

SKYFALLSUTREDNING – HUMLEGÅRDEN, BIRGER JARLSGATAN OCH BERZELII PARK

HYDRAULISK MODELLERING OCH ÅTGÄRDSANALYS

2020-06-24



Skyfallsutredning – Humlegården, Birger Jarlsgatan och Berzelii Park

Hydraulisk modellering och åtgärdsanalys

KUND

Demo case inom EU projektet Clarity

KONSULT

WSP Bro & Vattenbyggnad

WSP Sverige AB
121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10 7225000

wsp.com

KONTAKTPERSONER

Sofia Thurin
sofia.thurin@wsp.com
010-722 83 05

Gunilla Kaiser
gunilla.kaiser@wsp.com
010-722 95 38

UPPDRAGSNAMN
Clarity

UPPDRAGSNUMMER
10253048

FÖRFATTARE
Sofia Thurin

DATUM
2020-06-24

ÄNDRINGSDATUM
2020-09-09

Granskad av
Gunilla Kaiser

INNEHÅLL

1	INLEDNING	4
1.1	BAKGRUND	4
1.2	SYFTE	4
2	OMRÅDESBESKRIVNING	4
3	METOD	6
4	BEFINTLIG SKYFALLSPROBLEMATIK	6
5	ANALYS AV MÖJLIGA ÅTGÄRDER I SCALGO	9
6	SKYFALLSMODELLERING MED ÅTGÄRDER	11
7	JÄMFÖRELSE - SKYFALLSMODELLERING MED OCH UTAN ÅTGÄRDER	13
8	ANALYS AV FARA FÖR MÄNNISKORS LIV	16
9	JÄMFÖRELSE RESULTAT AV HYDRAULISK MODELLERING OCH ANALYS I SCALGO	17
10	SLUTSATSER	18
11	REFERENSER	19

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

WSP har inom projektet Clarity utfört ett demo case för att visa ett exempel på en klimatanpassningsstudie på lokal/slutanvändarnivå. Inom demo caset har en detaljerad skyfallsmodellering för avrinningsområdet till Birger Jarlsgatan, Humlegården och Berzelii park inom Stockholm stad utförts. Syftet har varit att testa en metod för skyfallsutredning med åtgärdsanalys som ska kunna appliceras i andra städer där det finns en skyfallsproblematik.

Uppdraget har utförts i samarbete med miljöförvaltningen i Stockholm stad, som också har ingått i projektet Clarity. Flera referensgruppsmöten har hållits med representanter från Stockholm stad: Trafikkontoret, Stadsbyggnadskontoret, Miljöförvaltningen, Stockholm Vatten och Avfall, Parkmiljöavdelningen Norra innerstaden (SDF) samt Fastighetsverket. Vid dessa möten har val av åtgärder diskuterats i syfte att utreda för staden rimliga åtgärder att genomföra.

1.2 SYFTE

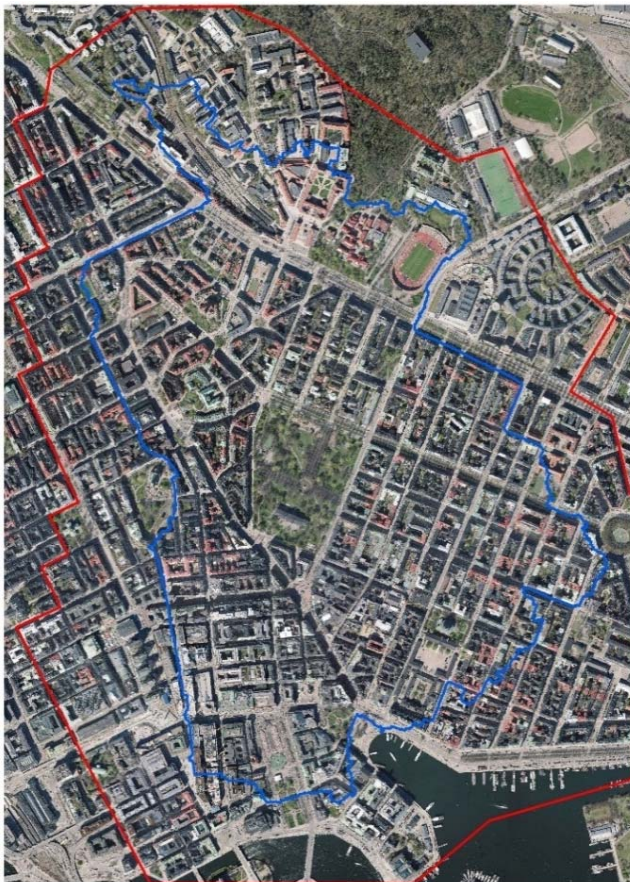
Syftet med utredningen har varit att identifiera åtgärder för att minimera de negativa konsekvenserna av skyfall längs Birger Jarlsgatan, Biblioteksgatan och i Berzelii Park. Dessutom ingick att utvärdera resultaten av åtgärdsförslag i Scalgo med hydraulisk modellering för att beskriva vilka begränsningar som finns i Scalgo vid åtgärdsanalyser för skyfall. Fokus på utredningen har varit att minska översvämningssutbredningen vid Berzelii Park, Norrmalms torg och Biblioteksgatan men också se över om det är möjligt att minska vattendjupet längs Birger Jarlsgatan.

2 OMRÅDESBESKRIVNING

Det utvalda området ligger på gränsen mellan stadsdelarna Norrmalm och Östermalm, där Birger Jarlsgatan utgör gränslinjen. För lokalisering av viktiga gator, torg och parker som benämns i pm:et, se Figur 1. Avrinningsområdet tillsammans med avgränsningen av modellområdet till Birger Jarlsgatan och Berzelii park redovisas i Figur 2. Storleken på avrinningsområdet är ca 2 km².



Figur 1 Områdesbeskrivning, lokalisering av Birger Jarlsgatan, Biblioteksgatan, Norrmalms torg, Humlegården, Berzelii park och Raoul Wallenbergs torg.



Figur 2 I blått, avrinningsområdet till Berzelii och Birger Jarlsgatan och i rött avgränsningen för modellområdet.

3 METOD

En ny detaljerad skyfallsmodell har byggts upp för avrinningsområdet till Birger Jarlsgatan och Berzelii park. Modellen har byggts upp med samma antaganden för infiltrationskapaciteten på grönytor samt för ledningsnätets kapacitet som den översiktliga skyfallsmodellen för Stockholm stad men med en mindre gridstorlek. I den nya detaljerade modellen har höjdmodellen en gridstorlek på 1×1 m jämfört med höjdmodellen för den översiktliga karteringen som har en gridstorlek på 4×4 m. Modellen har belastats med ett CDS-regn med en varaktighet på 6 timmar och en klimatkfaktor på 1,25. Ett schablonavdrag har gjorts för ledningsnätets kapacitet på de hårdgjorda ytorna motsvarande ett 10-årsregn med en klimatkfaktor på 1,25. På grönyterna har en infiltrationsmodul använts för att beskriva infiltrationen i marken. För beskrivning av ingående parametrar i modellen se rapport (WSP, 2018). Det är viktigt att poängtera att det endast är noggrannheten i höjdmodellen som har förbättrats i denna detaljerade modell vilket medför bättre beskrivning av flödesvägar och bättre möjlighet att lägga in åtgärder. Däremot kvarstår de stora osäkerheterna i beskrivning av infiltrationen i marken och ledningsnätets kapacitet vilket också är de största osäkerheterna i denna typ av modeller.

