapacitet, 1e-5 m/s eller högre (t ex morän och grövre friktionsjordar). I det aktuella fallet utgörs dock huvuddelen av området av mindre genomsläppliga jordlager med stort inslag av lera. I detta fall kommer inte

magasineringsförmågan vara avgörande, då den ändå inte hinner utnyttjas under de snabba regnförlopp som studerats, utan snarare ansatt infiltrationskapacitet i markytan. De största osäkerheterna ligger därför i bedömd infiltrationsförmåga i marken och bedömd kapacitet för ledningsnätet.

En felaktig bedömning av kapaciteten av ledningsnätet innebär i praktiken en förändrad översvämningsvolym på ca 15 % vid ett 100-årsregn. Detta om kapaciteten i verkligheten skulle motsvara ett 5-årsregn och inte ett 10-årsregn. Detta i sin tur ger en förändrad utbredningsyta och vattendjup för översvämningarna på ca 5-10 %, räknat som ett medel över ett större område. Det faktum att ledningsnätet inte beskrivs explicit, kan dock ge större avvikelser lokalt. Ett exempel på detta kan vara att vatten från uppströms områden förflyttas nedströms genom ledningsnätet, men när det når en förträngning i ledningsnätet svämmar dagvattenbrunnar över och ger marköversvämning.

Osäkerheterna i bedömd infiltrationsförmåga i marken kan lokalt vara ganska stora. I områden med stora arealer med genomsläppliga ytor är därför resultaten mer osäkra än inom bebyggelse med stor andel hårdgjord yta (se även längre ner i detta avsnitt).

Avdunstningen är en viktig faktor för hur snabbt vatteninnehållet minskar i de övre jordlagren mellan olika regn, framförallt kopplat till växternas transpiration. Hänsyn har tagits till detta vid bedömning av initialt vatteninnehåll i marken vid regnets start. Under ett kortvarigt skyfall kan dock inte avdunstningsprocesserna ha någon avgörande betydelse. Under sommaren ligger avdunstningen i genomsnitt på ca 3-4 mm/dygn. Under ett översvämningsförlopp på ett fåtal timmar, likt de som studerats här, kommer därmed avdunstningen att vara helt försumbar, och under regnets varaktighet mycket nära noll. Avdunstningen är därför inte medtagen i genomförda modellberäkningar av översvämningsförloppen.

En annan aspekt som ofta anförs som en riskfaktor vid översvämningsanalyser är is och frusen mark. Skyfall är så kallade konvektiva regn, som skapas av att varm luft tar upp fukt och stiger uppåt. Man kan därför argumentera kring sannolikheten att detta skulle kunna ske samtidigt som marken är frusen. Oavsett detta kan man dock likna det s.k. ”sämsta” känslighetsfallet, med låg infiltrationsförmåga och utan ledningsnätets kapacitet i beaktande, vid en situation med frusen mark och igenfrusna rättstensbrunnar och hängrännor. På så sätt inkluderar studerade fall även en sådan situation, hur osannolik den än kan synas.

Ytterligare antaganden som gjorts vilka bedöms kunna påverka resultaten, om än i mindre utsträckning, är:

- Brister i höjddata.
- Detaljerade urbana strukturer såsom kantstenar, murar och andra ”smala” avgränsningar kan ej hanteras av höjdmodellen. Även med en förbättrad upplösning (1-2 meter) är denna typ av strukturer svåra att få med.
- Portaler i byggnader till innergårdar, som inte finns medtaget i modellen, kan ha lokal inverkan på beräknade vattendjup.
- Andelen hårdgjorda ytor är sannolikt underskattat i vissa delar och överskattad i vissa delar av modellen. Detta styr vilket Mannings tal som ansätts samt huruvida infiltration i marken är möjlig. Å andra sidan är dagvattennätets kapacitet i samma storleksordning som infiltrationskapaciteten. Detta medför att man får liknande översvämning vid hårdgjorda ytor som har ledningsnät som vid genomsläppliga ytor utan ledningsnät.
- Råheten (Mannings tal) på permeabla ytor har satts till M=2. Det skulle, beroende på lokala förhållanden, kunna vara både högre och lägre (M=1 till 5). Sannolikt i de flesta fall högre. Detta påverkar huvudsakligen själva översvämningsförloppet och därmed de intermediära maxdjupen. Det påverkar även i viss mån beräknad infiltration (snabbare transport ger mindre tid för infiltration). Även för hårdgjorda ytor (M=10 till 50) är osäkerheterna relativt stor.

