



Skyfallsutredning Västra Hagastaden

Uppdragsnr: 1083484 Version: GH Datum: 2024-08-30



Uppdragsgivare: Stockholm Stad
Uppdragsgivarens kontaktperson: Haval Latif Ali
Konsult: Norconsult Sverige AB, Hantverkargatan 5K 112 21 Stockholm
Uppdragsledare: Nicolas Schoeffler
Kvalitetsgranskare: Martin Rosén
Handläggare: Lina Skilberg

Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
1	2024-08-30	Sluthandling	L. Skilberg	M. Rosén	N. Schoeffler
GH	2024-03-06	Granskningshandling	L. Skilberg	M. Rosén	N. Schoeffler

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

► Sammanfattning

Stadsdelen Hagastaden inkluderar tre olika detaljplaner som totalt ska möjliggöra för nya bostäder och arbetsplatser; Västra, Centrala och Östra Hagastaden. Genom överdäckning av motorväg och järnväg ska det gamla industriområdet bebyggas och omvandlas till en stadsdel. Detaljplanen Västra Hagastaden (DP3) ligger längs med Norra stationsgatan och Värtabanan (järnvägsspår). I samband med framtagandet av dagvattenutredning för DP3 identifierades en risk för översvämning inom området. På uppdrag av Stockholm stad har Norconsult därför upprättat denna skyfallsutredning med syfte att identifiera områden med risk för översvämning och utforma åtgärder för att hantera skyfallsvatten inom detaljplanen samt att säkerställa att skyfallssituationen för nedströms områden inte försämras. Inom denna skyfallsutredning har både Scalgo Live samt en hydrodynamisk skyfallsmodell i Mike använts.

Utifrån en avrinningsanalys i Scalgo Live kunde det konstateras att vid ett skyfall finns i befintlig situation två utflöden/skyfallsflöden från planerade området för DP3, ett till Klarastrandsleden och ett till Värtabanas norra tunnel. Skyfallsflödet till Klarastrandsleden avrinner ytligt/genom Värtabanas banvall okontrollerat, dvs utan någon typ av teknisk anordning för att motverka erosionsrisk och underminering av banvallen. Skyfallsflödet avrinner sedan okontrollerat vidare över en flera meter hög stödmur och ner till Klarastrandsleden med eventuell risk för trafikanter. Skyfallsflödet till Värtabanas norra tunnel avrinner även den utan någon typ av teknisk anordning avsedd för skyfall.

I analysen kunde det också fastställas att planerad bebyggelse inom DP3 blockerar den flödesväg som idag leder skyfallsflödet till Värtabanas norra tunnel. Det innebär att efter planerad exploatering avleds skyfallsvatten inom planområdet endast till Klarastrandsleden.

Utifrån Scalgo-analysen har ny höjdsättning tagits fram för att säkerställa följande:

- Inga planerade byggnader tar skada av översvämningar
- Inga befintliga byggnader får en försämrad översvämningssituation
- Framkomlighet till befintliga och planerade byggnader inom eller i anslutning till planområdet är säkrad
- Klarastrandsledens översvämningssituation får ej försämras

En befintlig hydrodynamisk skyfallsmodell i MIKE framtagen inom projektet Hagastaden erhöles av staden och planerad höjdsättning från DP3 implementerades i denna. Samma regn som i den erhållna modellen simulerades, det vill säga ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,2 och regnvaraktighet 3 timmar inklusive schablonavdrag för ett 10-årsregn. Med hjälp av skyfallsmodellen testades ovanstående kriterier för höjdsättningen.

Nedan redovisas resultat och slutsatser från skyfallsmodellen:

- Planerad exploatering leder till att befintlig bebyggelse (primärt fastigheterna Skålen 19 och 30) får en förbättrad översvämningssituation vid skyfall. Fastigheten Skålen 19 får mindre vatten mot entré/fasad både under och efter skyfallet. För fastigheten Skålen 30 är de maximala vattendjupen desamma som i dagsläget men översvämningssituationen efter skyfallet blir bättre till följd av att lågpunkten snabbare tappas av.
- Framkomligheten till planerad bebyggelse och befintliga entréer längs med Norra Stationsgatan är säkrad via körbanor under nästintill hela skyfallet. Under ett fåtal minuter kommer framkomligheten vara begränsad då båda korsningarna i planområdets respektive ändar har vatten stående över 30 cm. Planerade kvarter och fastigheterna

Skålen 16–18, 27, 22–23 nås då endast ifrån Norra Stationsgatan via trottoaren. Fastigheten Skålen går dock att nå från innergårdarna via Norrbackagatan. Sannolikheten att räddningstjänsten kommer påverkas under dessa minuter bedöms som låg.

- Planen påverkar inte framkomligheten på Klarastrandsleden. Efter exploatering kommer flödet ut på Klarastrandsleden att öka något, även den volym vatten som rinner ut på Klarastrandsleden från planområdet ökar. Detta påverkar dock inte vattendjupet på vägen, som förblir detsamma på grund av den ändrade flödesdynamiken. Det vill säga att tillflödet ifrån den norra lågpunkten kommer senare än den första flödestoppen. Inte heller påverkas statusen "fara för människoliv" på vägen.

Skyfallssituationen för Värtabanan och Klarastrandsleden

Skyfallssituationen för Värtabanan bedöms förbättras efter planerad exploatering då:

1. Mindre volym vatten (ca 1600 m³) leds in i den norra tunneln vid ett 100-årsregn. Vilket innebär att eventuell befintlig skyfallsproblematik i norra tunneln bedöms utgå.
2. En kulvert, som är dimensionerad för att omhänderta ett 100-årsregn ifrån planområdet, föreslås avleda skyfallsflödet under Värtabanan istället för ytligt/genom banvallen.
3. Värtabanan föreslås säkras mot skyfall större än 100-årsregn med hjälp av en skyddsmur/tråg. Både kulvertlösningen och skyddsmuren/tråget innebär att Värtabanan i framtiden kan säkras från eventuell erosionsrisk och underminering av banvallen.

Skyfallssituationen vid 100-årsregn och skyfall med längre återkomsttider bedöms förbättras för Klarastrandsleden med hjälp av en kontrollerad avledning av skyfallsflödet. Den tekniska utformningen föreslås bestå av en kulvert och en bräddningsanordning med stänkskydd för att sprida ut skyfallsflödet och uppnå lägre skyfallsflöden med mindre risk för trafikanter.

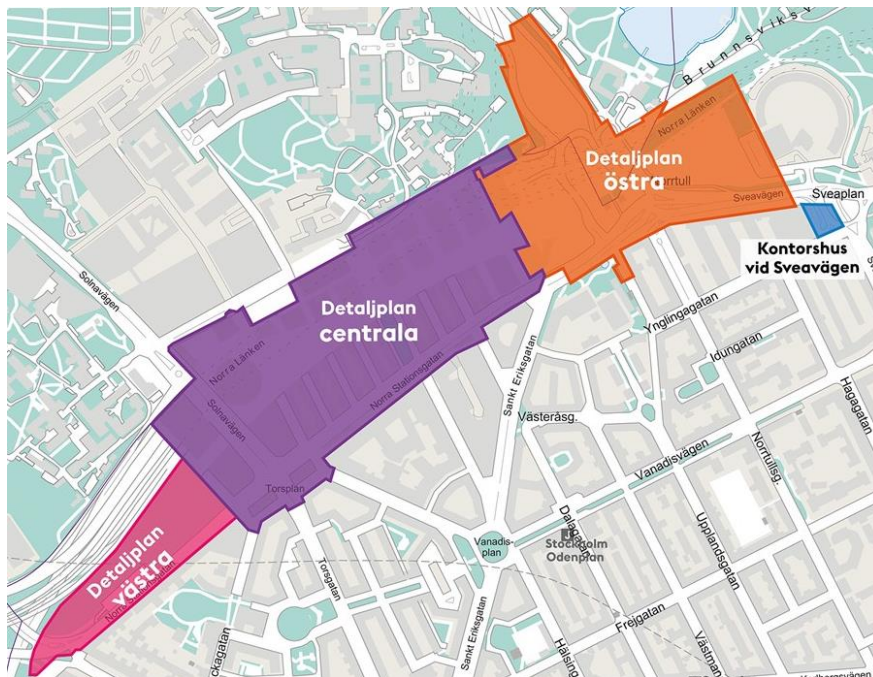
Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Syfte	7
1.2	Planerade exploatering	7
1.3	Underlag	8
1.4	Förutsättningar	8
2	Skyfallsteori	10
2.1	Klimatförändringar	10
2.2	Skyfall i urbana miljöer	11
2.3	Modelleringsprogram	12
2.3.1	<i>Scalgo Live</i>	12
2.3.2	<i>MIKE+, DHI</i>	13
3	Områdesförutsättningar	14
3.1	Avrinningsanalys	14
3.1.1	<i>Befintlig situation</i>	14
3.1.2	<i>Framtida situation</i>	16
3.2	Geoteknik	17
3.3	Ledningssystem	19
3.3.1	<i>Befintligt ledningssystem</i>	19
3.3.2	<i>Planerat ledningssystem</i>	20
4	Skyfallsmodell Västra Hagastaden	21
4.1	Terrängmodell	21
4.1.1	<i>Befintliga förhållanden</i>	21
4.1.2	<i>Planerad utformning</i>	21
4.2	Nederbörd	22
4.3	Markens råhet	22
4.4	Infiltration	22
4.5	Skyfallslösningar	23
4.5.1	<i>Avledning från lågpunkten i Norra Stationsgatan</i>	24
4.5.2	<i>Avledning genom skyfallsdike</i>	24
4.5.3	<i>Avledning under/över Värtabanan</i>	24
4.6	Osäkerheter	29
5	Resultat	30
5.1	Befintlig situation	30
5.2	Framtida situation	33
5.3	Framkomlighet	37
5.4	Påverkan befintlig bebyggelse	38
5.5	Flöden och flödesvolym	39
6	Förkastade skyfallslösningar	41