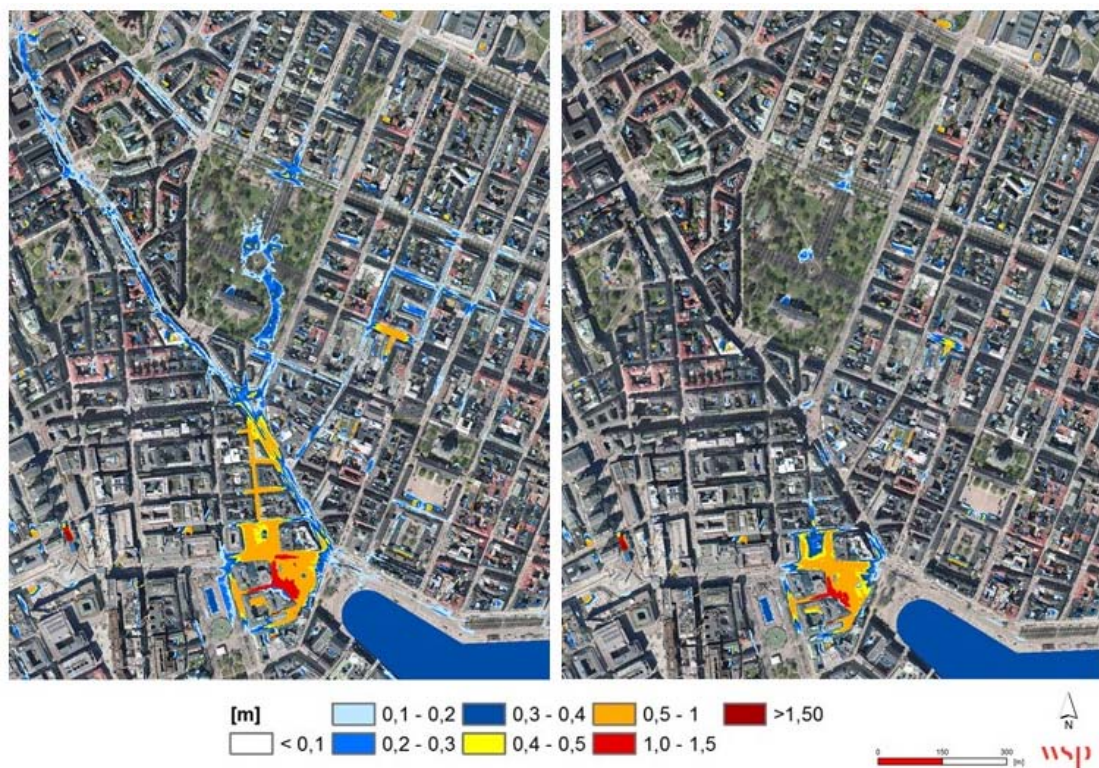
Skyfallsmodellen uppbyggd i programmet MIKE21 har använts för att ta fram ett nytt befintligt scenario samt simulera valda åtgärder för att kontrollera om översvämningssituationen förbättras om åtgärderna skulle utföras. Eftersom skyfallsmodellen tar lång tid att köra har analysen av vilka åtgärder som vore lämpliga att testa i skyfallsmodellen utförts i Scalgo. Scalgo är ett GIS-baserat verktyg i vilket man kan analysera flödesvägar och hur stora volymer som skulle ansamlas i lågpunkter vid skyfall. Följande moment har ingått i utredningen.

- Skyfallsmodell för befintligt scenario
- Analys av flöden och volymer från resultaten av befintlig skyfallsmodell.
- Testa möjliga åtgärder i Scalgo
- Ta fram den/de åtgärder som är mest lämpliga och modellera dessa i MIKE21

Beräknade vattennivåer redovisas med två decimalers noggrannhet för att kunna jämföra effekterna med åtgärder och skillnaden mellan beräknade vattennivåer i Scalgo och med hydraulisk modellering i MIKE21. Dock är det viktigt att redovisade nivåer, flöden och volymer bedöms med hänsyn till de förenklingar och generaliseringar som finns i denna typ av beräkningar och inte detaljstuderar. Samtliga höjduppgifter är angivna i RH2000.

4 BEFINTLIG SKYFALLSPROBLEMATIK

Resultatet av nulägesmodellering med den nya detaljerade skyfallsmodellen stämmer väl överens med resultaten från den översiktliga skyfallsmodellen för Stockholm stad. I Figur 3 redovisas beräknat maximalt vattendjup under hela simuleringen samt beräknade vattendjup efter 6 timmar simulering, dvs. drygt 2 timmar efter att regnet upphört. I Figur 4 redovisas maximala flöden. Med maximalt vattendjup respektive maximalt flöde menas maximalt vattendjup/flöde för varje beräkningsruta över hela beräkningen, det finns alltså ingen tid kopplad till maximalt vattendjup.



Figur 3 Resultat av modellering befintliga förhållanden, till vänster maximala vattendjup och till höger vattendjup drygt 2 timmar efter att regnet upphört.

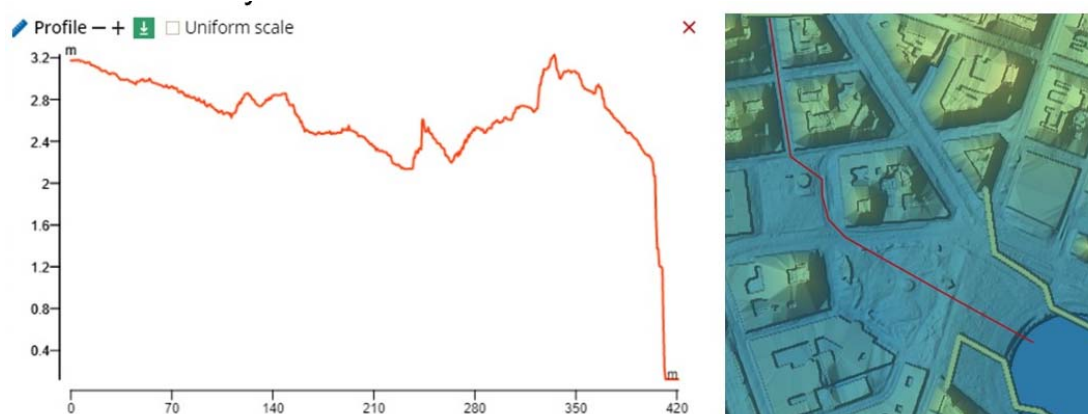


Figur 4 Resultat från modellering befintliga förhållanden, maximala flöden under simuleringen.