För att minska osäkerheterna rekommenderas följande:

- Genom att dynamiskt koppla markavrinningsmodellen till en hydraulisk modell för ledningsnätet (MIKE URBAN FLOOD). Här tas hänsyn till ledningsnätets specifika kapacitet och vattenutbytet mellan markytan och ledningar.
- Vid lokala, mer detaljerade studier rekommenderas att upplösningen på höjddata förbättras till bästa möjliga med hänsyn till tillgänglig höjddata samt beräkningstider. Det kan även vara motiverat att göra en kartläggning av markanvändningen mer detaljerat.

Vad gäller ovan nämnda osäkerheter i bedömd infiltrationsförmåga, är det mycket svårt att öka tillförlitligheten, även om man så skulle genomföra infiltrationsmätningar i fält. Detta då variationerna i infiltration naturligt är mycket stora, och skulle kräva mycket omfattande mätningar på ett stort antal typer av ytor för att ge ett mer tillförlitligt resultat. Denna osäkerhet bör istället hanteras genom att studera skillnaderna i resultat mellan simulerade känslighetsfall. Inom vissa områden är skillnaderna större än inom andra. Där skillnaderna är stora är det lämpligt att se dessa skillnader som en ökad riskfaktor, likt hantering av framtida klimatförändringar.

I denna studie har en klimatfaktor på 1.2 använts för att ta höjd för en framtida möjlig klimatförändring, dvs. regnintensiteten har ökats med 20 % i förhållande till dagens regnstatistik. Denna klimatfaktor rimmar visserligen med ett antal olika rapporter i ämnet, men ofta avses då den ökade dygnsvolymen för regn vid ett framtida förändrat klimat. Samtidigt har det under senaste året, med ökade möjligheter att arbeta med en finare både rumslig och tidsmässig skala för klimatmodellerna, framkommit forskningsresultat som pekar mot en mycket kraftigare klimatpåverkan för just extrema kortvariga intensiva regn, dvs. skyfall. Det anses nu inte osannolikt att denna typ av regn kan få en klimatpåverkan på uppemot 40-50 % mot slutet av detta sekel. Detta är i sig en osäkerhet vid bedömning av den framtida sannolikheten för här studerade regnintensiteter och dess konsekvenser.

2.5.1 Osäkerhet kring vattendrag

Osäkerheten i vattendjup i och kring vattendrag som är i storleksordningen 4 m breda är relativt stor. Vägtrummor beskrivs inte i modellen varvid vägar dämmer dessa vattendrag. Man får ett större översvämningsdjup än om trummorna var beskrivna (detta kan göras i en MIKE FLOOD beräkning).

Man ska även betänka att vattendjup i vattendrag inte är korrekta då åbotten inte är beskriven i höjddata.

Översvämningar vid vattendrag till följd av höga flöden är ofta större än de som uppstår till följd av skyfall, vid jämförelse av samma återkomsttid för flödet som för skyfallet. Anledningen är att rinntiden i ett vattendrags avrinningsområde ofta är mycket större än varaktigheten för ett typiskt skyfall och det är därför oftast helt andra hydrologiska situationer och regnhändelser som är kritiska för vattendrag, jämfört med avrinning i urbana miljöer. Det kan röra sig om ett snösmältningsförlopp eller ett ihållande regn under ett eller flera dygn, snarare än ett kort och intensivt skyfall som analyserats i denna studie.

Flertalet av de vattendrag som ligger inom studerat område har också ett större uppströms liggande avrinningsområde som inte innefattas av nuvarande modellområde. Eventuellt inflöde från dessa delar har inte beaktats i här redovisade beräkningar.

