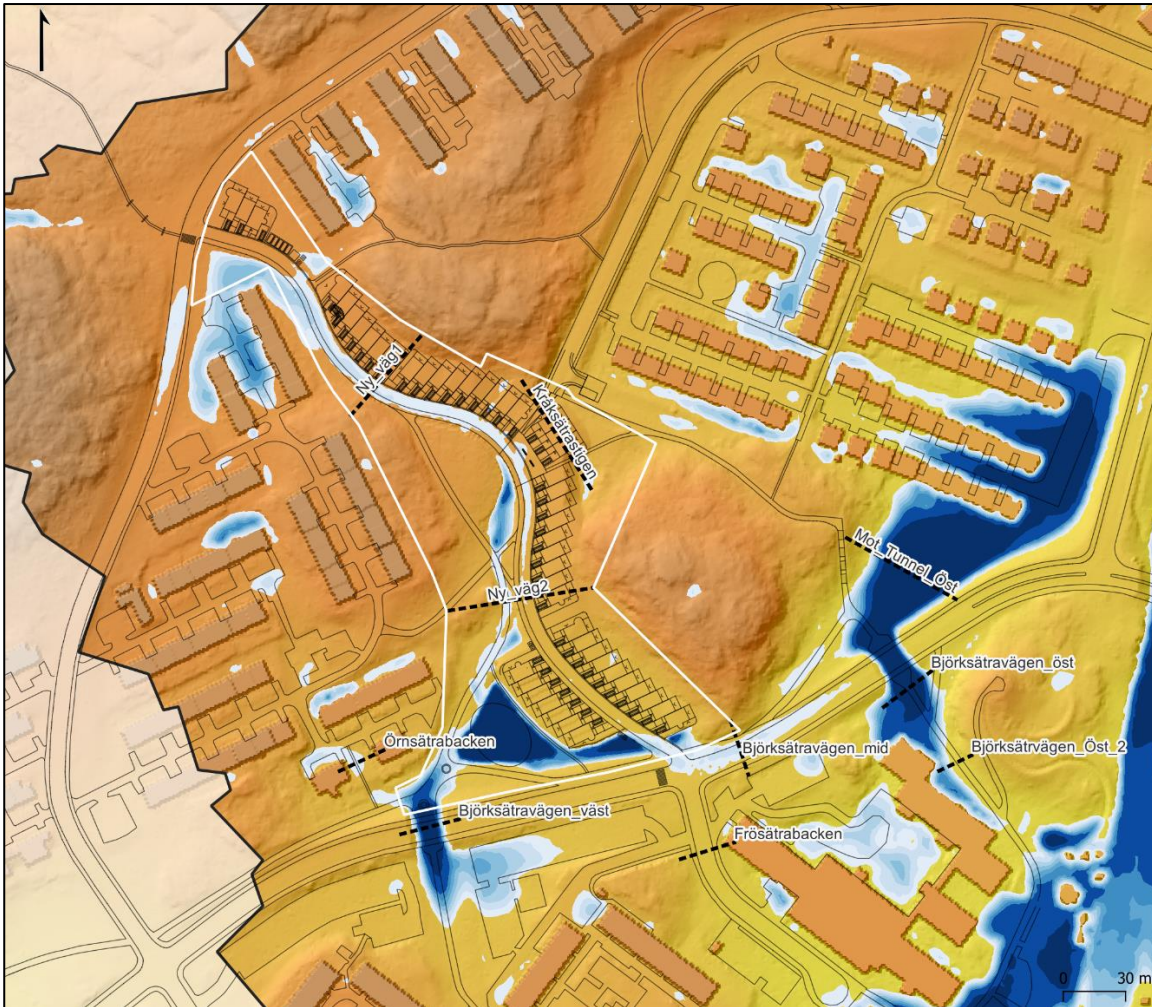


# Bilaga 1- Skyfallsmodellering

Dagvatten- och skyfallsutredning Kråksätra:  
del av Sätra 2:1 samt Kråksätra 1 och 2



**Sweco Sverige AB**  
Uppdrag

Uppdragsnummer  
Kund  
Upprättad av

Granskad modell:  
Granskad rapport:  
Godkänd av  
Datum  
Ver  
Dokumentreferens

RegNo 556767-9849  
Kråksätra dagvatten- och  
skyfallsutredning  
30057992  
Stockholms kommun  
Lovisa Renberg  
Daniel Pinheiro  
Jurjen de Jong  
Johanna Rennerfelt  
Lovisa Renberg  
2024-10-30  
1  
2024-10-30 Bilaga 1 Skyfallsmodellering.docx

# Innehållsförteckning

Bilaga 1 - Skyfallsmodellering .....	3
1 Höjdmodell.....	3
1.1 Befintlig höjdmodell .....	3
1.2 Framtida höjdmodell.....	4
2 Skyfallsmodell.....	5
2.1 Modellområde .....	5
2.2 Markens råhet .....	6
2.3 Nederbörd .....	6
2.4 Scenarier .....	7
3 Tolkning av modellresultat.....	7
3.1 Maximala vattendjup .....	7
3.2 Maximalt flöde .....	8
4 Resultat och diskussion.....	8
4.1 Befintlig situation .....	8
4.2 Efter exploatering med skyfallsåtgärder.....	10
4.3 Skiss åtgärdsförslag och förslag på höjdsättning gata .....	11
4.4 Slutsatser .....	13
4.5 Jämförelsebilder rinnvägar och maxvattendjup .....	14

# Bilaga 1 - Skyfallsmodellering

Nedan beskriv metodiken för skyfallsmodelleringen mer i detalj samt resultat och diskussion.

## 1 Höjdmodell

Höjdmodellen är det viktigaste underlaget vid en skyfallskartering och ger information om avrinningsområden, rinnvägar och lågpunkter där vatten kan ansamlas.

### 1.1 Befintlig höjdmodell

Höjdmodellen beskriver befintliga mark- och höjdförhållanden i Kråksåtra och bygger på Lantmäteriets laserskanning genomförd 2023. Höjdmodellen kontrolleras med avseende på tunnlar, passager och dylikt som oavsiktligt kan stoppa vattentransporten. Bland annat säkerställdes nivåer i befintliga gång- och cykelunderfarter under Björksåtravägen baserat på en inmätning som gjorts. Figur 1 illustrerar befintlig höjdmodell.