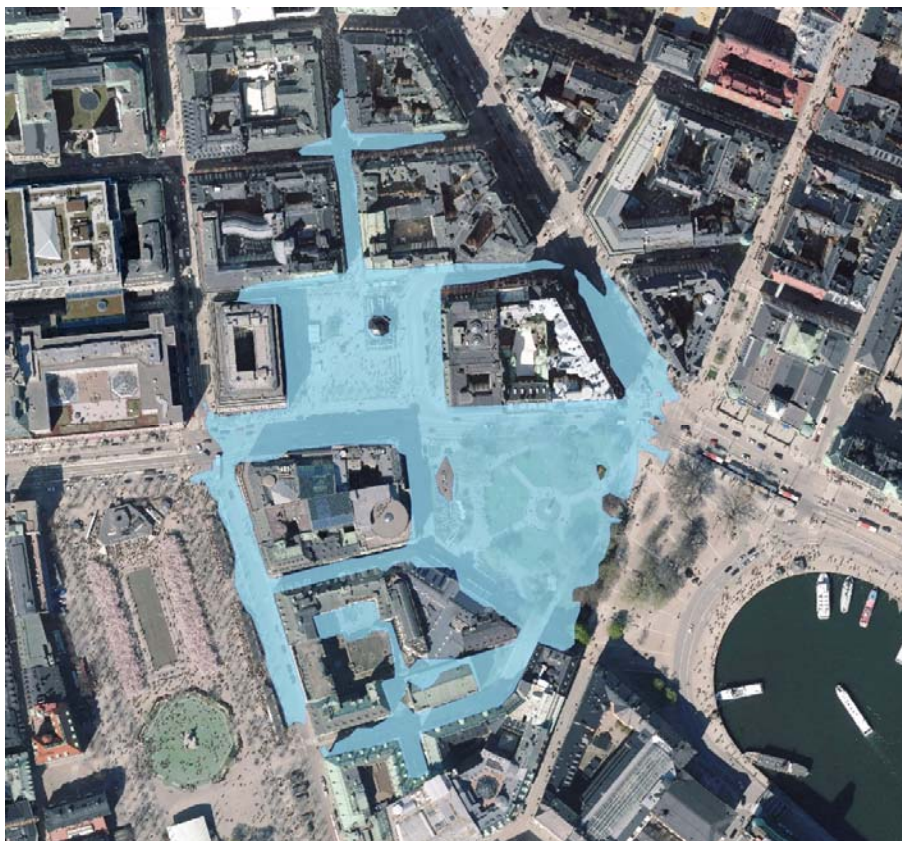
Som resultatet visar erhålls vattendjup i Berzelii park på mellan 0,5 - 1 m vatten med en maximal vattennivå på +3,26 m och vattnet är kvar även drygt två timmar efter att regnet upphört. På Norrmalmstorg och längs Biblioteksgatan och dess tvärgator samlas det också mycket vatten med ett vattendjup på upp till ca 1 m som även till viss del blir stående även drygt 2 h efter att regnet upphört.

Längs Birger Jarlsgatan når vattendjupet upp till ca 0,5 m men här rinner vattnet undan och problemet utgörs främst av att det uppkommer så höga flöden och vattenhastigheter.

Översvämningsutbredningen i Berzelii park, Norrmalms torg och längs Biblioteksgatan med tvärgator beror på att detta område utgörs av en lågpunkt där vattnet ansamlas vid skyfall, se Figur 6. Raoul Wallenbergs torg utgör en barriär för vattnet att rinna vidare till Nybroviken. Är tillrinningen till lågpunkten större än den volym vatten som kan ansamlas i lågpunkten kommer Raoul Wallenbergs torg att översvämmas och vattnet rinna vidare till Nybroviken. Resultaten från skyfallsmodellen visar att tillrinningen till parken är mycket större än den volym som kan ansamlas i lågpunkten. Nivån där vattnet börjar rinna över vid Raoul Wallenbergs torg är ca +3,05 m och i Figur 6 redovisas översvämningsutbredningen i lågpunkten vid den nivån. Vattennivån +3,05 nås enligt de hydrauliska beräkningarna redan efter ca 40 min och då är flödet över Raoul Wallenbergs torg mindre än tillflödet till lågpunkten vilket innebär att vattennivåerna i lågpunkten fortsätter stiga. Maximal vattennivå erhålls enligt beräkningarna till +3,26 m och maxnivån erhålls efter ca 1 h, dvs ca 30 min efter toppen på CDS-regnet.



Figur 5 Profil längs Biblioteksgatan, över Norrmalmstorg och Berzelii park till Nybroviken från detaljerad höjdmodell (1×1m), bilden är framtagen i Scalgo.



Figur 6 Översvämningsutbredning till nivån +3,05 m vilket motsvarar nivån där det börjar rinna över vid Raoul Wallenbergs torg.

5 ANALYS AV MÖJLIGA ÅTGÄRDER I SCALGO

Programmet Scalgo har använts för att analysera möjliga åtgärder för att minska översvämningsutbredningen i Berzelii park, Norrmalms torg, Biblioteksgatan och längs Birger Jarlsgatan. Åtgärder har analyserats både vid Berzelii park och i området uppströms. Eftersom det är så stora volymer vatten som rinner över till Nybroviken vid ett skyfall har volymen vatten som rinner till Nybroviken använts vid jämförelsen av hur stora effekter de olika åtgärderna har på översvämningsutbredningen i Berzelii park. Eftersom Scalgo är ett GIS-baserat verktyg och inte har med det dynamiska förloppet kan inte de olika åtgärdernas påverkan på översvämningsdjupen längs Birger Jarlsgatan analyseras, utan endast hur stor vattenvolym som ansamlas i lågpunkterna. För att kvantifiera åtgärdernas påverkan på det krävs hydraulisk modellering. Scalgo-analysen har utförts med en nederbördsbelastning av 50 mm vilket valdes med utgångspunkt för att ungefär motsvara den nederbördsbelastning som använts i skyfallsmodellen, med hänsyn till avdrag för ledningsnätets kapacitet och infiltration på grönytor. Om en annan lite större eller lite mindre nederbördsbelastning skulle användas skulle redovisade volymer förändras men slutsatserna skulle bli desamma.

För att analysera hur mycket vatten som potentiellt skulle kunna magasineras uppströms Berzelii park har fiktiva murar placerats för att stoppa upp vattnet i Humlegården och längs Birger Jarlsgatan, se Figur 7. Utan åtgärder rinner enligt analysen i Scalgo ca 53 000 m³ vatten över till Nybroviken. Med de fiktiva murarna magasineras ca 17 000 m³ vatten i Humlegården och ca 27 000 m³ vatten längs Birger Jarlsgatan, dvs totalt ca 44 000 m³ vatten. Trots åtgärderna fylls hela lågpunkten vid Berzelii park upp med vatten, totalt ca 12 700 m³ vatten ansamlas i lågpunkten.



Figur 7 Placering av fiktiva murar för att magasinera vatten uppströms samt översvämningsutbredning i lågpunkten (lila, rött och gult).

För att minska översvämningsutbredningen vid Berzelii park testades två åtgärder vid Raoul Wallenbergs torg. Dels sänktes en yta ner för att sänka nivån där vattnet rinner över till Nybroviken och dels placerades en kulvert mellan lågpunkten och Nybroviken. Båda åtgärderna visade att översvämningsutbredningen skulle minska betydligt i Berzelii park, Norrmalmstorg och längs Biblioteksgatan. Desto mer man sänker nivån vid Raoul Wallenbergs torg, desto mindre blir översvämningsutbredningen vid skyfall.

I Scalgo testades även att styra flödet längs Birger Jarlsgatan och styra det direkt till Nybroviken. Det hade små effekter på översvämningsutbredningen i lågpunkten i Berzelii park, volymen vatten som ansamlades i parken minskade från 12 700 m³ till 10 100 m³. Kombinerades denna åtgärd med att dessutom stoppa/leda bort vattnet som rinner till lågpunkten västerifrån från bland annat Hamngatan minskar volymen vatten som ansamlas i lågpunkten till ca 3800 m³.