6.1	Nedsänkt yta Karlbergsplats	41
6.2	Extra djupa växtbäddar Norra Stationsgatan	41
6.3	Dike bakom kvartersmark	41
7	Slutsatser och rekommendationer	42
7.1	Rekommenderat fortsatt arbete	42
8	Referenser	44

1 Inledning

Stadsdelen Hagastaden inkluderar tre olika detaljplaner som totalt ska möjliggöra för ca 3000 nya lägenheter och ca 14 000 arbetsplatser inom Stockholm stad, se Figur 1:1. Detaljplanen Västra Hagastaden (DP3) ligger längs med Norra stationsgatan och Värtabanan (järnvägsspår). Planområdet består idag av en byggarbetsplats/uppställningsplats.



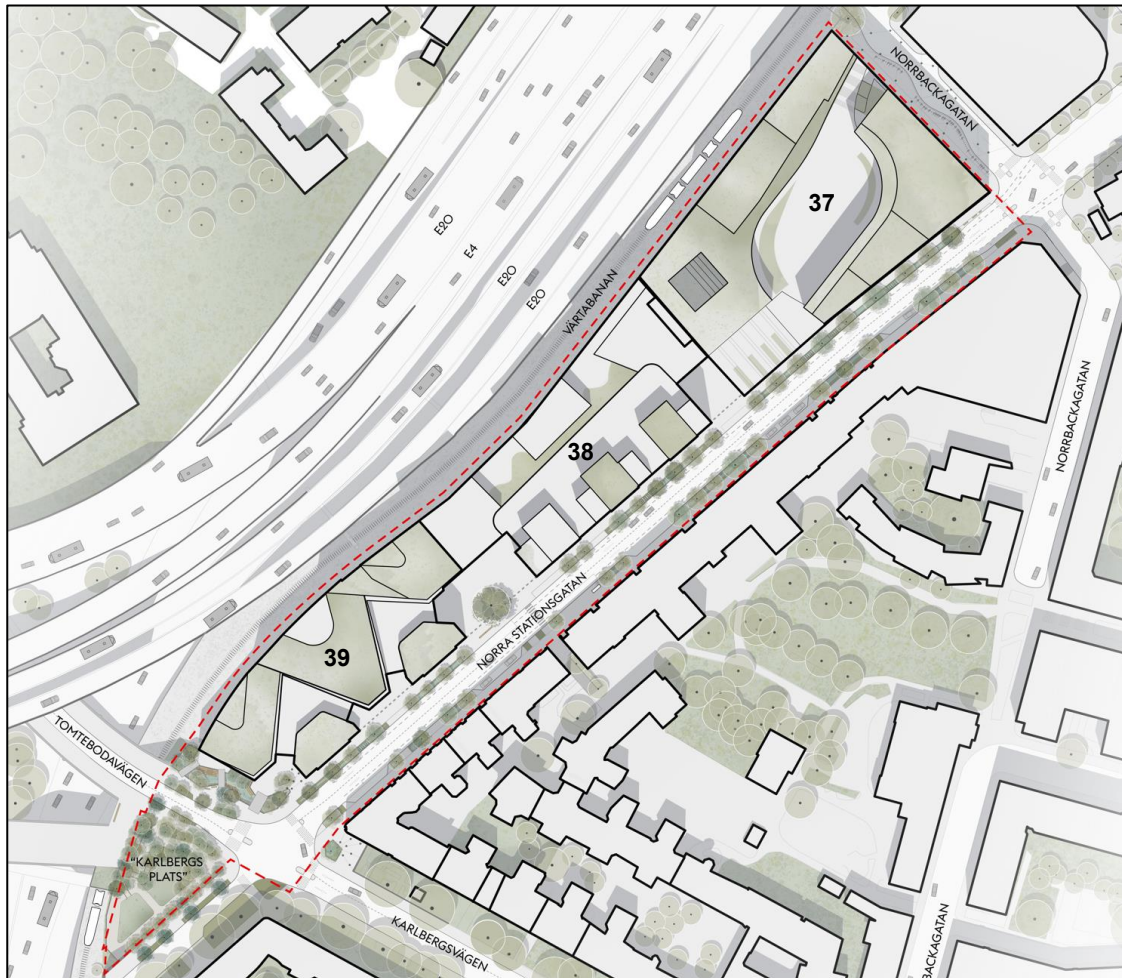
Figur 1:1. Detaljplanerna inom stadbyggnadsprojektet Hagastaden (Stockholm stad, 2024).

1.1 Syfte

I samband med framtagandet av dagvattenutredning för detaljplanen Västra Hagastaden (DP3) identifierades en översvämningsproblematik inom området. På uppdrag av Stockholm stad har Norconsult därför upprättat denna skyfallsutredning med syfte att identifiera och finna åtgärder för att hantera skyfallsvatten inom detaljplanen samt att inte försämra situationen för nedströms områden.

1.2 Planerade exploatering

Allmän platsmark inom Västra Hagastaden (DP3) innefattar delar av Norra stationsgatan och Karlbergsvägen, se Figur 1:2. Inom allmän platsmark ska gång- och cykelvägar anläggas samt regnbäddar med trädplantering. Gatorna inom korsningen Norra stationsgatan/Karlbergsvägen, i utredningen kallad Karlbergsplats, ska justeras och det ska möjliggöras för en mindre torgyta. Inom kvartersmarken ska flerfamiljshus anläggas.



Figur 1:2. Illustrationsplan detaljplan Västra Hagastaden. Längs i söder planeras ett torg/parkmiljö på Karlbergsplats. Kvartersmark planeras mellan Norra Stationsgatan och Värtabanan.

1.3 Underlag

Följande underlag har använts i utredningen:

- Kopplad skyfallsmodell Hagastaden i programvaran MIKE Flood, Sweco, 2023-11-06
- Tekniskt PM *Skyfallskartering Hagastaden 12706151*, Sweco, 2020
- L2-010-P0-30000-0001_Underlag för skyfall- och dagvattensimulering, White, 2024-01-26
- Laserscanning 2021-03-23, Lantmäteriet Sverige 1–2 m, hämtad från Scalgo Live 2023-06-29
- L2 - Skiss brunnspacering Norrbackagatan, White, 2024-01-26
- L2 - Skiss skyfallskulvert Norra stationsgatan, White, 2024-01-26
- Höjder på Klarastrandsleden, P4-100-WB-30000-000, Stockholm stad

1.4 Förutsättningar

Utifrån hydraulisk beräkningsmodell har resultat från skyfallskarteringarna tagits fram och presenterats. Allt det material som tagits fram och levererats är i koordinatsystemet SWEREF99

18 00 och höjdsystemet RH 2000. Samtliga höjdnivåer i denna rapport refererar till dessa system.

På planerad kvartersmark ligger det idag en arbetstunnel till den nya tunnelbanan mellan Odenplan och Arenastaden. Arbetstunneln kommer att vara igenfylld när arbete med DP3 påbörjas enligt uppgifter ifrån staden, se Figur 1:3.



Figur 1:3. Arbetstunneln ligger idag på planerad kvartersmark (öster om Värtabanan) och kommer fyllas igen när pågående arbete är utfört.