3 Resultat

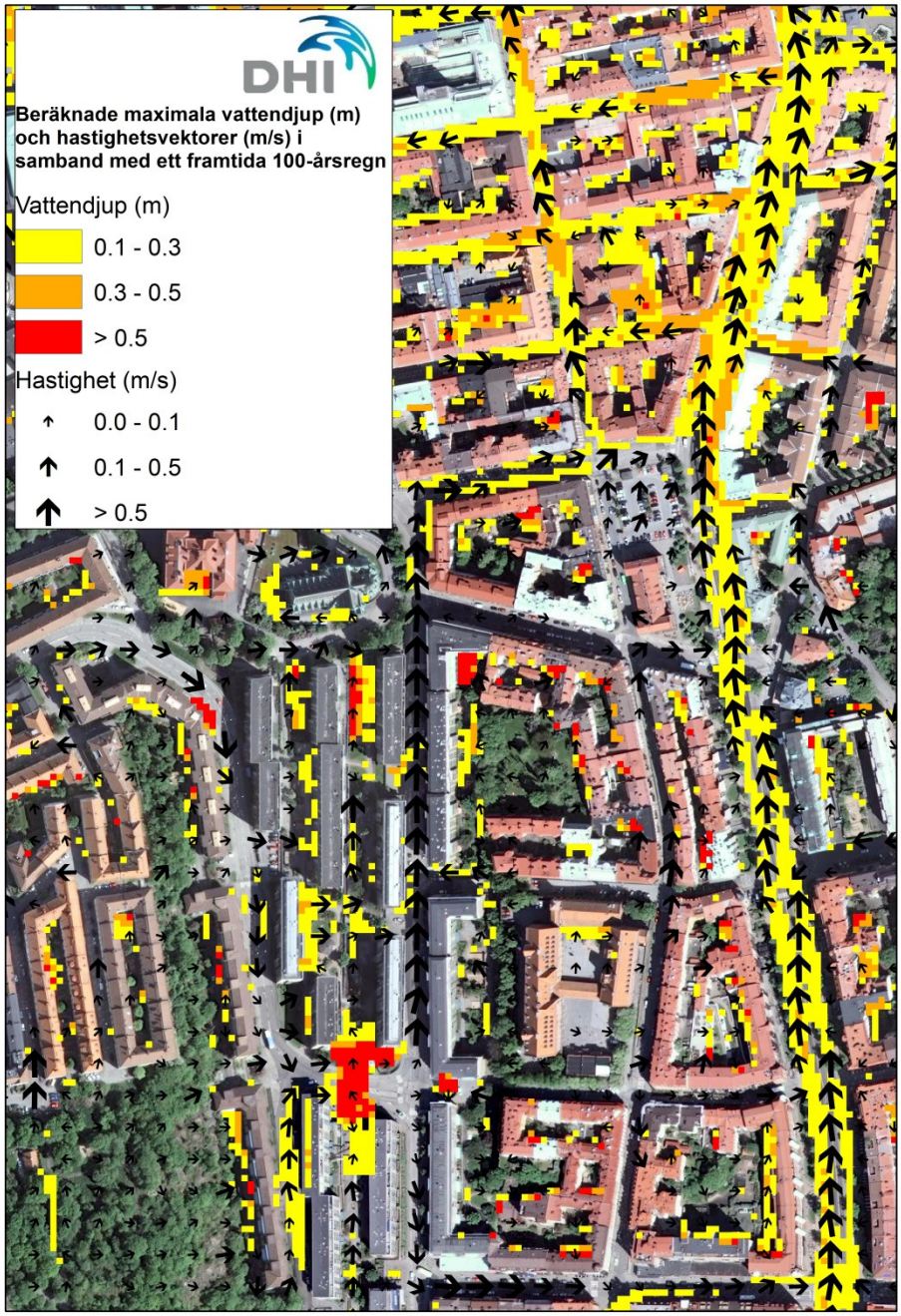
I följande avsnitt redovisas exempel på översvämningskarta som visar maximala vattendjup under översvämningsförloppet. Kartan illustrerar en situation då ledningssystemet är fullt och vattendjupen maximala, vilket i praktiken inte sker vid exakt samma tidpunkt. I takt med att vatten avbördas från ledningssystemet kommer det åter finnas möjlighet för vatten att rinna ner i detsamma.