Resultaten från åtgärdsanalysen i Scalgo kan sammanfattas i följande slutsatser:

- Volymen vatten som rinner över till Nybroviken är mycket stor vilket betyder att det skulle krävas väldigt stora magasineringsåtgärder uppströms för att minska översvämningsutbredningen vid Berzelii park.
- För att minska översvämningsproblemen vid Berzelii park bedöms en åtgärd vid Raoul Wallenbergs park bäst, det är dessutom en mer hållbar åtgärd eftersom volymen leds bort och inte magasineras vilket inte gör åtgärden lika volymberoende.
- Genom att leda vattnet som kommer längs Birger Jarlsgatan och samtidigt leda bort vattnet från Hamngatan minskas översvämningsutbredningen markant i lågpunkten

6 SKYFALLSMODELLERING MED ÅTGÄRDER

Utifrån analysen i Scalgo valdes tre olika typer av åtgärder ut tillsammans med representanter från Stockholm stad. Åtgärderna som testades i den hydrauliska modellen listas nedan, för placering se Figur 8.

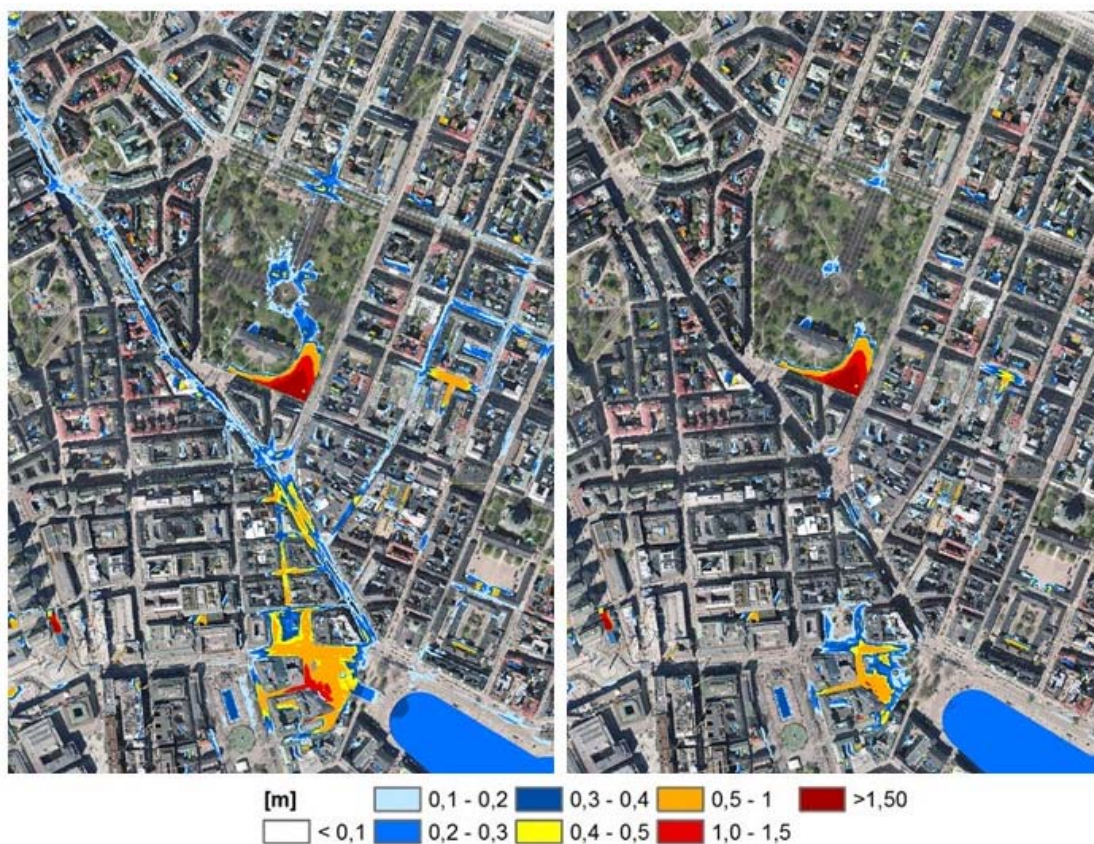
- Fiktiv mur med ca. 2 m höjd, till nivån +8 m, för att magasinera vatten i Humlegården.
- Vägbumpar för att styra bort vattnet från Biblioteksgatan, Jakobsbergsgatan samt Humlegårdsgatan med en höjd på 0,5 m.
- Nedsänkning av en yta på Raoul Wallenbergs torg med en bredd på ca 20 m på nivån +2,7 m.



Figur 8 Placering av åtgärder i skyfallsmodellen.

Syftet med den fiktiva muren för att stoppa upp vattnet i Humlegården var för att analysera hur stora effekter magasinering uppströms i Humlegården skulle få på översvämningsdjup, flöden och vattenhastigheter längs i första hand Birger Jarlsgatan men även Biblioteksgatan. En mur till nivån + 8 m är dock inte en realistisk åtgärd att studera. Syftet med vägbumparna vid Biblioteksgatan och Jakobsbergsgatan var att hindra vattnet från Birger Jarlsgatan att rinna in på Biblioteksgatan och syftet med vägbumpen vid Humlegårdsgatan var att styra flödet direkt till Birger Jarlsgatan via Grev Turegatan istället för att ta vägen via Humlegårdsgatan och Sturegatan till Birger Jarlsgatan som redan är hårt belastad vid skyfall. Syftet med nedsänkningen vid Raoul Wallenbergs torg var att minska översvämningsutbredningen i Berzelii park, Norrmalms torg och Biblioteksgatan. Nivån, +2,7 m, valdes för att undvika att det skulle rinna vatten från Nybroviken till Berzelii park. Nivån +2,7 m motsvarar den nivå Länsstyrelsen rekommenderar att ny sammanhållen bebyggelse längs kusten bör placeras ovanför (Länsstyrelsen, 2015),

Resultaten från skyfallsmodelleringen med åtgärder redovisas i Figur 9 och Figur 10.



Figur 9 Resultat av modellering med åtgärder, till vänster maximala vattendjup och till höger vattendjup drygt 2 timmar efter att regnet upphört.



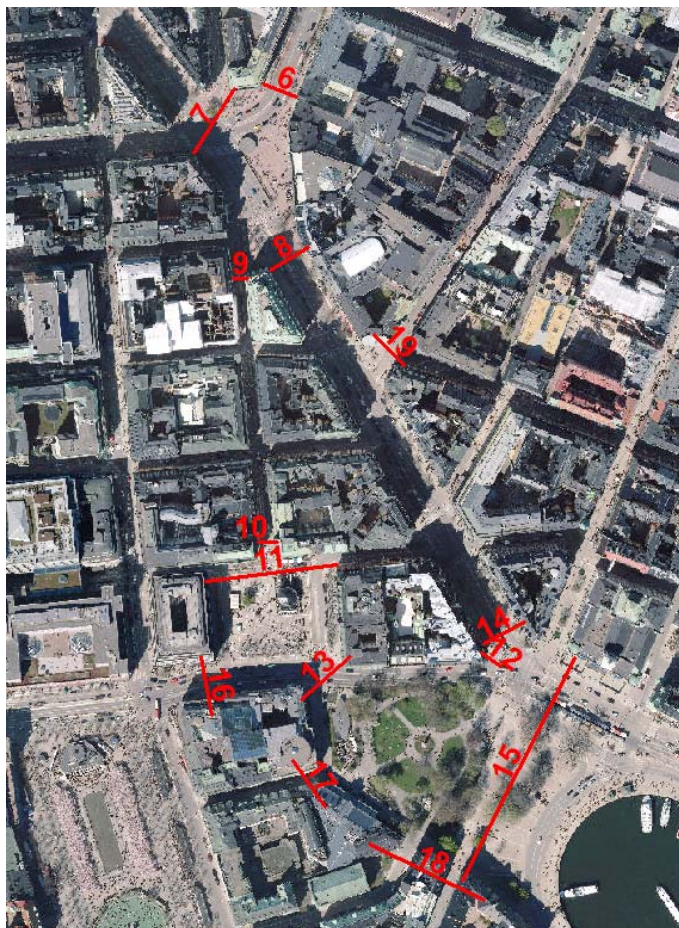
Figur 10 Resultat av modellering med åtgärder, maximala flöden under simuleringen.