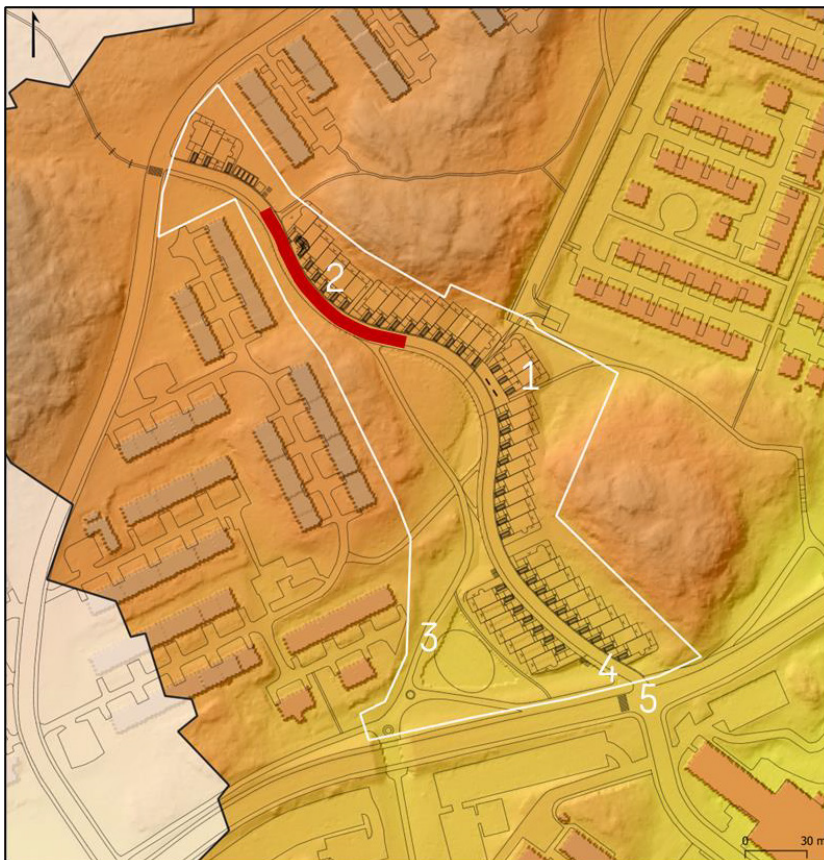
Figur 1: Befintlig höjdmodell tillsammans med framtida detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).

## 1.2 Framtida höjdmodell

Den framtida höjdmodellen beskriver förhållandena efter exploatering i Kråksätra. Utgångspunkten är den befintliga höjdmodellen som justeras i de områden där exploateringen kommer att ske. Justeringarna baseras på framtida plankarta (daterad 240126), situationsplan (daterad 231129) samt framtida höjdsättning av den nya lokalgatan (ACAD-Kråksätra\_trafiklinjer 3D-modell). Figur 2 illustrerar framtida höjdmodell. Notera att plankartan samt situationsplanen i skyfallsutredningen inte är de senaste versionerna och därmed skiljer sig från det underlag som ligger grund till dagvattenutredningen. I den senaste versionen av planhandlingar är ytterligare ett hus borttaget längst söderut i den östra radhuslängan. Det bedöms inte påverka resultatet nämnvärt. Mest troligt förbättras resultatet eftersom det medför en större yta där vatten vid skyfall kan rinna ut ur området.

I den framtida höjdmodellen har följande antaganden gjorts:

1. Fastigheternas tomtyta har lätt lutning mot lokalgata genom planområdet.
2. Kantstenen vid röd markering har nollats.
3. Gång- och cykelbanan har justerad lutning så att vattnet från denna yta ska kunna ledas ner till föreslagen skyfallsyta/torrdamm
4. Det går en vägtrumma med dimension 500 mm genom nya lokalgatan.
5. Inga höjder har justerats vid Björksätravägen.