Översvämningskartan visar områden där vatten riskerar att bli stående och orsaka en översvämning på ytan i samband med ett skyfall. För att få en uppfattning om olägenheten/skadorna/riskerna som regnet orsakar kan följande djupintervall användas som riktvärden då översvämningskartorna studeras.

- 0,1 – 0,3 m, besvärande framkomlighet
- 0,3 – 0,5 m, ej möjligt att ta sig fram med vanliga motorfordon, risk för stor skada
- > 0,5 m, ej möjligt att ta sig fram med brandbil, risk för hälsa och liv

Viktigt är att samtidigt ha i åtanke att översvämningar, dvs. ansamlingar av vatten på markytan, inte nödvändigtvis utgör ett problem. Problem uppstår när vattnet orsakar en värdeförlust, påverkar kommunikation/transport, eller vid risk för hälsa och liv. Exempelvis uppstår sällan en värdeförlust då grönytor översvämmas medan stora värden kan gå förlorade då t.ex. ett villaområde eller större trafikled drabbas.

Ett exempel från beräkningsresultatet över maximala vattendjup och hastigheter visas nedan i Figur 3.1. Levererade ArcGIS-filer (se kapitel 6) kan använda för att generera kartor över intresseområden på motsvarade sätt.



Figur 3.1 Beräknade maximala vattendjup och hastigheter i Göteborg i samband med ett framtida 100-årsregn.

4 Slutsatser och rekommendationer

Konsekvenserna av ett extremt regn, ett framtida 100-årsregn och ett framtida 500-årsregn, har kartlagts med avseende på översvämningsutbredning, vattendjup och flödesvägar. Resultaten kan bland annat användas för:

- Bedömning av påverkan på samhällsviktig verksamhet
- Bedömning av skadekostnader
- Framtagande av beredskapsplaner
- Identifiering av lämpliga modifieringar i terrängen, såsom placering av fördröjande dagvattenmagasin, skyddsvallar och alternativa ytliga avledningsvägar.

Resultat utgör också ett utmärkt underlag för prioritering av områden för mer detaljerade studier där konsekvenserna bedöms vara stora och där åtgärder bedöms nödvändiga.

Det rekommenderas att markavrinningsmodellen i sådana prioriterade områden sammankopplas dynamiskt med en hydraulisk modell för ledningsnätet så att hänsyn kan tas till ledningsnätets specifika kapacitet och vattenutbytet mellan markyta och ledningar kan beskrivas dynamiskt under hela avrinningsförloppet. Detta minskar osäkerheterna i resultaten och ger en mer verklighetstrogen och detaljerad beskrivning av översvämningsförloppet. Med en sådan integrerad modell kan även mindre extrema regn studeras med bibehållen tillförlitlighet.

Vid lokala, mer detaljerade studier bör det även övervägas att öka upplösningen på höjddata till bästa möjliga med hänsyn till tillgänglig höjddata samt beräkningstider. Det kan även vara motiverat att göra en kartläggning av markanvändningen mer detaljerat.

5 Referenser

Mårtensson E, Gustafsson L-G (2014). Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå. MSB, mars 2014.

6 Leverans

Följande levereras digitalt:

- Modellfiler (m21 och dfs2)
- Resultatfiler (dfs2)
- Översvämningsutbredning/ maximala vattendjup i ArcGIS rasterformat (ASCII).
- Hastighetsvektorer i ArcGIS shapeformat.

Tabell 6.1, 6.2 och 6.3 visar samtliga levererade filer.

Tabell 6.1 Levererade filer Hisingen.