Som resultatet av modelleringen med åtgärder visar, erhålls ett vattendjup i Berzelii park på mellan 0,5 - 1 m med en maximal vattennivå på +3,11 m vatten och det finns vatten kvar i lågpunkten i Berzelii park även 2 h efter att regnet har upphört. På Normalmstorg och längs Biblioteksgatan och dess

tvärgator samlas det också mycket vatten med ett vattendjup på upp till ca 1 m. 2 timmar efter att regnet har upphört har översvämningssutbredningen försvunnit längs Biblioteksgatan men det är fortsatt ett vattendjup på Norrmalms torg på upp till ca 0,5 m. Längs Birger Jarlsgatan når vattendjupet upp till ca 0,5 m men här rinner vattnet undan och problemet utgörs främst av att det uppkommer höga flöden och vattenhastigheter. Uppströms den fiktiva muren i Humlegården ansamlas mycket vatten. Denna utredning har inte utrett möjliga åtgärder för att antingen magasinera vattnet i Humlegården eller leda vattnet en alternativ väg till Nybroviken och inte via Birger Jarlsgatan, utan syftet med åtgärden var att se vilka effekterna på översvämningssdjup, flöden och vattenhastigheter som skyfallsåtgärder vid Humlegården skulle ha. Att bygga en fiktiv mur till nivån +8 m är ingen realistisk åtgärd att genomföra.

7 JÄMFÖRELSE - SKYFALLSMODELLERING MED OCH UTAN ÅTGÄRDER

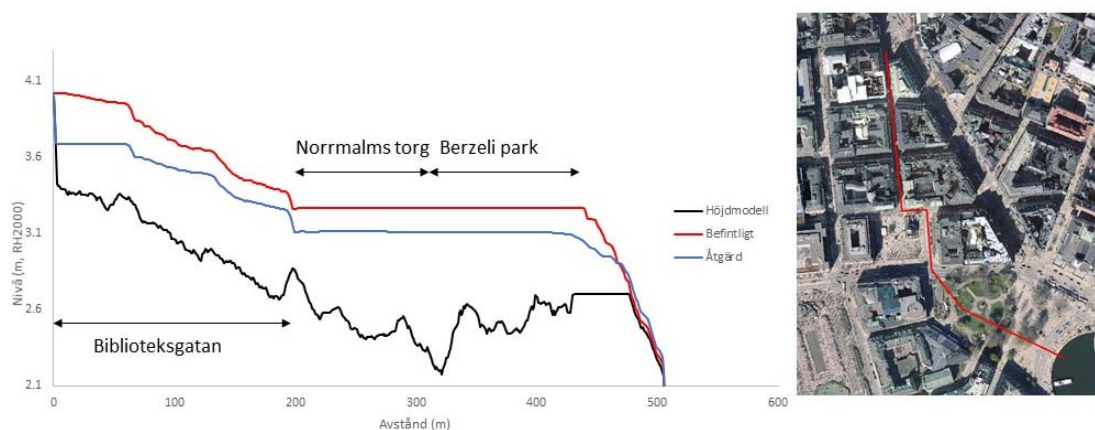
För att jämföra resultaten med och utan åtgärder har mer noggranna analyser av beräknade flöden och tillrinnande vattenvolym i ett antal sektioner utförts, för läge på sektionerna se Figur 11.



Figur 11 Läge för sektioner för analys av resultat av påverkan på översvämningssituationen med föreslagna åtgärder.

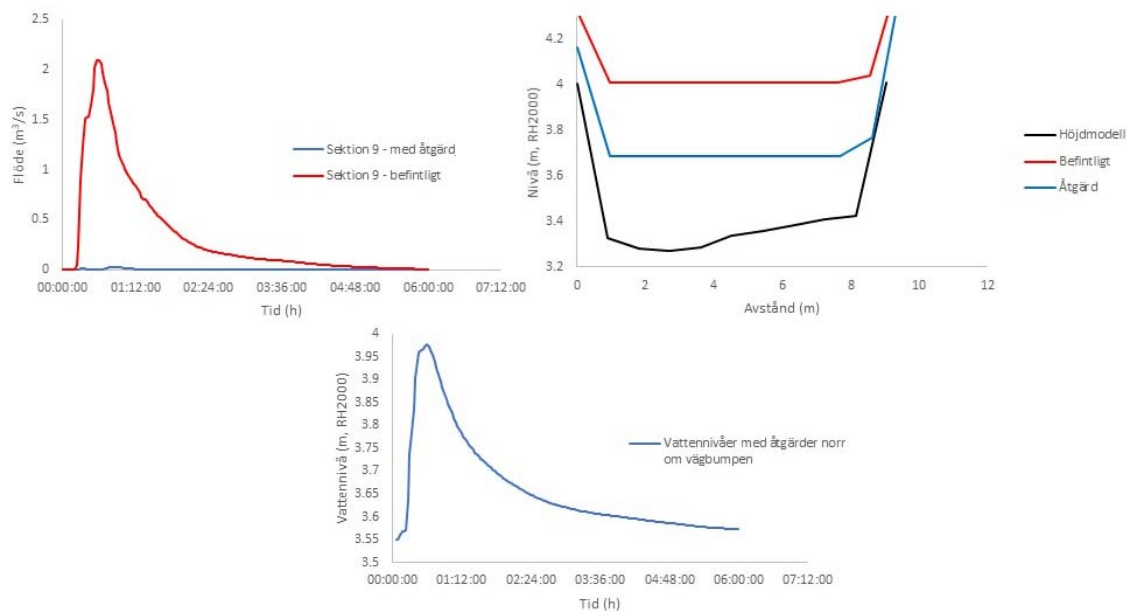
Resultaten av skyfallsmodelleringen med åtgärder inlagda visar på relativt små skillnader i översvämningssutbredning vid maximala vattennivåer i lågpunkten i Berzelii park, vattennivån minskar från +3,26 m till +3,11 m, dvs. med 15 cm. Studeras vattennivåerna 2 timmar efter att regnet har

upphört blir skillnaderna större med en vattennivå vid befintligt scenario på +3,11 m jämfört med +2,8 m med åtgärder vilket medför att det inte längre är något vattendjup längs Biblioteksgatan. I Figur 12 redovisas beräknade vattennivåer längs en profil från Biblioteksgatan till Berzelii park. På hela sträckan minskar maximalt beräknade vattennivåer med åtgärder mellan 1 – 3 dm. Anledningen till att de maximala vattennivåerna inte minskar mer än till +3,11 m med åtgärder beror på att tillflödet till lågpunkten är så mycket större än utflödet över Raoul Wallenbergs torg till Nybroviken. Det medför att vattennivån i lågpunkten kommer fortsätta öka till dess att utflödet överstiger inflödet till lågpunkten. Åtgärden i form av en nedsänkt yta vid Raoul Wallenbergs torg medför att vattennivån går upp till +3,11 m i Berzelii park och Norrmalms torg. Om nedsänkningen skulle göras djupare och/eller bredare skulle det vara möjligt att få ner vattennivåerna ytterligare. Som visas i Figur 12 blir vattennivån även lägre längs Biblioteksgatan vilket beror på de två vägbumpar som har placerats ut vid Biblioteksgatan och Jakobsbergsgatan. Med endast åtgärden vid Raoul Wallenbergs torg skulle det vara rimligt att anta att vattennivåerna längs Biblioteksgatan skulle ha samma lutning som befintligt.