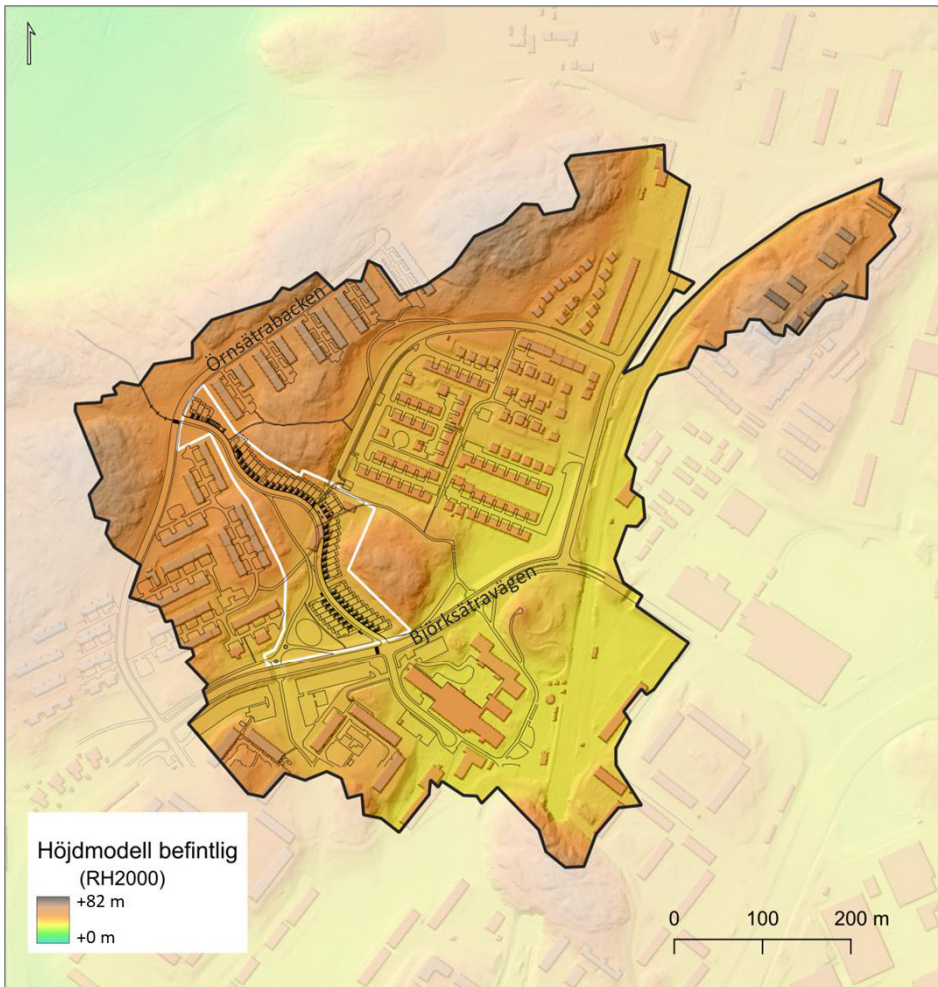


Figur 2: Framtida höjdmodell med framtida detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är de senaste versionerna).

## 2 Skyfallsmodell

### 2.1 Modellområde

Modellområdet bestäms utifrån avrinningsområdet för utredningsområdet och visas i Figur 3.



Figur 3: Modellområde (svart linje) och höjddata inom modellområdet. Figuren visar framtida detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).

Modellområdet beskrivs med hjälp av ett beräkningsnät som består av trianglar med varierande storlek som kallas för *flexible mesh*. Varje triangel representerar ett höjdvärde. Beräkningsnätets upplösning bestäms av triangelarnas storlek. Ju mindre trianglar desto högre upplösning och noggrannhet i modellresultaten. Ett mycket stort antal trianglar kan dock ge upphov till mycket långa simuleringstider. Val av beräkningsnätets upplösning blir en kompromiss mellan önskad noggrannhet i resultaten och längd på simuleringstiden. För detta modellområde varierar triangelarnas storlek mellan 0,25 m<sup>2</sup>-3,5 m<sup>2</sup>.

## 2.2 Markens råhet

Markens råhet (strömningsmotstånd) påverkar hur hög vattenhastighet och -djup som uppstår inom ett område. Ytor såsom åker eller skog har till exempel högre strömningsmotstånd än asfalterade ytor eller gräsmattor. I skyfallsmodellerna är markens strömningsmotstånd beskrivet med parametern Mannings tal, M. Strömningsmotståndet ansätts genom analys av markanvändning. Val av Mannings tal visas i Tabell 1 och baseras på Naturvårdsverket Nationella marktäckedata (NMD).

Tabell 1: Mannings tal för olika markanvändning.

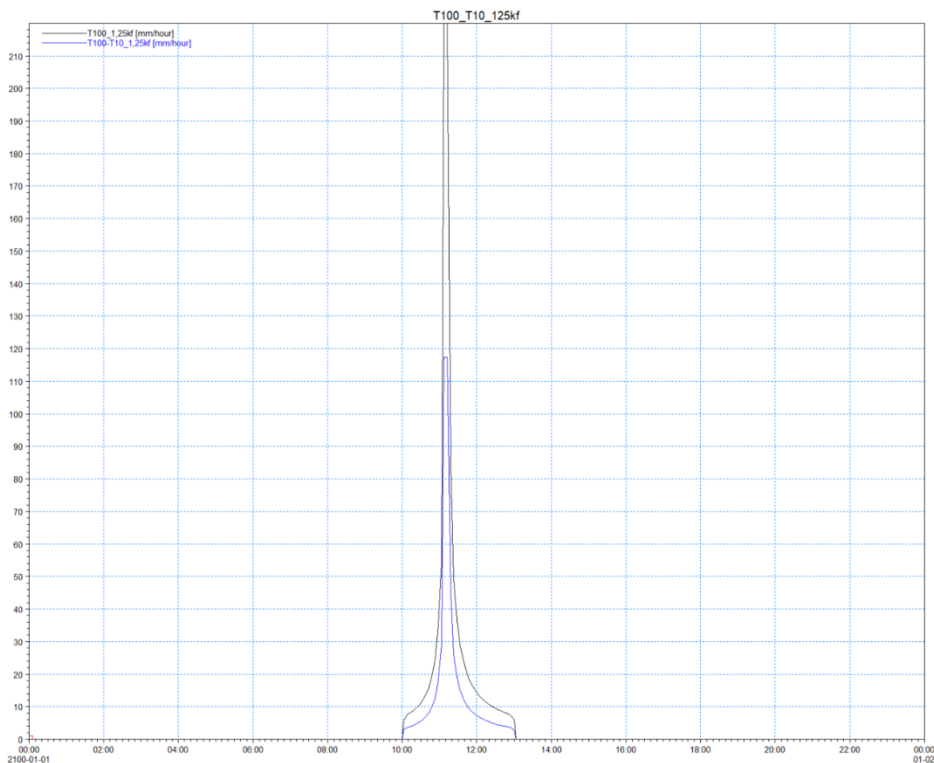
Markanvändning	Mannings tal
Naturmark	2
Öppen mark	5
Tak	40
Väg/asfalt	50
Vattenyta	70

## 2.3 Nederbörd

Skyfallsmodellen belastas med ett så kallat CDS-regn (Chicago Design Storm) med en återkomsttid på 100 år och en varaktighet på 3 timmar. Återkomsttiden är vald enligt Länsstyrelsens rekommendation och varaktigheten är vald utifrån avrinningsområdets tidsmässigt längsta sträcka fram till planområdet. Under denna regnperiod varierar nederbördsintensiteten kraftigt, där "mittenpartiet" av regnet är det mest intensiva. För att ta hänsyn till framtida klimat med ökad nederbörd har regnet multiplicerats med en klimatfaktor på 1,25. Den totala nederbördsmängden för detta regn är 90 mm.

Inte hela nederbörden genererar ytlig avrinning. En del av nederbörden infiltrerar i genomsläppliga ytor och en del avleds via dagvattennätet. Ett avdrag görs i form av ett CDS-regn med en återkomsttid på 10 år och en varaktighet på 6 timmar. På detta sätt tas hänsyn till markens infiltrationskapacitet och nätets avledningskapacitet. Avdraget motsvarar en nederbördsmängd på 43 mm.