	Modellfiler:	filtyp:	Notering:
	Goteborg_Hisingen	m21	MIKE21 Projekt - Base case (P100F)
	Goteborg_Hisingen_BestCase	m21	MIKE21 Projekt - Best case (P100F)
	Goteborg_Hisingen_WorstCase	m21	MIKE21 Projekt - Worst case (P100F)
	Goteborg_Hisingen_P500F	m21	MIKE21 Projekt - P500F
	Infiltration	dfs2	Infiltration - Base case
	Infiltration_BestCase	dfs2	Infiltration - Best case
	Infiltration_WorstCase	dfs2	Infiltration - Worst case
	InfiltrationP500F	dfs2	Infiltration - Base case med andra "initial conditions" (förregn större volym)
	Manning_Hisingen_02	dfs2	Manningstal
	NNH_Hisingen_06	dfs2	Slutlig topografi
	P100F	dfs2	Framtida 100-årsregn
	P100F_BestCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar kan dränera P10
	P100F_WorstCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar är igensatta och ingen dränering sker via lednigsnätet
	P500F	dfs2	Framtida 500-årsregn
	Resultatfiler:		
BaseCase	Hisingen	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer	Shape	Hastighetsvektorer
BestCase	Hisingen_BestCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_BestCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer_BestCase	Shape	Hastighetsvektorer
WorstCase	Hisingen_WorstCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_WorstCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer_WorstCase	Shape	Hastighetsvektorer
P500F	Hisingen_P500F	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_P500F_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer_P500F	Shape	Hastighetsvektorer

Tabell 6.2 Levererade filer Nordost.

	Modellfiler:	filtyp:	Notering:
	Goteborg_Nordost	m21	MIKE21 Projekt - Base case (P100F)
	Goteborg_Nordost_BestCase	m21	MIKE21 Projekt - Best case (P100F)
	Goteborg_Nordost_WorstCase	m21	MIKE21 Projekt - Worst case (P100F)
	Goteborg_Nordost_P500F	m21	MIKE21 Projekt - P500F
	Infiltration	dfs2	Infiltration - Base case
	Infiltration_BestCase	dfs2	Infiltration - Best case
	Infiltration_WorstCase	dfs2	Infiltration - Worst case
	InfiltrationP500F	dfs2	Infiltration - Base case med andra "initial conditions" (förregn större volym)
	Manning_Nordost_02	dfs2	Manningstal
	NNH_Nordost_06	dfs2	Slutlig topografi
	P100F	dfs2	Framtida 100-årsregn
	P100F_BestCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar kan dränera P10
	P100F_WorstCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar är igensatta och ingen dränering sker via lednigsnätet
	P500F	dfs2	Framtida 500-årsregn
	Resultatfiler:		
BaseCase	Nordost	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer	Shape	Hastighetsvektorer
BestCase	Nordost_BestCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_BestCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer_BestCase	Shape	Hastighetsvektorer
WorstCase	Nordost_WorstCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_WorstCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer_WorstCase	Shape	Hastighetsvektorer
P500F	Nordost_P500F	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_P500F_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer_P500F	Shape	Hastighetsvektorer

Tabell 6.3 Levererade filer Väst.

	Modellfiler:	filtyp:	Notering:
	Goteborg_Vast	m21	MIKE21 Projekt - Base case (P100F)
	Goteborg_Vast_BestCase	m21	MIKE21 Projekt - Best case (P100F)
	Goteborg_Vast_WorstCase	m21	MIKE21 Projekt - Worst case (P100F)
	Goteborg_Vast_P500F	m21	MIKE21 Projekt - P500F
	Infiltration	dfs2	Infiltration - Base case
	Infiltration_BestCase	dfs2	Infiltration - Best case
	Infiltration_WorstCase	dfs2	Infiltration - Worst case
	InfiltrationP500F	dfs2	Infiltration - Base case med andra "initial conditions" (förregn större volym)
	Manning_Vast_02	dfs2	Manningstal
	NNH_Vast_06	dfs2	Slutlig topografi
	P100F	dfs2	Framtida 100-årsregn
	P100F_BestCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar kan dränera P10
	P100F_WorstCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar är igensatta och ingen dränering sker via lednigsnätet
	P500F	dfs2	Framtida 500-årsregn
	Resultatfiler:		
BaseCase	Vast	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer	Shape	Hastighetsvektorer
BestCase	Vast_BestCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_BestCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer_BestCase	Shape	Hastighetsvektorer
WorstCase	Vast_WorstCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_WorstCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer_WorstCase	Shape	Hastighetsvektorer
P500F	Vast_P500F	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_P500F_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer_P500F	Shape	Hastighetsvektorer

BILAGA 2

2015-02-25

Förteckning av dataleverans

- Modellfiler (m21 och dfs2)
- Resultatfiler (dfs2)
- Översvämningsutbredning/ maximala vattendjup i ArcGIS rasterformat (ASCII, TIFF och lyr).
- Hastighetsvektorer i ArcGIS shape- och lyr-format.