2 Skyfallsteori

Vid modellering av skyfall hänvisas det till återkomsttid som vidare kan illustreras som en riskfaktor. Den återkomsttid som väljs för att dimensionera ett avrinningssystem speglar också den bakomliggande risken som samhället tar med avseende på skyfall. Sannolikheten för att ett regn med en viss återkomsttid ska inträffa eller överträffas är 1/T för varje enskilt år, oberoende av när händelsen inträffade senast. Sannolikheten för att ett 100-årsregn ska inträffa under en period på 100 år är därför 63%, se Tabell 2.1.

Tabell 2.1. Tabellen visar den ackumulerade risken att en vädersituation med en viss återkomsttid inträffar under en tidsperiod. Tabell hämtad från (MSB, 2023).

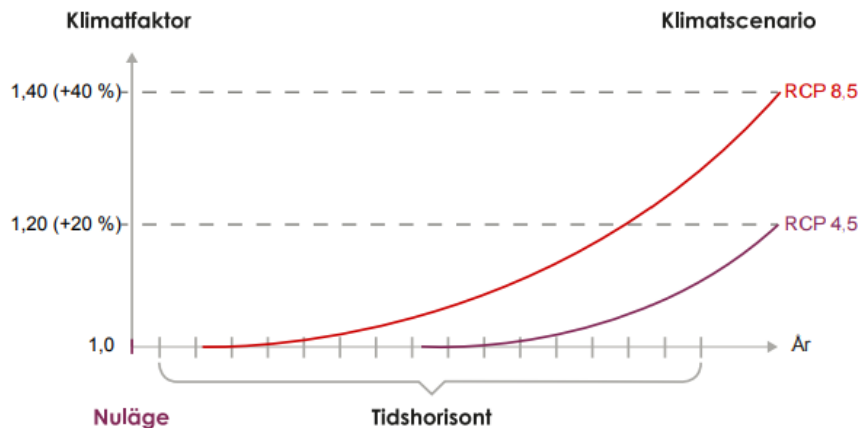
Återkomsttid (år)	Sannolikhet under 1 år	Sannolikhet under 2 år	Sannolikhet under 5 år	Sannolikhet under 10 år	Sannolikhet under 20 år	Sannolikhet under 50 år	Sannolikhet under 100 år
2	50	75	97	100	100	100	100
5	20	36	67	89	99	100	100
10	10	19	41	65	88	99	100
20	5	10	23	40	64	92	99
50	2	4	10	18	33	64	87
100	1	2	5	10	18	39	63

Nuvarande rekommendation från Boverket och ett flertal länsstyrelser är att vid utredning av ny bebyggelse ska som minimum studera ett regn med 100 års återkomsttid för att utvärdera planens lämplighet med hänsyn till skyfallsrisker.

Vid övrig åtgärdsplanering är det upp till projektägare att bedöma vad som är lämpligt att välja som dimensionerande för det specifika fallet. Till exempelvis kan tillgänglig yta för skyfallsåtgärder och ekonomi vara minst lika relevant som val av återkomsttid (MSB, 2023).

2.1 Klimatförändringar

Vid bedömning av konsekvenser av ett skyfall är det viktigt att ta hänsyn till klimatförändringar under byggnader och anläggningars livstid. Det finns flera olika scenarier för framtiden baserat på olika utsläppsscenarier och tidshorisont. SMHI har sammanfattat de relativa förändringarna för nederbörd i en tabell som bygger på data för Sverige och återkomsttider mellan 5 och 100 år. Generellt prognostiseras ökningen av nederbörd fram till århundradets mitt bli ca 10–20 % oberoende av utsläppsscenario, se Figur 2:1. Därefter ligger det lägre utsläppscenariot kvar på ca 20 % ökning och det högre utsläppscenariot går mot ca 40 % ökning (MSB, 2023).



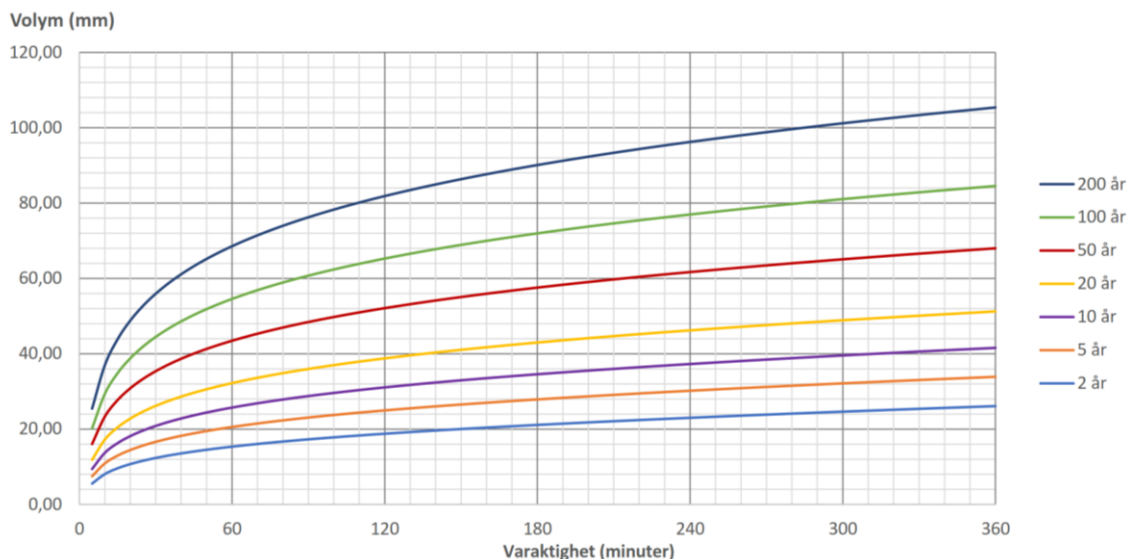
Figur 2:1. Schematisk bild som visar hur val av klimatkfaktor påverkas av vilket klimatscenario och tidshorisont som väljs (MSB, 2023).

2.2 Skyfall i urbana miljöer

Skyfall innebär att stora mängder nederbörd faller under en kort tid. Enligt SMHI ska intensiteten för ett regn överstiga 50 mm/timme eller 1 mm/minut för att regntillfället ska definieras som skyfall (MSB, 2017). Svenskt Vatten (2018) menar dock att en sådan definition inte är helt tillämplig för skyfall i urbana miljöer där det i stället är den totala tiden under vilket ett regn med en viss intensitet faller, den så kallade regnvaraktigheten, som är avgörande för markavrinningen.

Sambanden kan åskådliggöras med så kallade volym-varaktighetskurvor, se Figur 2:2, som visar att regnvolymen ökar med en högre regnvaraktighet. På motsvarande sätt minskar intensiteten för ett regn med en längre varaktighet.

Figur 2:2 visar också att det inte finns ett entydigt "100-årsregn". Om samma storlek på ett regn, exempelvis 60 mm, faller på 20, 130 minuter respektive 300 minuter kommer den återkomsttiden variera mellan 100, 20 eller 10 år. Konsekvenserna av ett regn med 100 års återkomsttid i en stadsmiljö kan således variera kraftigt beroende på om regnet varar i 10 minuter eller 2 timmar även om regnet vid båda tillfällena teoretiskt kan definieras som ett "100-årsregn".

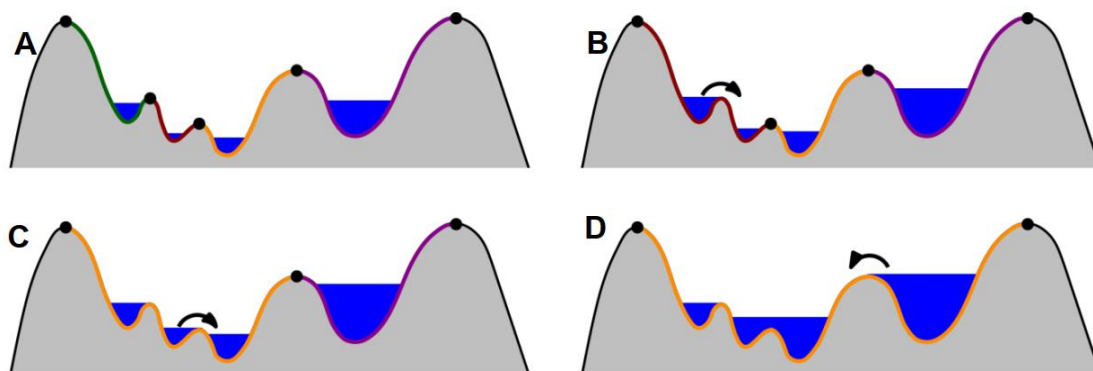


Figur 2:2. Grafen visar volym och varaktighetskurvor för regn med olika återkomsttid.