Det innebär att nederbördsmängden som belastar skyfallsmodellen är 47 mm (90 mm – 43 mm = 47 mm). Figur 4 visar hur nederbörden varierar i tid.



Figur 4: Tidserie av CDS-regn med återkomsttid på 100 år och en varaktighet på 3 timmar. Regnintensiteten inkluderar en klimafaktor (KF) på 1,25. Den blåa tidserien som betraktar ett avdrag på ett 10-årsregn har använts som indata till modellen.

## 2.4 Scenarier

Följande scenarier har simulerats med skyfallsmodellen:

- Befintlig situation
- Framtida situation efter exploatering utan åtgärder
- Framtida situation efter exploatering inklusive skyfallsåtgärder

Simuleringarna med åtgärder har diskuterats fram under utredningens gång och är baserade på resultaten från simuleringen av både befintlig och framtida situation efter exploatering utan åtgärder.

## 3 Tolkning av modellresultat

Skyfallskarteringen ger information om flöde och vattendjup längs avrinningsstråk och vattenansamlingar i lågpunkter, och hur dessa varierar i tid.

### 3.1 Maximala vattendjup

Under skyfallsmodellens beräkningsperiod uppstår naturligt olika stora djup vid olika tillfällen. Det resultat som beskriver maximalt vattendjup avser statistiskt maximalt vattendjup under hela beräkningsperioden. Detta betyder att resultatet visar en "sammanslagning" av de maximala vattendjup som uppstår i alla individuella beräkningspunkter, oavsett tidpunkt. Det är alltså inte en "ögonblicksbild" utan en statistisk analys av vattendjupet under hela modellperioden. Detta visualiseras förenklat i Figur 5.



Figur 5: Visualisering över hur statistiskt maximalt vattendjup beräknas.

För att förenkla visualiseringen av översvämningsrisk har alla maximala vattendjup som understiger 10 cm filtrerats bort från resultatfilerna.

## 3.2 Maximalt flöde

Precis som för resultatet som beskriver maximalt vattendjup, avser resultatet som beskriver maximalt flöde den statistiskt maximala flödehastigheten som uppstår under modellperioden. Maximalt flöde visar de dominerande rinnvägarna.

# 4 Resultat och diskussion

I detta kapitel redovisas resultaten av skyfallskarteringen för de två scenarierna: Befintliga situation och Efter exploatering med skyfallsåtgärder. Utformning av åtgärder har itererats fram och stämts av med beställare under arbetets gång. Tidigt i projektet noterades att det fanns behov av åtgärder för att inte försämra situationen för både uppströms och nedströms bebyggelse. Därför redovisas inte framtida situation utan åtgärder.

## 4.1 Befintlig situation

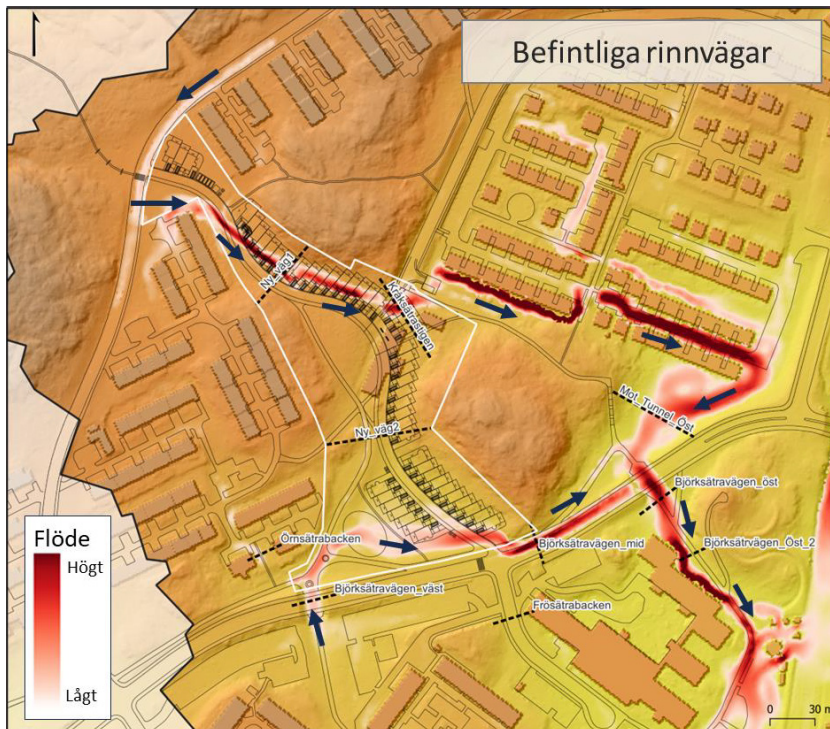
Simuleringsresultat för befintlig situation redovisas i Figur 6 (rinnvägar) samt Figur 7 (maximalt vattendjup). Höjddata och beräkningsnätet som ingår i skyfallsmodellen har hög upplösning vilket innebär att detaljer i terrängen som påverkar rinnvägarna kan beskrivas med hög noggrannhet. Därmed erhålls en mer korrekt och detaljerad beskrivning av rinnvägarna inom modellområdet.

I befintlig situation går en stor rinnväg genom planområdet och vidare mot bebyggelsen i Kråksåtrabacken. Längs med denna rinnväg kan maxvattendjupet uppgå till 20–30 cm.