Tabell 1 Levererade filer Sweco 2015

Filnamn	Filformat	Innehåll
Layout_hastighetsvektorer	lyr	Layout hastighetsvektorer, (till shape-filerna i tabell 2-4)
Layout_Maximalt_vattendjup	lyr	Layout vattendjup
Hisingen_BaseCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn basfall Hisingen
Hisingen_BestCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn bästa scenario Hisingen
Hisingen_WorstCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn värsta scenario Hisingen
Hisingen_P500F	TIFF	Vattendjup 500-årsregn Hisingen
Nordost_BaseCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn basfall nordost
Nordost_BestCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn bästa scenario nordost
Nordost_WorstCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn värsta scenario nordost
Nordost_P500F	TIFF	Vattendjup 500-årsregn nordost
Vast_BaseCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn basfall väst
Vast_BestCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn bästa scenario väst
Vast_WorstCase	TIFF	Vattendjup 100-årsregn värsta scenario väst
Vast_P500F	TIFF	Vattendjup 500-årsregn väst

Sökväg till tiff-filer och layout (lyr) för vattendjup: Dataleverans_till_KoV\\Vattendjup_TIFF

Sökväg till layoutfil (lyr) för hastighetsvektorer: Dataleverans_till_KoV

Sweco
Gullbergs Strandgata 3
Box 2203
SE-411 04 Göteborg, Sverige
Telefon +46 (0) 31 62 75 00
Fax +46 (0) 31 62 77 22
www.sweco.se

Sweco Environment AB
Org.nr 556346-0327
Styrelsens säte: Stockholm

Jonas Persson
Civilingenjör
Göteborg
Telefon direkt +46 (0)31629088
Mobil +46 (0)732415450
jonas.persson@sweco.se

Tabell 2 Levererade filer Hisingen (DHI, 2015)

	Modellfiler:	filtyp:	Notering:
	Goteborg_Hisingen	m21	MIKE21 Projekt - Base case (P100F)
	Goteborg_Hisingen_BestCase	m21	MIKE21 Projekt - Best case (P100F)
	Goteborg_Hisingen_WorstCase	m21	MIKE21 Projekt - Worst case (P100F)
	Goteborg_Hisingen_P500F	m21	MIKE21 Projekt - P500F
	Infiltration	dfs2	Infiltration - Base case
	Infiltration_BestCase	dfs2	Infiltration - Best case
	Infiltration_WorstCase	dfs2	Infiltration - Worst case
	InfiltrationP500F	dfs2	Infiltration - Base case med andra "initial conditions" (förregn större volym)
	Manning_Hisingen_02	dfs2	Manningstal
	NNH_Hisingen_06	dfs2	Slutlig topografi
	P100F	dfs2	Framtida 100-årsregn
	P100F_BestCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar kan dränera P10
	P100F_WorstCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar är igensatta och ingen dränering sker via lednigsnätet
	P500F	dfs2	Framtida 500-årsregn
	Resultatfiler:		
BaseCase	Hisingen	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer	Shape	Hastighetsvektorer
BestCase	Hisingen_BestCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_BestCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer_BestCase	Shape	Hastighetsvektorer
WorstCase	Hisingen_WorstCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_WorstCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer_WorstCase	Shape	Hastighetsvektorer
P500F	Hisingen_P500F	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Hisingen_P500F_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Hisingen_HastighetsVektorer_P500F	Shape	Hastighetsvektorer

Sökväg modellfiler: Dataleverans_till_KoV\Hisingen.zip\Hisingen\Modeller

Sökväg resultatfiler ASCII och shape: Dataleverans_till_KoV\Hisingen.zip\Hisingen\Resultat

Sökväg resultatfiler dfs2: Dataleverans_till_KoV\Resultat_dfs2_Hisingen***"scenariots namn"***.zip

Tabell 3 Levererade filer Nordost (DHI, 2015)