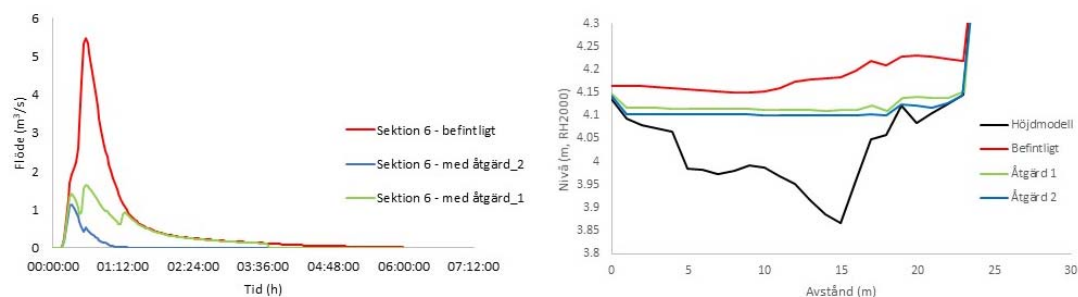
Figur 12 Beräknade maximala vattennivåer längs Biblioteksgatan, Norrmalmstorg och Berzelii park. Till höger profilens läge och till vänster beräknade vattennivåer: i svart nivån på höjdmödeln, i rött beräknade vattennivåer vid befintligt scenario och i blått med åtgärder.

Flödet genom sektion 9 (Biblioteksgatan) redovisas i Figur 13, och visar tydligt att med vägbumpen inlagd styrs flödet till Birger Jarlsgatan och inte in på Biblioteksgatan. Höjden på vägbumpen avgör hur stor del av flödet som fortsatt kommer rinna in på Biblioteksgatan. Med en 0,5 m hög vägbump, på nivån +4,0 m, stoppas vattnet från att rinna över vägbumpen. De vattennivåer som ändå erhålls på Biblioteksgatan, med åtgärd inlagd, uppstår till följd av lokal tillrinning samt att vattnet däms upp från Norrmalms torg och Berzelii park. Total vattenvolym som rinner genom sektion 9 minskar från 7580 m³ vid befintligt scenario till 0 m³ med åtgärd inlagd.



Figur 13 Diagrammet till vänster visar flöde genom sektion 9, diagrammet till höger beräknade maximala vattennivåer, och diagrammet nertill visar beräknade vattennivåer precis norr om vägbumpen. Svart linje visar nivåer enligt höjdmodellen, i rött beräknat flöde respektive vattennivå vid befintligt scenario, och i blått beräknat flöde respektive vattennivå med åtgärd inlagd.

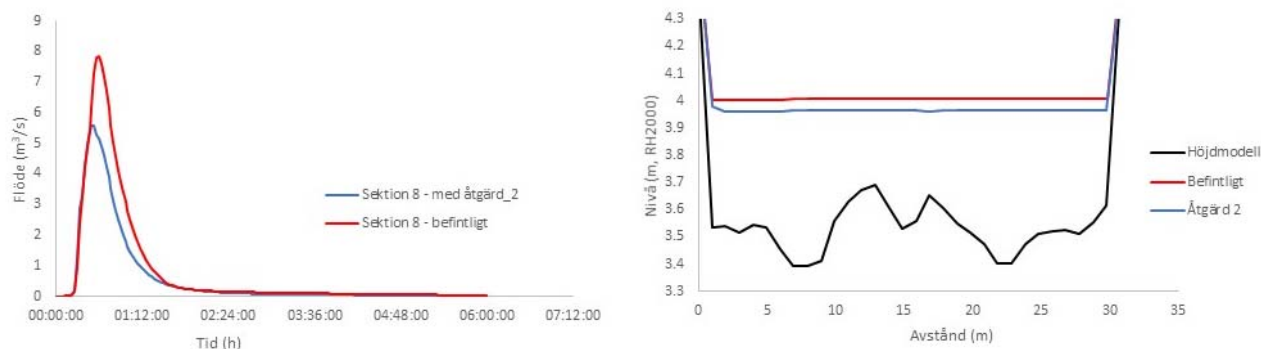
Åtgärden med en fiktiv mur vid Humlegården påverkar vattennivåerna längs Birger Jarlsgatan genom att flödet och volymen vatten som kommer till Birger Jarlsgatan blir mindre. Totalt magasineras ca 8000 m³ vatten norr om den fiktiva muren i Humlegården. Effekterna av detta nedströms längs Sturegatan och Birger Jarlsgatan redovisas i Figur 14 till Figur 16. Åtgärd 1 visar effekterna av magasinering i Humlegården medan Åtgärd 2 visar effekterna med både magasinering och vägbumpen på Humlegårdsgatan. Effekten av att magasinera vatten i Humlegården ger ett minskat maxflöde genom sektion 6 från 5,5 m³/s till 1,5 m³/s och genom att inkludera en vägbump på Humlegårdsgatan för att leda vattnet vidare längs Grev Turegatan minskar maxflödet till 1 m³/s. Beräknade vattennivåer i sektion 6, (på Sturegatan nära Stureplan) blir upp till ca 1 dm lägre med magasineringsåtgärden i Humlegården och ytterligare ca 1 cm lägre med vägbumpen på Humlegårdsgatan. Total vattenvolym som rinner genom sektionen går från 13 650 m³ vid befintligt scenario till 1500 m³ med åtgärd. Utav denna minskade volym magasineras ca 8000 m³ i Humlegården och ca 3600 m³ leds direkt till Birger Jarlsgatan via Grev Turegatan.



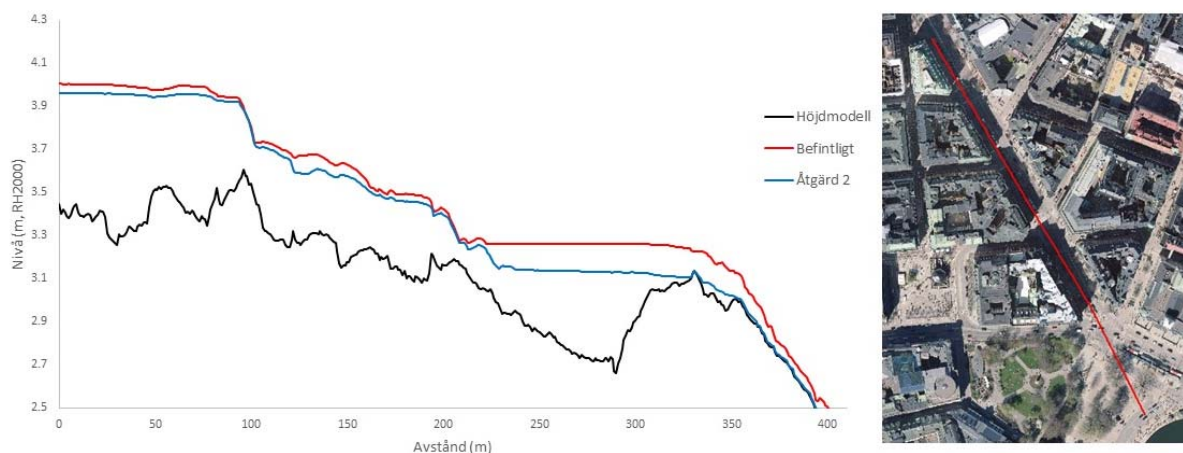
Figur 14 Sektion 6 på Sturegatan. Diagrammet till vänster visar flöde genom sektionen, diagrammet till höger beräknade maximala vattennivåer. Svart linje visar nivåer enligt höjdmodellen, i rött beräknat flöde respektive vattennivå vid befintligt scenario, i blått beräknat flöde respektive vattennivå med åtgärd, och i grönt utan åtgärd i form av vägbump på Humlegårdsgatan.