2.3 Modelleringsprogram

2.3.1 Scalgo Live

Scalgo Live är ett verktyg för lågpunktskartering som även tar hänsyn till lågpunkternas volym. Metoden "flash flood mapping" i Scalgo Live och hur denna fungerar vid en extrem regnhändelse redovisas i figuren. I Figur 2:3 visar hur vatten samlas i sänkor under en extrem regnhändelse och hur vattnet rinner över lokala vattendelare när regnmängden ökar.



Figur 2:3. Scalgo Live redovisar instängda områden och rinnvägar vid en viss regnmängd. I figur A är det ett lite regn och vattnet stannar i lokala lågpunkter. I takt med att regnmängden ökar fylls fler lågpunkter upp och spiller över till nästa.

Scalgo Live med verktyget "Flash flood mapping" är en typ av mer avancerad lågpunktskartering som redovisar instängda områden och rinnvägar vid en viss regnmängd. Scalgo Live är ett statiskt verktyg och tar inte hänsyn till variationer över tid såsom variationer i infiltration och ledningsnät eller dämning på mark samt hur ett visst regnförlopp varierar över tid. Det gör att det finns risk att de maximala vattenvolymerna i lågpunkter överskattas och att vattennivåer längs flödesvägar underskattas, särskilt i flacka områden.

2.3.2 MIKE+, DHI

Skyfallsmodellering har också genomförts med en tvådimensionell hydrodynamisk modell som byggts upp i programvaran MIKE +. Modellen har erhållits av Sweco i formatet MIKE FLOOD (MIKE21 och MIKE Urban), se *Tekniskt PM Skyfallskartering Hagastaden* (Sweco, 2020).

Skyfallsförloppet i modellen beräknas genom att lösa Navier-Stokes ekvationer som bygger på bevarandet av massa och rörelsemängd. Till skillnad från Scalgo Live kan modellering i MIKE visa på tidsaspekten och därmed ta hänsyn till t.ex. dämningar på mark.

Skyfallskarteringen grundas på riktlinjer, rekommendationer och metodik från Svenskt Vattens publikation P110 (2016) i kombination Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps, MSB:s, rapport *Vägledning för skyfallskartering* (2017) och *Metod för skyfallskartering av tätorter* (2023).

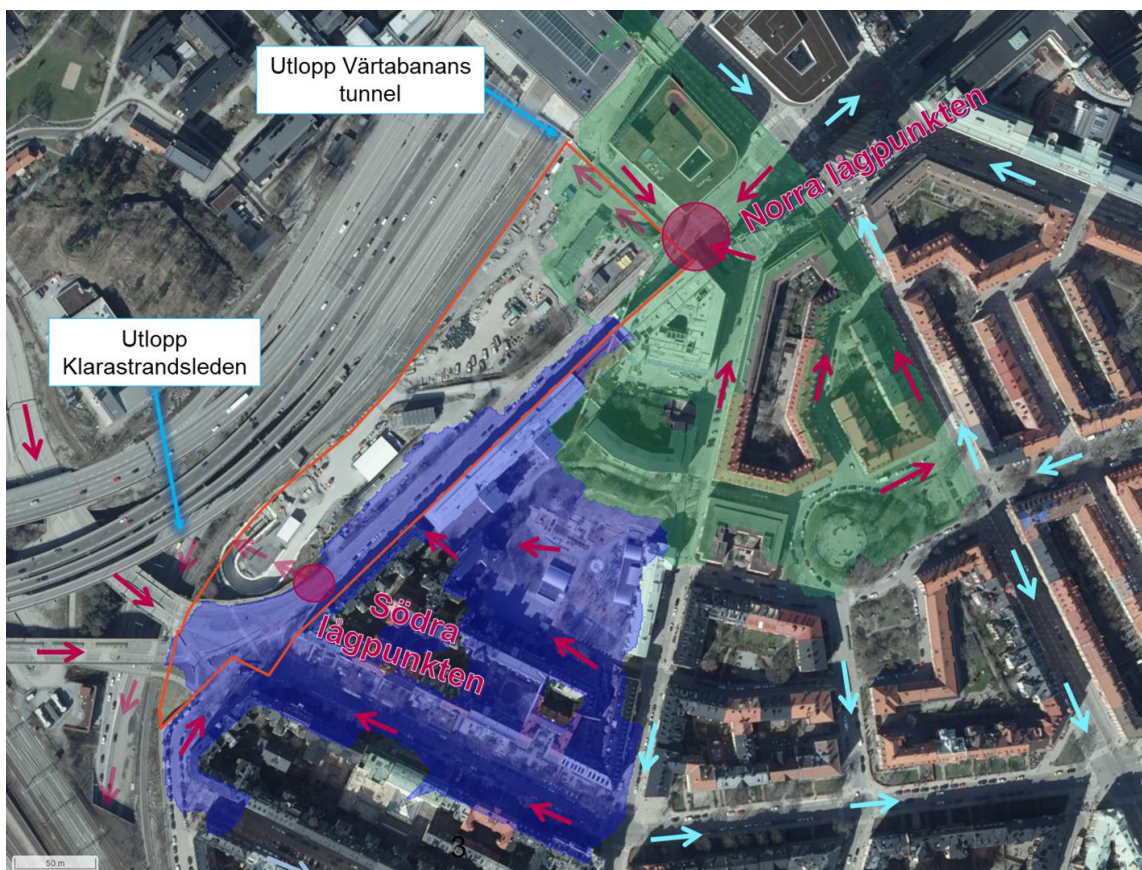
3 Områdesförutsättningar

3.1 Avrinningsanalys

3.1.1 Befintlig situation

Genom planområdet finns idag två primära flödesvägar vid skyfall, en som avrinner till Värtabanans tunnel norrut och en som avrinner ut på Klarastrandsleden i södra delen av planområdet, se Figur 3:1. Avrinningsområdena vid skyfall till de båda avrinningsvägarna är markerat i Figur 3:1 med grönt (norrut) och blått (söderut).

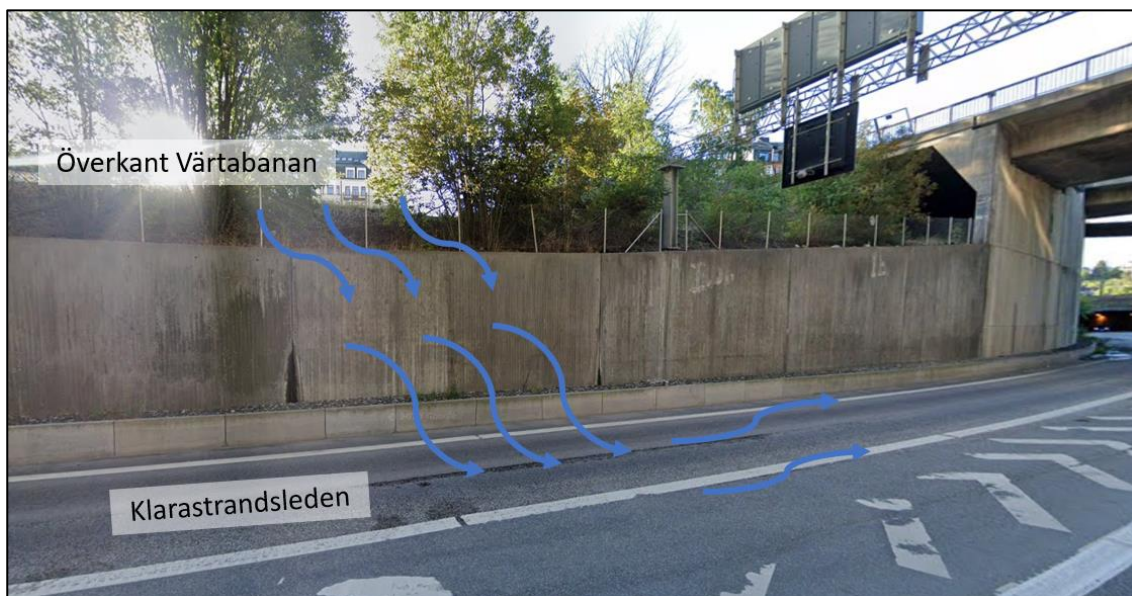
Avrinningen ut ur planområdet som går till Värtabanans tunnel (norrut) tar emot skyfallsvatten ifrån delar av framtida kvartersmark samt en större mängd skyfallsvatten ifrån den lågpunkt som ligger i korsningen Norra Stationsgatan/Norrbackagatan. Hit rinner vatten, vid ett skyfall, ifrån delar av bl.a. Norrbackagatan, Torsgatan och Solnavägen. Vid ett 56 mm regn i Scalgo Live (mängden som faller under ett 30 minuters 100-årsregn med klimatfaktor 1,25 samt avdrag för ett 10-årsregn motsvarande ledningsnätet) så rinner ca 2450 m³ vatten ut ur planområdet via denna avrinningsväg. Nivåerna på Värtabanans överbyggnad inne i tunneln finns inte i studerad höjdmodell i Scalgo Live, det antas dock att vattnet rinner in i tunneln baserat på omkringliggande höjder. Banvallen har högst troligt en högre porositet och infiltrationsförmåga.