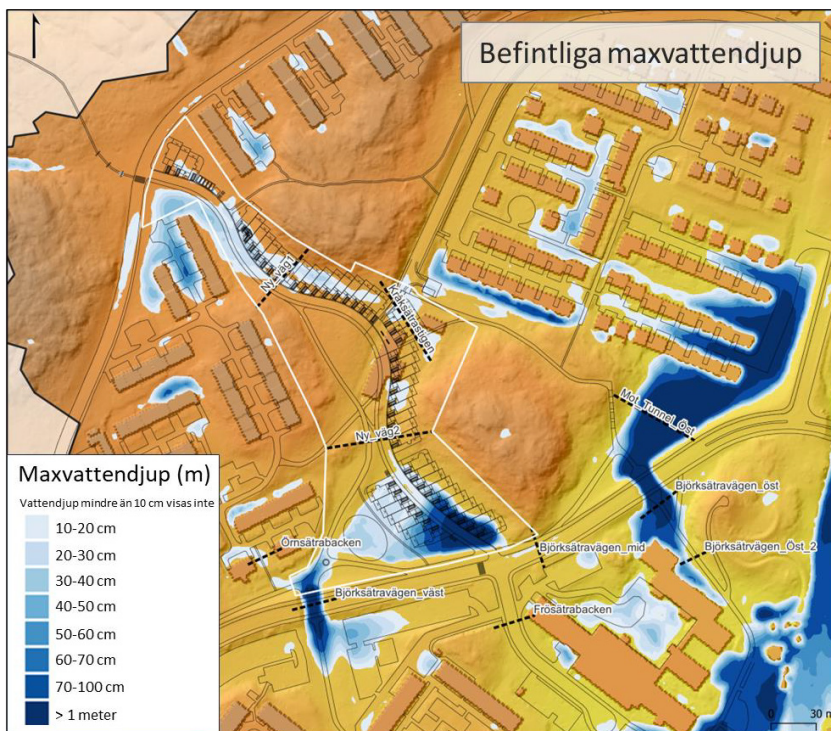
I södra delen av planområdet återfinns en stor befintlig lågpunkt som även är ett instängt område. Vid skyfall fylls lågpunkten upp och går ihop med lågpunkten och vattenansamlingen under västra gångtunneln under Björksåtravägen. När vattennivån stigit upp till samma nivå som del av Björksåtravägen, vilket motsvarar + 39,7 m (RH2000) rinner vatten vidare österut mot östra gångtunneln och vidare söderut. Maxvattendjupet i den södra lågpunkten uppgår till ca 1,6 m.

I den befintliga modellen har beräkningslinjer lagts till (dessa är svartstreckade i figuren). Genom dessa linjer går det beräkna flöde samt volym vatten som rinner förbi. På så sätt har det gått att beräkna flöden samt volymer in och ut från planområdet. Samma beräkningslinjer finns i det framtida scenariot.





Figur 6: Maximalt flöde för befintlig situation. Vattnets flödesriktning markeras med mörkblå pilar. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).

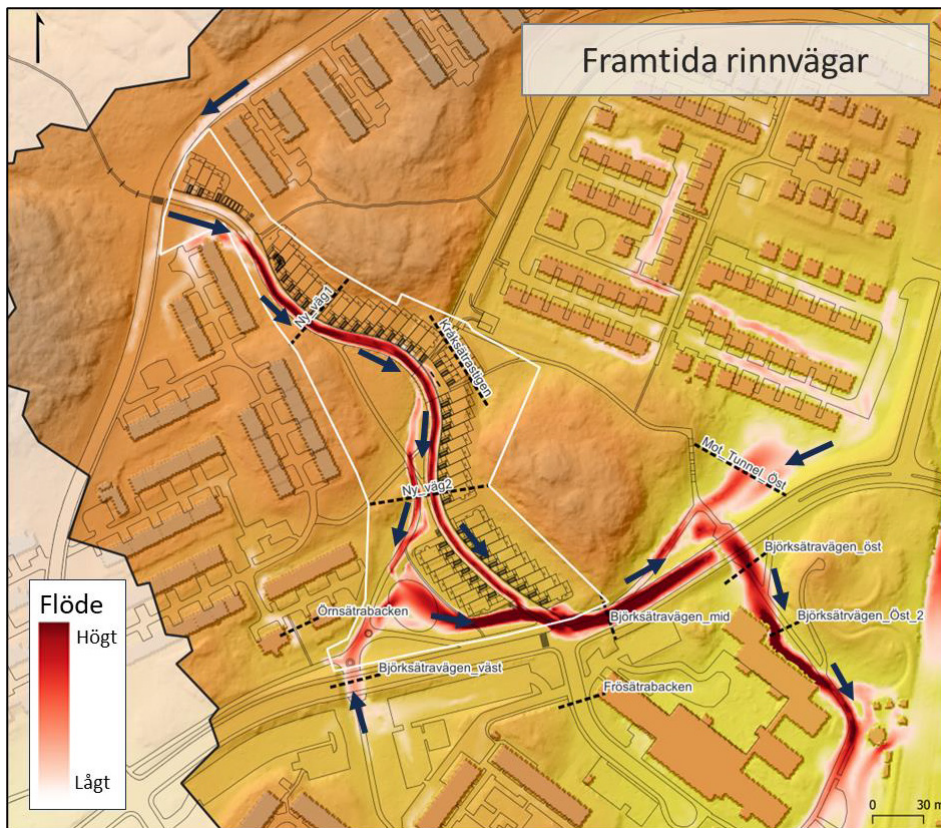


Figur 7: Maximalt vattendjup (m) för befintlig situation. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).

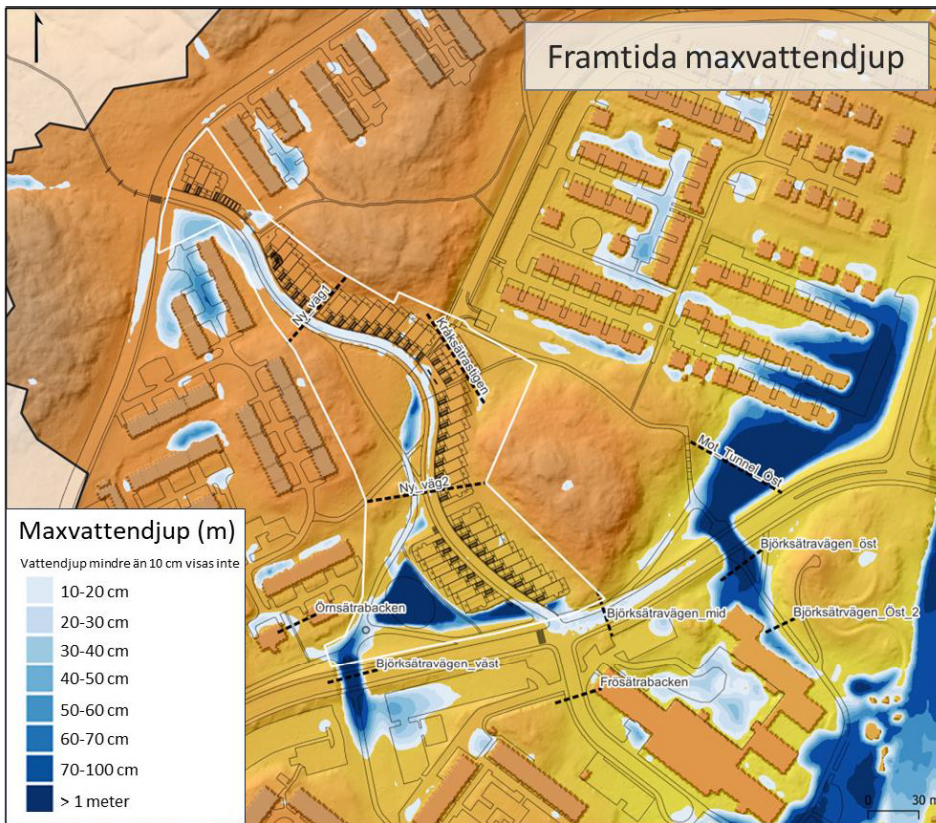
## 4.2 Efter exploatering med skyfallsåtgärder