Effekterna av åtgärderna längs Birger Jarlsgatan redovisas i Figur 15 och Figur 16. Effekterna av att magasinera vatten och styra vattnet längs Birger Jarlsgatan med de tre vägbumparna ger minskade vattennivåer och minskat flöde längs Birger Jarlsgatan. Flödet i sektion 8 minskar från maximalt 8 m³/s

till 6,5 m³/s. Total vattenvolym som rinner genom sektionen minskar från 17 300 till 12 550 m³. Effekten av åtgärderna på vattennivåerna i sektion 8 är ca 5 cm. Längs den profil som dragits längs Birger Jarlsgatan, se Figur 16, minskar vattennivåerna mellan 1 och 15 cm med åtgärderna. Störst minskning fås längst ner på Birger Jarlsgatan där effekterna av nedsänkningen av Raoul Wallenbergs torg märks av. Effekterna av magasineringen i Humlegården i kombination med vägbumparna som ska leda vattnet till Birger Jarlsgatan ger mellan 1 och 8 cm skillnad.



Figur 15 Sektion 8 på Birger Jarlsgatan. Diagrammet till vänster visar flöde genom sektionen, diagrammet till höger visar beräknade maximala vattennivåer. Svart linje visar nivåer enligt höjdmodellen, i rött beräknat flöde respektive vattennivå vid befintligt scenario, och i blått beräknat flöde respektive vattennivå med åtgärd.



Figur 16 Profil över beräknade maximala vattennivåer längs Birger Jarlsgatan. Till höger profilens läge och till vänster beräknade vattennivåer, svart linje visar nivån på höjdmodellen, i rött beräknade vattennivåer vid befintligt scenario och i blått vattennivåer med åtgärder.

8 ANALYS AV FARA FÖR MÄNNISKORS LIV

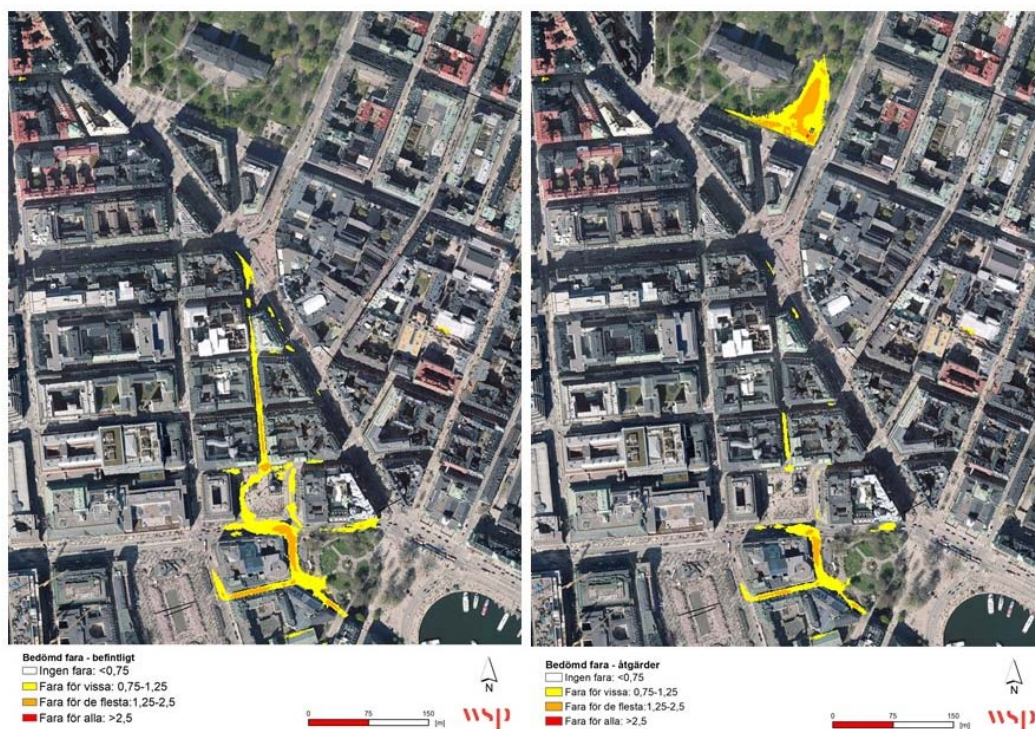
Vid ett skyfall finns det risk för att det blir så höga vattenhastigheter, vattendjup eller en kombination av dessa så att det finns en risk för fara för människors liv. I vägledningen för skyfallskartering hänvisas till en metod utvecklad av DEFRA 2006 där den direkta faran för människors liv kan beräknas utifrån en kombination av vattendjup (D) och flödes hastighet (v). Bedömningsvärdet beräknad enligt formeln $(v+C)*D$ där v =max hastighet, D =max vattendjup och C =koefficient (0,5).

Tabell 1 Klassgränser för bedömd fara. Tabellen är hämtad från MSB, 2017.

KLASSGRÄNSER FÖR $(V+C)*D$	BEDÖMD FARA
< 0,75	Ingen fara
0,75 – 1,25	Fara för vissa
1,25 – 2,50	Fara för de flesta
> 2,50	Fara för alla

Bedömningsvärde = $(V+C)*D$ där V =max hastighet, D =max vattendjup, C =koefficient (0,5)

I Figur 17 redovisas bedömd fara för människors liv indelat i de olika klasserna enligt Tabell 1. För befintliga förhållanden finns det en risk för "fara för vissa" till "fara för de flesta" på sträckan från Biblioteksgatan över Norrmalms torg och i vissa delar av Berzelii Park. Med åtgärderna minskar området där det finns en fara för vissa till en fara för de flesta. Dock uppkommer ett nytt område i Humlegården vilket beror på de höga vattendjup som uppkommer bakom den fiktiva muren, men eftersom det inte är någon realistisk åtgärd kan man bortse från denna risk.