Figur 3:1. Planområdet (se röd markering) består idag främst av två stora flödesvägar med utlopp norrut (Värtabanans tunnel) och söderut (Klarastrandsleden). Avrinningsområdena till respektive utloppspunkt är markerat med grönt (utlopp norrut) och blått (utlopp söderut). Flödespilar inom planområdet är markerat i rött. Flödespilar utanför planområdet är markerat i ljusblått.

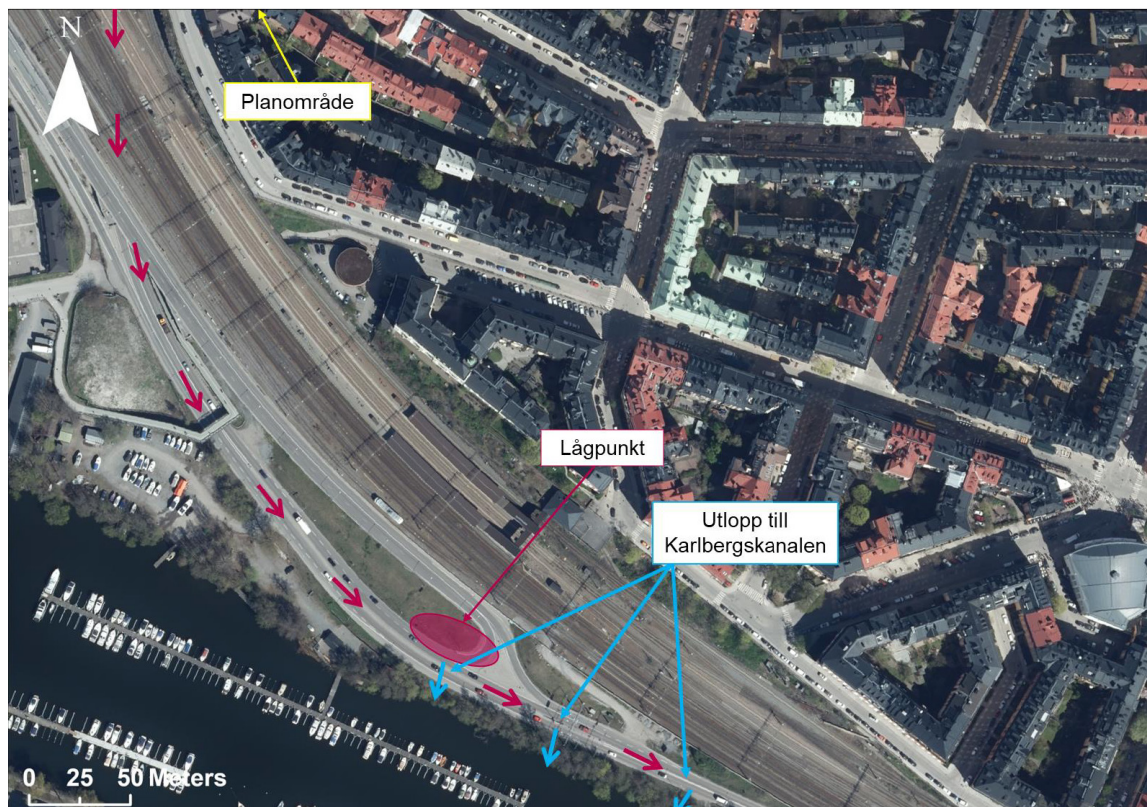
Den andra avrinningsvägen ur detaljplanen ligger i den södra delen av planområdet. I dagsläget skulle skyfall avrinna från Norra stationsgatan ner till arbetstunneln, se figur 1:3. Detta kan ej anses vara nollscenariot/nulägesscenariot då arbetstunneln är provisorisk och kommer att vara igenfylld när arbeten med DP3 påbörjas. I rapporten innebär därmed nollscenariot/nulägesscenariot att arbetstunneln är igenfylld.

I nollscenariot förväntas skyfallsflödet vid ett 100-årsregn avrinna ytligt och okontrollerat över/genom Värtabanans banvall och ner till Klarastrandsleden via en flera meter hög stödmur, se Figur 3:2. Det finns i dagsläget ingen teknisk anordning för att säkra Värtabanan och Klarastrandsleden. Skyfallsflödet innebär därmed en potentiell risk för erosion och underminering av Värtabanans banvall. Skyfallsflödet innebär även en potentiell risk för stabiliteten av stödmuren och för trafikanter på Klarastrandsleden.



Figur 3:2. Illustration över skyfallsflödet från Värtabanan ner till Klarastrandsleden (Foto: Google maps).

Skyfallsvattnet följer till slut Klarastrandsleden söderut innan det via släpp i kantstenen rinner ut i Karlbergskanalen, se Figur 3:3. Det mesta av vattnet rinner ut i höjd med på- och avfart från Pampaslänken men en del av vattnet ansamlas i en lågpunkt där det maximala vattendjupet är ca 30 cm.



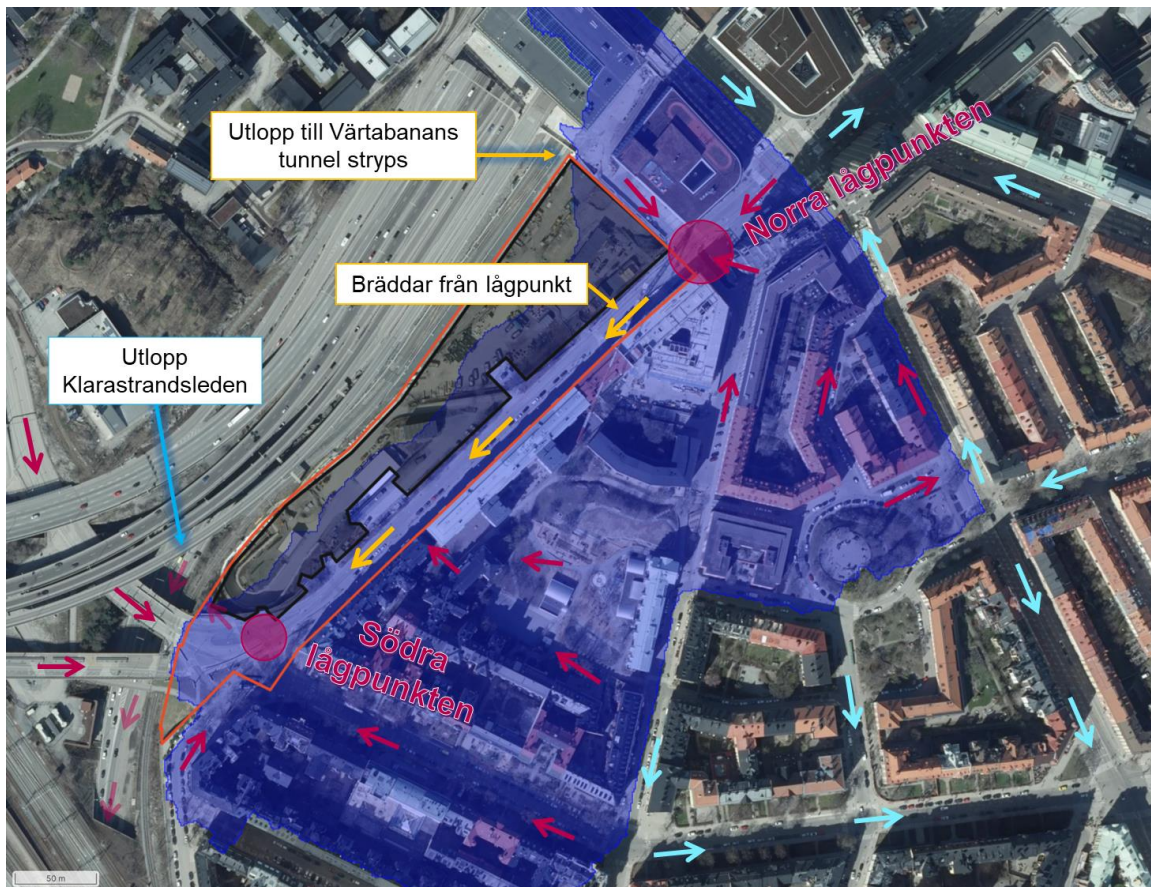
Figur 3:3. Delar av vattnet från planområdet rinner söderut på Klarastrandsleden innan det når Karlbergskanalen via släpp i kantstenen. En del av vattnet ansamlas i en lågpunkt vid påfarten från Pampaslänken. Lågpunktens maximala vattendjup är ca 30 cm.