Simuleringsresultat för framtida situation redovisas i Figur 8 (rinnvägar) samt Figur 9 (maximalt vattendjup). I det framtida scenariot fungerar den nya lokalgatan genom planområdet som rinnväg och vattnet som tidigare rann ner till bebyggelsen längs med Kråksätrabacken rinner i det framtida scenariot ner genom planområdet. Radhusen längs med den nya gatan i den södra delen byggs mitt i den befintliga lågpunkten vilket medför att det krävs framtida åtgärder för att omhänderta vatten vid ett skyfall. Det fanns tidiga planer på att anlägga en skyfallsyta intill den södra radhusbebyggelsen och målet med den framtida modelleringen var att utreda hur stor skyfallsyta samt vilken volym vatten behöver omhändertas för att inte försämra situationen för befintlig bebyggelse. Exploateringen medför dessutom en ökad hårdgörandegrad vilket bidrar till ännu en ökad mängd vatten som avrinner från planområdet.

Resultatet från den framtida modelleringen visade på att ca 1100 m<sup>3</sup> vatten behöver fördröjas inom planområdet.



Figur 8: Maximalt flöde för framtida situation med skyfallsåtgärder. Vattnets flödesriktning markeras med mörkblå pilar. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).



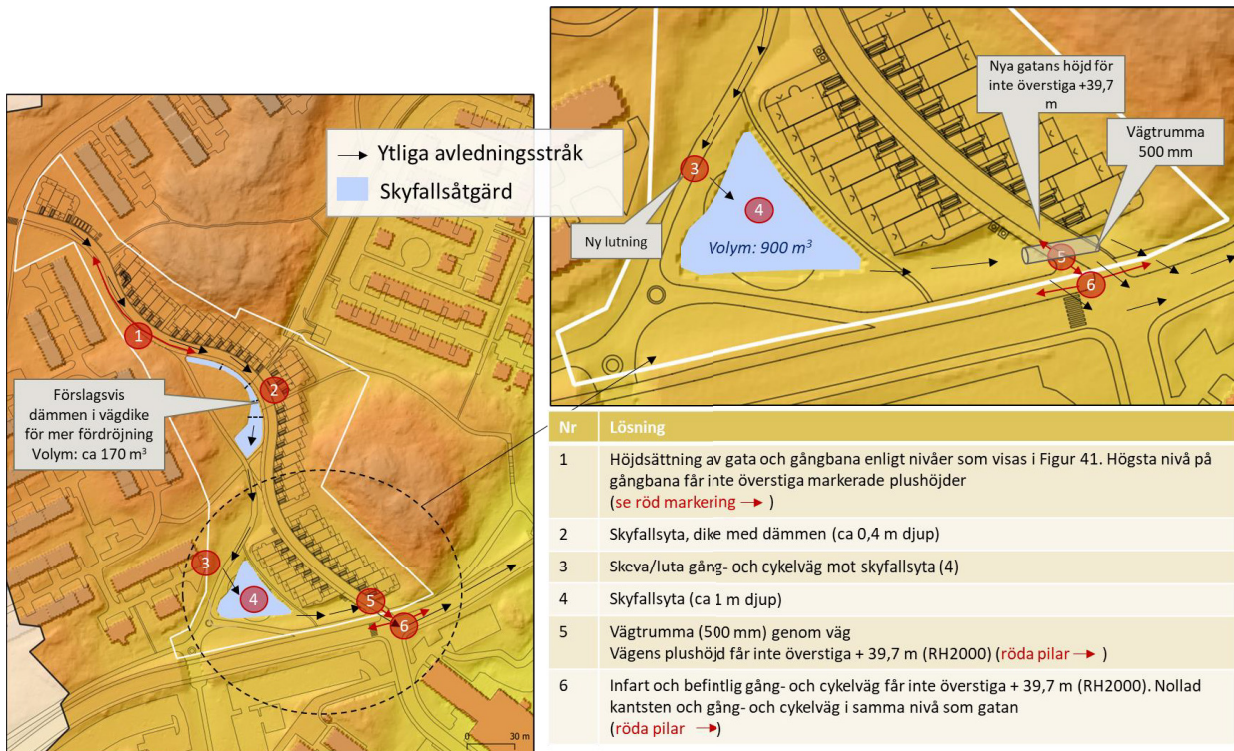
Figur 9: Maximalt vattendjup (m) för framtida situation med skyfallsåtgärder. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).

I norra delen av lokalgatan samt i den södra delen kommer vatten bli stående på gatan vid ett 100-årsregn. Dock är vattendjupet inte så pass stort att det riskerar framkomligheten till och från området. I den norra delen av gatan uppgår maxvattendjupet till 10–30 cm vid skyfall. Vid en sådan regnhändelse kommer det finnas delar av gatan som har maximalt vattendjup på 20 cm. Vattendjup på över 20 cm inträffar i ca 12 min under regnets pik innan det rinner vidare nedströms.