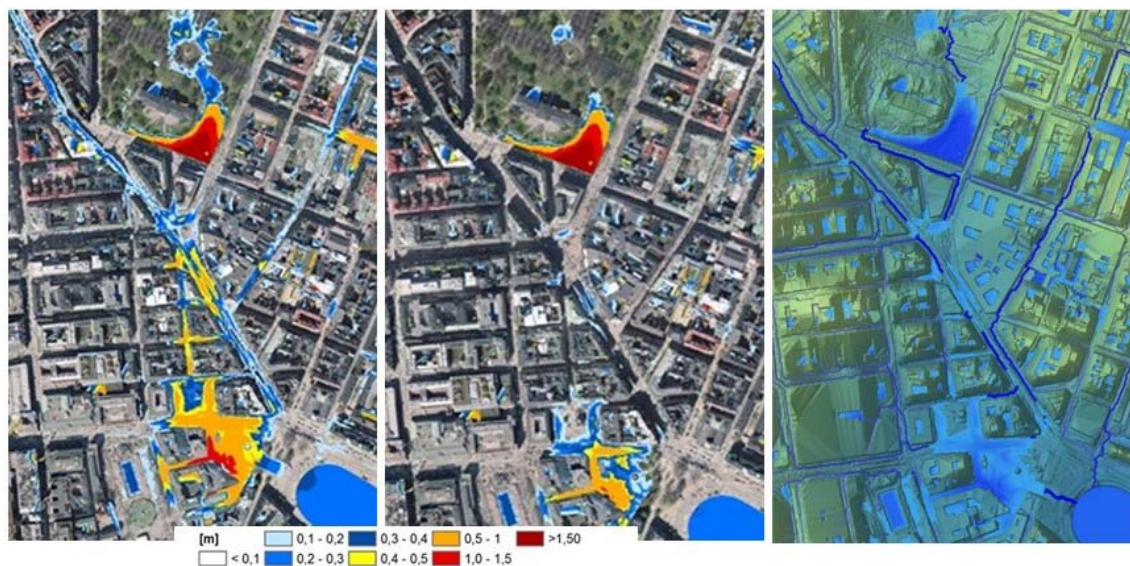


Figur 17 Bedömd fara för människors liv, till vänster vid befintligt scenario och till höger med åtgärder, baserad på MSB:s klassning av bedömd fara.

9 JÄMFÖRELSE RESULTAT AV HYDRAULISK MODELLERING OCH ANALYS I SCALGO

När resultaten från skyfallsmodelleringen i MIKE21 med åtgärder inlagda jämförs med analysen av åtgärdernas effekter i Scalgo syns relativt stora skillnader, vilket beror på att det dynamiska förloppet inte är inkluderat i Scalgoanalysen. I Figur 18 redovisas översvämningsutbredningen från den hydrauliska modelleringen i MIKE21 med analysen i Scalgo. Som framgår i figuren representerar

resultaten från analysen i Scalgo mycket väl översvämningsutbredningen 2 timmar efter att regnet har upphört, men det missar de maximala vattennivåerna som skulle uppkomma under regnevenet.



Figur 18 Jämförelse av resultat från åtgärdsanalys i MIKE21 och Scalgo. Till vänster maximala beräknade vattennivåer med MIKE21, i mitten beräknade vattennivåer 2 timmar efter att regnet upphört och till höger översvämningsutbredning i Scalgo vid 50 mm nederbörd.

Översvämningsutbredningen vid Berzelii park, Norrmalms torg och Biblioteksgatan förändras inte heller vid ökad nederbördsbelastning i Scalgo, eftersom vattennivåerna i lågpunkten i Scalgo bestäms av den lägsta nivån för översvämnning vid Raoul Wallenbergs torg som ligger på +2,7 m. Det kan jämföras med vattennivån från MIKE21-modelleringen som maximalt uppgår till +3,11 m, och 2 timmar efter att regnet har upphört så är nivån nere på +2,8 m. Med analysen i Scalgo underskattas således den maximala vattennivån i lågpunkten vid Berzelii park med 0,4 m.

Generellt stämmer översvämningsutredningen som erhålls i Scalgo väl med den översvämningsutbredning som erhålls med MIKE21 2 timmar efter att regnet har upphört, dvs. vid en situation där vattnet har hunnit rinna bort från vattnets transportvägar och de maximala vattennivåerna har klingat av. Det blir tydligt till exempel längs Birger Jarlsgatan där man i Scalgo inte får någon tydlig översvämningsutbredning utan endast översvämningsutbredning i vissa mindre lågpunkter.

Resultaten från jämförelsen mellan hydraulisk modellering med MIKE21 och Scalgo-analysen visar att Scalgo väl representerar översvämningsutbredningen i lågpunkterna som erhålls efter att regnet har upphört, men att man missar de maximala nivåerna som i många fall är viktigast att dimensionera för. Dessutom missar man översvämningsutbredningen längs alla flödesvägar. I områden med stora tillrinnande ytor i förhållande till vattenvolymen i lågpunkten, och där utloppet från lågpunkten är begränsad i förhållande till den tillrinnande volymen, är det troligt att Scalgo underskattar översvämningsutbredningen och översvämningsdjupen.

10 SLUTSATSER

Denna utredning har visat att de föreslagna åtgärderna har effekt avseende minskad översvämningsutbredning, minskade flöden och vattenhastigheter. Fortsatt arbete krävs för att koppla ihop vilka vattendjup och vattenhastigheter som kan anses vara acceptabla, och utifrån det analysera åtgärdernas storlek.

Genom att utföra en nedsänkning av terrängen vid Raoul Wallenbergs torg med en bredd av ca 20 meter erhålls en minskning av den maximala vattennivån i lågpunkten med 15 cm. Skulle nedsänkningen utföras bredare, djupare eller med en lutning är det sannolikt att vattennivån i lågpunkten i Berzelii park skulle sänkas ytterligare. Modelleringen visar dock att det krävs relativt stora åtgärder vid Raoul Wallenbergs torg för att minska vattennivåerna i lågpunkten, vilket beror på det stora tillflödet vid skyfall.

Vidare visar resultaten från modelleringen att de tre inlagda vägbumparna effektivt styr vattenflödet. En vägbump med en höjd på 0,5 m är dock i realiteten troligen svår att anlägga, men även lägre vägbumpar kan ha en bra styrande effekt på vattenflödet, om än inte i lika stor utsträckning.

Den fiktiva muren i Humlegården stänger inne det vatten som rinner till Birger Jarlsgatan via parken, vilket ger minskade flöden längs Birger Jarlsgatan. Minskningen av vattennivåerna som erhålls längs Birger Jarlsgatan av att magasinera så mycket vatten i Humlegården ger dock endast en effekt motsvarande några centimeter. Detta visar att för att minska vattendjupen längs Birger Jarlsgatan så behöver mycket stora vattenvolymer magasineras uppströms, att magasinera mindre volymer kommer ha liten eller ringa effekt. Vilken effekt det har för att minska riskerna för skada vid översvämning behöver utredas.

11 REFERENSER

WSP, 2018 – Skyfallsmodellering Stockholm stad rapport, 2018-06-13

Länsstyrelsen 2015:14 - Rekommendationer för lägsta grundläggningsnivå längs Östersjökusten i Stockholms län.

VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande analys- och teknikkonsultföretag. Vi verkar på våra lokala marknader med stöd av global expertis. Som tekniska experter och strategiska rådgivare har vi tillgång till ingenjörer, tekniker, naturvetare, planerare, utredare och miljöspecialister liksom professionella projektörer, konstruktörer och projektledare. Vi erbjuder hållbara lösningar inom Hus & Industri, Transport & Infrastruktur och Miljö & Energi. Med drygt 39 000 medarbetare på 500 kontor i 40 länder medverkar vi till en hållbar samhällsutveckling. I Sverige har vi omkring 4 000 medarbetare. wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000
Org nr: 556057-4880
Styrelsens säte: Stockholm
wsp.com