	Modellfiler:	filtyp:	Notering:
	Goteborg_Nordost	m21	MIKE21 Projekt - Base case (P100F)
	Goteborg_Nordost_BestCase	m21	MIKE21 Projekt - Best case (P100F)
	Goteborg_Nordost_WorstCase	m21	MIKE21 Projekt - Worst case (P100F)
	Goteborg_Nordost_P500F	m21	MIKE21 Projekt - P500F
	Infiltration	dfs2	Infiltration - Base case
	Infiltration_BestCase	dfs2	Infiltration - Best case
	Infiltration_WorstCase	dfs2	Infiltration - Worst case
	InfiltrationP500F	dfs2	Infiltration - Base case med andra "initial conditions" (förregn större volym)
	Manning_Nordost_02	dfs2	Manningstal
	NNH_Nordost_06	dfs2	Slutlig topografi
	P100F	dfs2	Framtida 100-årsregn
	P100F_BestCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar kan dränera P10
	P100F_WorstCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar är igensatta och ingen dränering sker via lednigsnätet
	P500F	dfs2	Framtida 500-årsregn
	Resultatfiler:		
BaseCase	Nordost	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer	Shape	Hastighetsvektorer
BestCase	Nordost_BestCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_BestCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer_BestCase	Shape	Hastighetsvektorer
WorstCase	Nordost_WorstCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_WorstCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer_WorstCase	Shape	Hastighetsvektorer
P500F	Nordost_P500F	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Nordost_P500F_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Nordost_HastighetsVektorer_P500F	Shape	Hastighetsvektorer

Sökväg modellfiler: Dataleverans_till_KoV\Nordost.zip\Hisingen\Modeller

Sökväg resultatfiler ASCII och shape: Dataleverans_till_KoV\Nordost.zip\Nordost\Resultat

Sökväg resultatfiler dfs2: Dataleverans_till_KoV\Resultat_dfs2_Nordost***"scenariots namn"***.zip

Tabell 4 Levererade filer Väst (DHI, 2015)

	Modellfiler:	filtyp:	Notering:
	Goteborg_Vast	m21	MIKE21 Projekt - Base case (P100F)
	Goteborg_Vast_BestCase	m21	MIKE21 Projekt - Best case (P100F)
	Goteborg_Vast_WorstCase	m21	MIKE21 Projekt - Worst case (P100F)
	Goteborg_Vast_P500F	m21	MIKE21 Projekt - P500F
	Infiltration	dfs2	Infiltration - Base case
	Infiltration_BestCase	dfs2	Infiltration - Best case
	Infiltration_WorstCase	dfs2	Infiltration - Worst case
	InfiltrationP500F	dfs2	Infiltration - Base case med andra "initial conditions" (förregn större volym)
	Manning_Vast_02	dfs2	Manningstal
	NNH_Vast_06	dfs2	Slutlig topografi
	P100F	dfs2	Framtida 100-årsregn
	P100F_BestCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar kan dränera P10
	P100F_WorstCase	dfs2	Känslighetskörning, antaget att alla ledningar är igensatta och ingen dränering sker via lednigsnätet
	P500F	dfs2	Framtida 500-årsregn
	Resultatfiler:		
BaseCase	Vast	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer	Shape	Hastighetsvektorer
BestCase	Vast_BestCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_BestCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer_BestCase	Shape	Hastighetsvektorer
WorstCase	Vast_WorstCase	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_WorstCase_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer_WorstCase	Shape	Hastighetsvektorer
P500F	Vast_P500F	dsf2	Hela simuleringen, alla tidssteg
	MaxWaterDepth_Vast_P500F_02	ASCII	Slutliga korrigerade resultat
	Vast_HastighetsVektorer_P500F	Shape	Hastighetsvektorer

Sökväg modellfiler: Dataleverans_till_KoV\Vast.zip\Hisingen\Modeller

Sökväg resultatfiler ASCII och shape: Dataleverans_till_KoV\Vast.zip\Vast\Resultat

Sökväg resultatfiler dfs2: Dataleverans_till_KoV\Resultat_dfs2_Vast***"scenariots namn"***.zip