I södra delen av gatan uppgår vattendjupet på gatan till mellan 10–30 cm och likt här finns det alltid del av gatan som maximalt har ett vattendjup på 20 cm, vilket säkrar tillgängligheten till och från området.

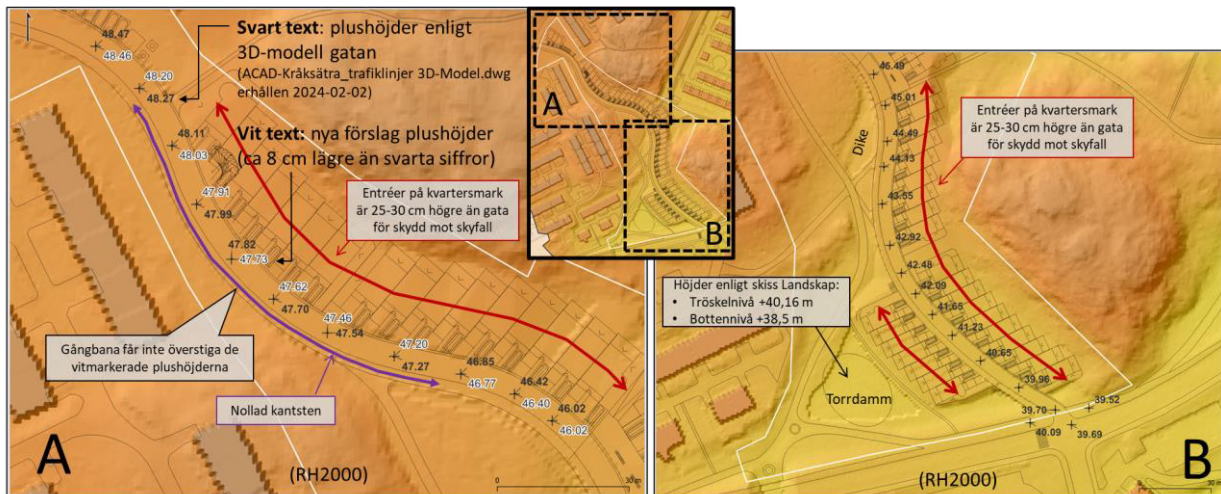
### 4.3 Skiss åtgärdsförslag och förslag på höjdsättning gata

Åtgärdsförslaget som tagits fram inom ramarna för detta arbete omfattar två skyfallsåtgärder. Den totala volymen som behövs fördröjas för att inte öka utgående flöden från området vid skyfall är ca 1100 m<sup>3</sup> vatten. Detta föreslås fördröjas i två olika åtgärder, ett dike med dämnen i befintlig talldunge i mitten av planområdet (170 m<sup>3</sup>) samt en torrdamm i södra delen av planområdet (900 m<sup>3</sup>), se översiktlig skiss i Figur 10. Skyfallsåtgärderna tar hänsyn till befintliga träd samt befintliga VA-ledningar.



Figur 10: Förslag på skyfallsåtgärder. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).

Höjderna längs med den nya lokalgatan har justerats utifrån underlaget, se nya förslag på höjder i Figur 11. Med dessa höjder så erhålls ett resultat som inte har någon negativ påverkan vid skyfall på varken uppströms eller nedströms bebyggelse. Utbredningen av vattenansamlingar är desamma både i befintlig och framtida situation (se jämförelsebild i Figur 13). Jämförelsebild av rinnvägar presenteras i Figur 12.