En del av vattnet (ca 245 m³) ansamlas i befintliga mindre lågpunkter på den planerade kvartersmarken, lågpunkter redovisas i resultatet från MIKE-simulering, se Figur 5:5. En del vatten tillrinner också ifrån Solna kommun via Tomtebodabron (ca 450–500 m³), det vattnet rinner via planerad kvartersmark ut på Klarastrandsleden.

3.1.2 Framtida situation

Efter planerad exploatering så kommer avrinningsområdet att ändrats då flödesvägen till Värtabanans tunnel (den norra avrinningsvägen) stryps och skyfallsvatten kommer via Norra stationsgatan och den södra lågpunkten ta sig ut på Klarastrandsleden, se Figur 3:4. Detta beror på att planerade byggnader på kvartersmark omöjliggör den tidigare flödesväg som gick till Värtabanans tunnel.

De två befintliga lågpunkterna finns kvar, men då det är ny lägre tröskelnivå på Norra Stationsgatan rinner vattnet från den norra lågpunkten i korsningen Norra Stationsgatan/Norrbackagatan vidare till Karlbergsplats. Från den södra lågpunkten i Norra Stationsgatan har projektets landskapsarkitekter projekterat ett skyfallsdike bredvid kvartersmark som avleder vattnet till Värtabanans och Klarastrandsleden.



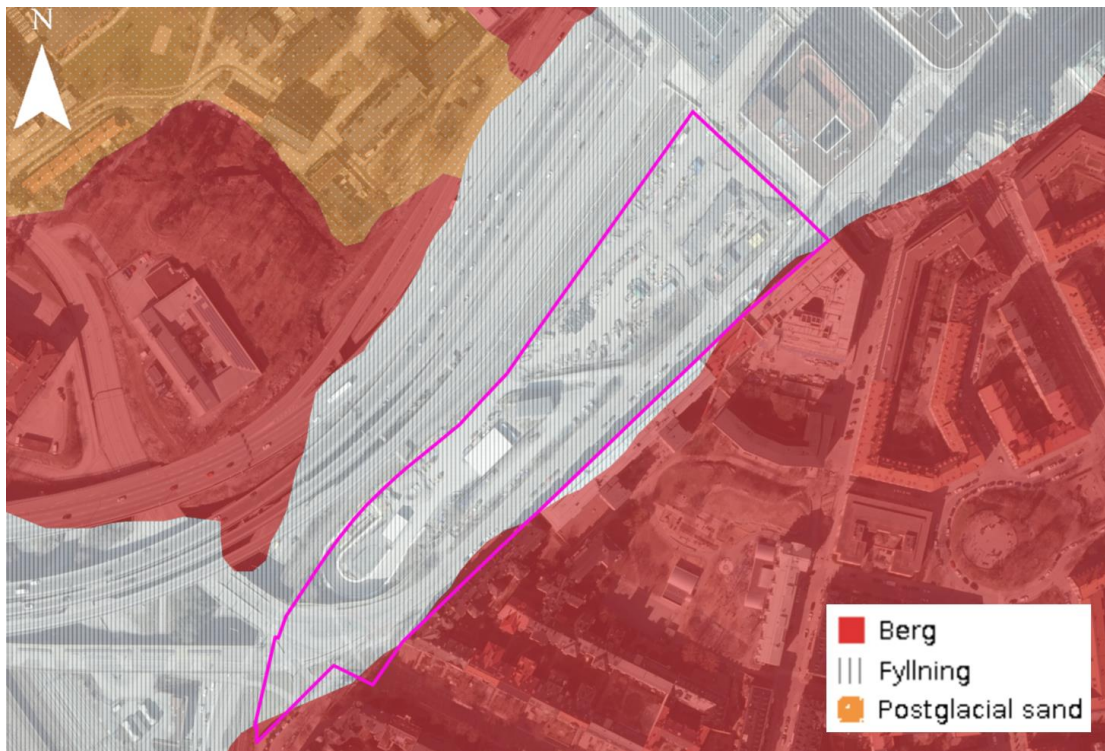
Figur 3:4. Avrinningsområdet ändras efter exploatering. De vatten som tidigare rann till Värtabanans tunnel (norrut) rinner nu söderut till Karlbergsplats och vidare ut på Klarastrandsleden.

I och med att en flödesväg ur planområdet stryps rinner ca 1960 m³, enligt analys i Scalgo Live, vatten extra till Klarastrandsleden. Det har därför undersökts hur Klarastrandsleden påverkas av den planerade exploateringen. För att i framtiden skapa säkra skyfallsvägar från planområdet till Klarastrandsleden har ett flertal lösningar tagits fram, se avsnitt 4.5.

3.2 Geoteknik

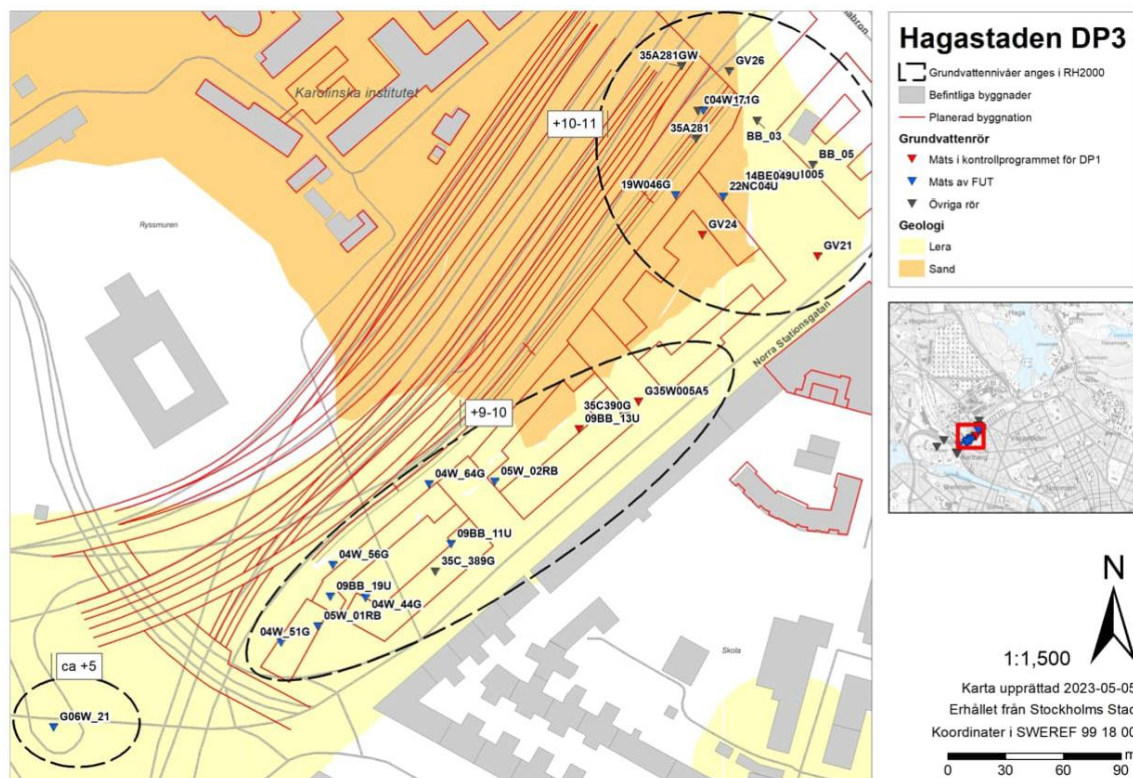
I framtiden geoteknisk utredning framgår det att marken inom planområdet främst består av fyllnadsmaterial, som ligger på lera på friktionsjord på berg. Fyllningen kan också ligga direkt på friktionsjord eller berg där berglagret är mer ytligt (WSP, 2024-01-26). Det stämmer också överens med SGU jordartskarta som visar att planområdet består till stora delar av fyllning, se Figur 3:5.

Även modellområdet (som simulerats i skyfallsmodellen) består till stor del av fyllning och berggrund. En stor del av modellområdet är också hårdgjort och det kan antas att det är generellt dålig infiltration även om de delar som är grönområde och ligger på fyllning kan ha god infiltration.



Figur 3:5. Jordarterna i planområdet är enligt SGU jordartskarta (1:25 000 – 1:100 000) mestadels fyllning (hämtad från Scalgo Live 2024-02-05). Planområdet är markerat i rosa.

Det finns flertal grundvattenrör inom planområdet. Grundvattennivån i den nordöstra delen varierar mellan +10 och +11 med det i den sydvästra delen ligger runt ca +5, se Figur 3:6. I resterande delar av planområdet varierar grundvattennivån mellan +9 och +10 (WSP, 2024-01-26). Jämfört med tidigare mätningar av grundvattennivån (*PM Förutsättning Geoteknik DP3 Hagastaden daterad 2014-07-12*) har grundvattennivån sänkts mellan ca 2–3 m. Varför det har skett en sänkning är inte känt, men det kan påverka jordarnas egenskaper.



Figur 3:6. Karta över DP3 med grundvattenrör och deras medelgrundvattennivåer (WSP, 2024-01-26).

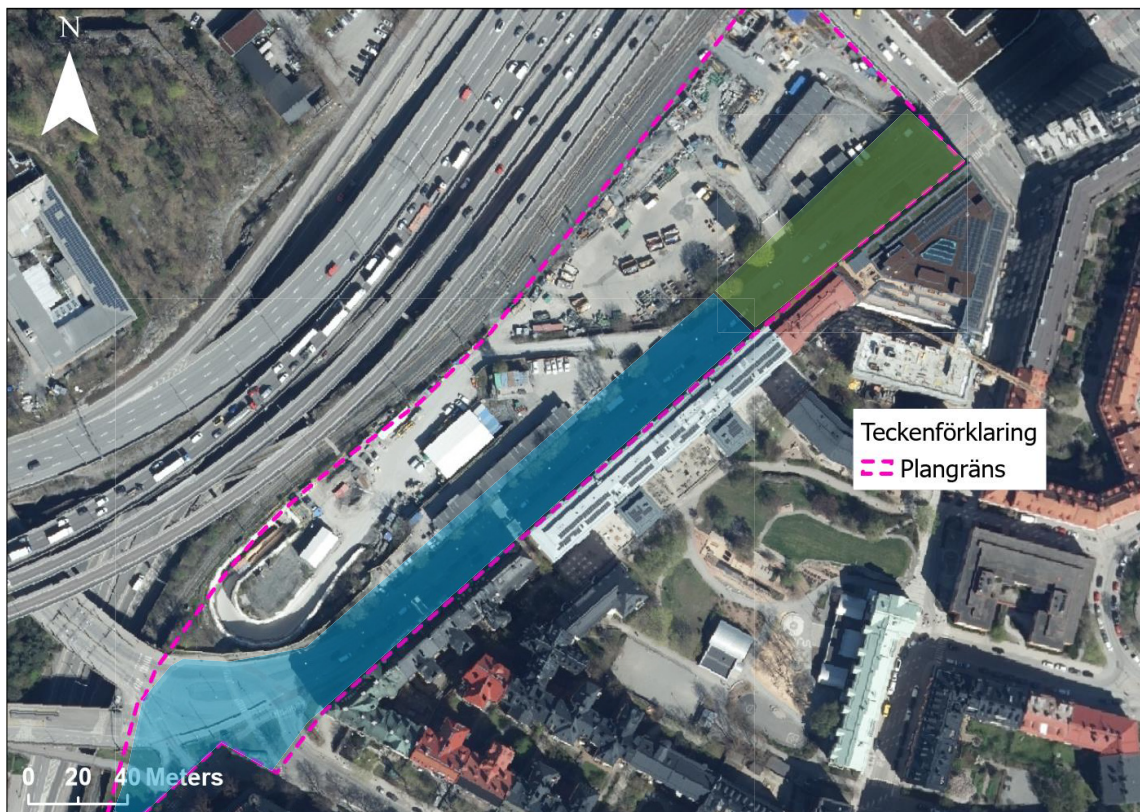
3.3 Ledningssystem

3.3.1 Befintligt ledningssystem

Inom planområdet finns det flertalet rännstensbrunnar i gatan. Inom det blåa området i Figur 3:7 avrinner dagvattnet till rännstensbrunnar som är anslutna till dagvattenledningar som avleder dagvattnet söderut till Karlbergskanalen.

Dagvatten inom det gröna området avrinner till rännstensbrunnar som är anslutna till det kombinerade ledningar som avleder dagvattnet till Henriksdals reningsverk. Enligt samlingskarta finns det även ett fåtal dagvattenbrunnar inom kvartersmarken.

Det arbetsområde som innefattar framtida kvartersmark avvattnas idag troligtvis både till befintlig ledning i Norra Stationsgatan och en del ned mot Klarastrandsleden.



Figur 3:7. Tekniska avrinningsområden i Norra Stationsgatan. Dagvatten inom det blåa området går till befintlig dagvattenledning som leder vattnet ut i Karlbergskanalen, dagvatten inom det norra området (markerat i grönt) går till det kombinerade nätet och Henriksdals reningsverk.

3.3.2 Planerat ledningssystem

Dagvattennätet inom detaljplanen är ännu inte dimensionerat. Men det kommer enligt SVOA dimensioneras för ett 30-årsregn med klimatfaktorn 1,25 med trycklinje under markytan. Den nya ledningen kommer gå från Norrbackagatan/Norra Stationsgatan och ansluta till befintlig D800 vid Karlbergsvägen. Från befintlig D800 vid Karlbergsvägen och ut till Karlbergskanalen kommer det inte göras några uppdimensioneringar eller andra förändringar då denna sträcka har tillräckligt hög kapacitet för att kunna hantera flödet från den nya dagvattenledningen. Sannolikt kommer den nya dagvattenledningen i Norra Stationsgatan ha en dimension på 1000 mm eller mer.

Nya rännstensbrunnar och serviser är inte ännu fastställda men de kommer ansluta till en ny dagvattenledning i Norra Stationsgatan. Det är inte ännu beslutat om den befintliga dagvattenledningen i Norra Stationsgatan ska vara kvar.

I erhållen ledningsnätmodell ifrån Sweco visar resultat, för det nya ledningsnätet, att det inte blir marköversvämningar vid ett 10-årsregn. Detta indikerar att det finns en god kapacitet i ledningsnätet.

4 Skyfallsmodell Västra Hagastaden

Inom projektet har det erhållits en kopplad modell för Hagastaden där DP3 för Västra Hagastaden är inkluderad. Modellen erhöles i formatet MIKE FLOOD (MIKE21 samt MIKE Urban) och konverterades därefter till den nyare programvaran MIKE+. Detta till följd av att erhållet format är skapat i utdaterad programvara och stödjer inte alla filformat samt att det inte längre finns support för dessa delar. Den nyare programvaran bidrar också till att korta ned simuleringstider.

Då erhållen ledningsnätsmodell innehöll flertalet modellinstabiliteter (Sweco, 2023-11-06) har endast ytavrinning simulerats i ett detta skede.

Följande filer har använts som underlag för modellen:

Modellfiler:

- Hagastaden_skyfall_100Y_2020_e_threshold_2022

Indata:

- Mannings_200204.dfs2 (befintligt Mannings tal)
- Mannings_220425.dfs2 (framtida Mannings tal)
- 100Y3h_1.210Y_FM.dfs0

Då erhållen terrängmodell hade en upplösning på 2x2 m byggdes en ny höjdmodell upp på nytt för att få en bättre upplösning.

4.1 Terrängmodell

Höjdmodellen har hämtats utifrån ny laserscanning (2021) för att få bättre upplösning (1x1 m) samt för att uppdatera nya marknivåer då Hagastaden är ett område som har exploaterats de senaste åren. Byggnader har höjts upp för att tillåta vatten flöda runt dessa.