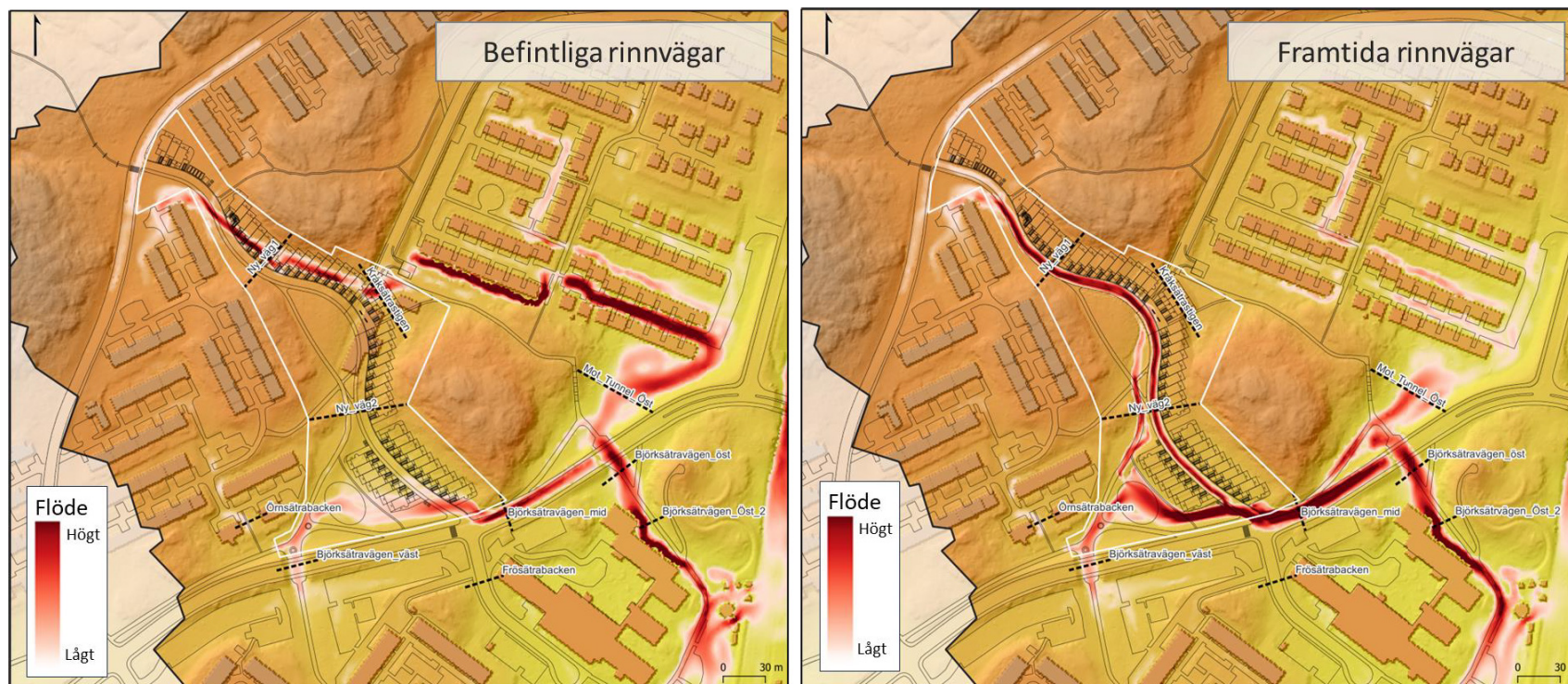


Figur 11: Förslag på höjdsättning inom planområde som ej påverkar befintlig bebyggelse uppströms eller nedströms negativt. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).

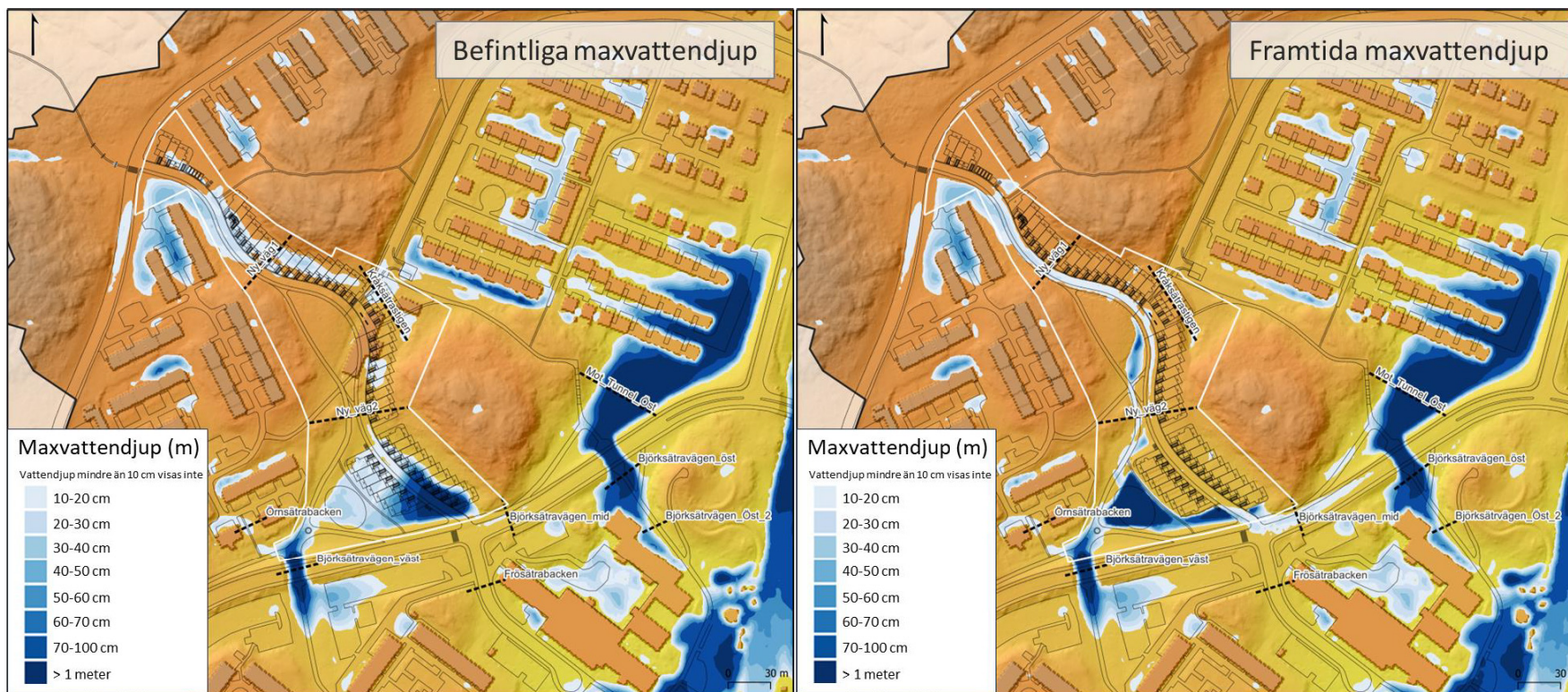
## 4.4 Slutsatser

- För att inte öka utgående flöden från planområdet behöver ca 1100 m<sup>3</sup> vatten fördröjas inom planområdet och denna utredning. Förslagsvis:
  - 170 m<sup>3</sup> i ett dike med dämnen i mitten av planområdet samt,
  - 900 m<sup>3</sup> i en torrdamm i södra delen av planområdet.
- Säkerställa att anslutningen till den nya lokalgatan från Björksättravägen inte överstiger +39,7 m (RH2000) eftersom det kommer öka tröskelnivån innan vatten kan tappas ut från lågpunkten och därmed kommer utbredningen att öka för befintlig bebyggelse.
- Framkomligheten till och från planområdet säkerställs genom att följa den föreslagna höjdsättningen i utredningen. Vattendjup på delar av gator (minst ett körfält) är maximalt 20 cm, vilket säkrar möjligheten att åka till och från området även vid ett skyfall.
- Skyfallslösningen uppfyller samtliga av Länsstyrelsens riktlinjer (beskrivna i dagvattenutredningen avsnitt 3.5) samt riktlinjer i Handläggarstöd skyfallshantering (beskrivna i dagvattenutredning avsnitt 3.6).

## 4.5 Jämförelsebilder rinnvägar och maxvattendjup



Figur 12: Jämförelsebild över rinnvägar vid ett 100-årsregn (inkl. klimafaktor) i befintligt och framtida scenario. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).



Figur 13: Jämförelsebild över maxvattendjup vid ett 100-årsregn (inkl. klimatfaktor) i befintligt och framtida scenario. I figuren visas detaljplanegräns och situationsplan (planhandlingar och situationsplan daterade 240126 respektive 231129, vilket inte är den senaste versionerna).