4.1.1 Befintliga förhållanden

Utöver den nya laserscanningen har följande justerats:

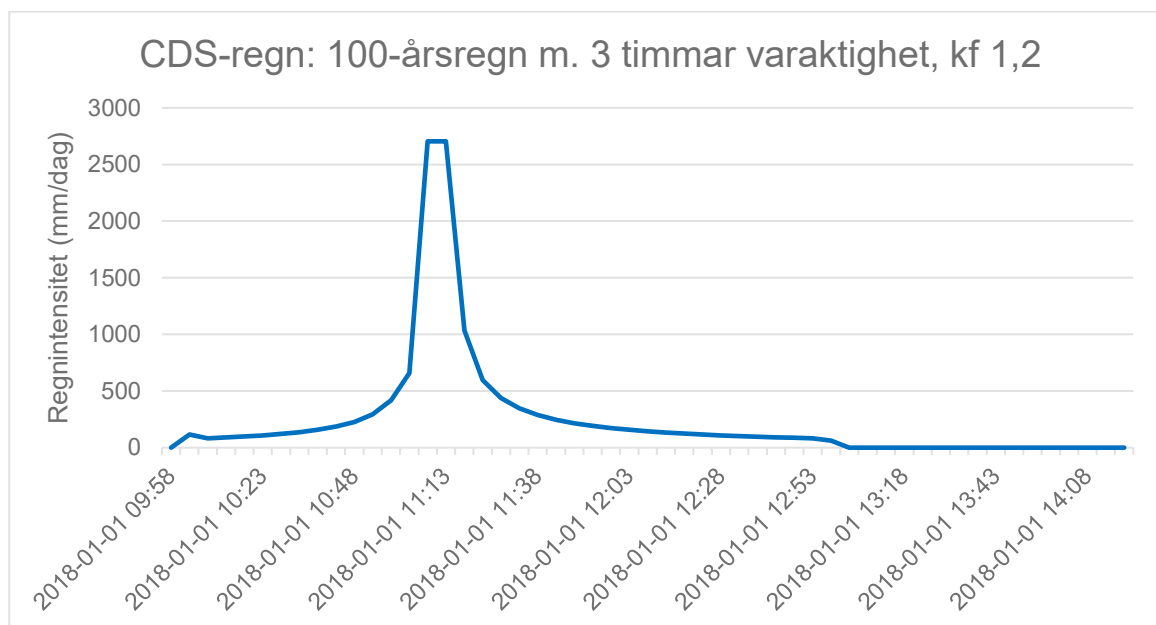
- Broar över Klarastrandsleden har bränts bort i terrängmodellen för att tillåta vattnet i modellen flöda på Klarastrandsleden tills det når recipienten Karlbergskanalen.
 - o Höjder under Tomtebodabron och "prickiga bron" har erhållits ifrån beställare .
 - o I tunneln som går under järnvägsspåren har det inte funnits höjder att tillgå. Genom att studera tunneln i Google maps streetview har det, utifrån bästa förmåga, kontrollerats så att det inte finns några lokala lågpunkter i tunneln. Höjderna i tunneln har interpolerats mellan nivåerna före och efter tunneln.
- Arbetstunneln som ligger på planerad kvartersmark har fyllts igen. Enligt uppgifter från staden så finns det avtal på att arbetstunneln ska fyllas igen efter utfört arbete varvid det anses vara nollscenariot/nuläggsscenariot. Det anses även vara motiverat att detta är nollscenariot då arbetstunneln endast är en provisorisk tunnel. Skyfallssituationen innan arbetstunneln byggdes och efter att den fylls igen förväntas vara densamma.

4.1.2 Planerad utformning

I den nya höjdmodellen har kvartersmarkens byggnader höjts upp och nivåer på allmän platsmark har justerats utifrån landskapsarkitekternas projektering (L2-010-P0-30000-0001_Underlag för skyfall- och dagvattensimulering, White, 2024-01-26). För implementerade skyfallsåtgärder, se avsnitt 4.5.

4.2 Nederbörd

Modellen har belastats med regn av typ CDS (Chicago Design Storm) vilket är uppbyggt med flera olika blockregn som representerar alla varaktigheter upp till det bestämda regnets varaktighet. Regnet börjar med en låg intensitet för att nå en topp och sedan avklinga. Erhållet regn (Sweco, 2023-11-06) har använts, regnet har en på återkomsttid 100 år, 3 timmar varaktighet och klimatkfaktor 1,2. Då hela området antagits vara anslutet till ledningsnätet har ett schablonavdrag på ett 10-årsregn gjorts för hela 100-årsregnet. Ytterligare 2 timmar har simulerats utan nederbörd för att tillåta vatten rinna undan och sluta flöda. I Figur 4:1 redovisas regnintensiteten över tid. Se mer i Tekniskt PM för Skyfallskartering Hagastaden (2020).



Figur 4:1. Använt CDS-regn i modellen är erhållet ifrån Sweco, 2023-11-06. Varaktigheten på regnet är 3 h men ytterligare 2 h har simulerats utan nederbörd för att tillåta vatten rinna undan.

4.3 Markens råhet

Flödesmotstånd på markytan har tagits i beaktan genom att beskriva de olika markanvändningstypernas Mannings tal. Nedanstående Mannings tal använts i modellen:

M = 25 grönytor

M = 50 hårdgjorda ytor

Indelningen för typ av markanvändning baseras på Stockholm Vattens hårdgöringsraster. Se mer i Tekniskt PM för Skyfallskartering Hagastaden (2020).

4.4 Infiltration

Infiltrationsmodul har inte använts i simuleringen. I erhållen modell ifrån Sweco har markens infiltration tagits i beaktan genom att 10-årsregnet som läggs på ledningsnätet har en avrinningskoefficient baserat på markanvändning. Då det råder stora osäkerheter kring infiltrationskapacitet för resterande regnvolymer upp till 100-årsregnet (eftersom marken med stor

sannolikhet mättas av ett 10-årsregn i en urban miljö) har ytterligare avdrag för infiltration inte gjorts.

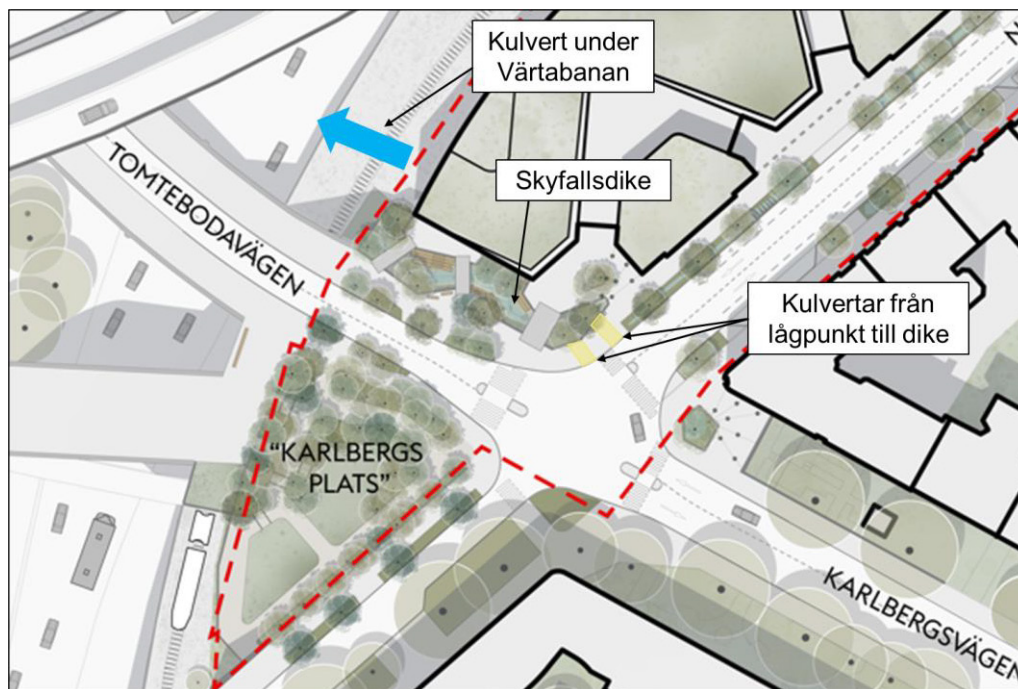
För simulering av endast 2D-modell har alltså infiltration inte tagits i beaktan.

4.5 Skyfallslösningar

Den föreslagna skyfallshanteringen består av tre huvudsakliga lösningar, vilka beskrivs mer i detalj nedan:

- Avledning från lågpunkten i Norra Stationsgatan
- Avledning genom skyfallsdike
- Avledning under/över Värtabanan och till Klarstrandsleden

I figur 4.2 visas översiktligt skyfallslösningarna från Norra Stationsgatan och under Värtabanan.



Figur 4.2: Översikt/skiss över föreslagna skyfallslösningar för att hantera skyfallsvatten inom detaljplanen.

4.5.1 Avledning från lågpunkten i Norra Stationsgatan

För att avleda skyfallsvatten från lågpunkten i korsningen vid Norra Stationsgatan till skyfallsdiket leds vattnet i första hand via två kulvertar under gångbanan. Avvattningen föreslås att ske via öppningar i kantstenen, t ex genom att anlägga brunnsbetäckningar med stora sidointag. Den exakta utformningen av kulvertarna (dimension, form, lutning, etc) under gångbanan bör utredas under detaljprojekteringen. I andra hand tillåts även vattnet att flöda över gångbanans låglinje ovanför kulvertarna in till skyfallsdiket.

Rännstensbrunnar anslutna till kommunala dagvattennätet som avvattnar gatan upp till 30-årsregn föreslås att anläggas precis uppströms brunnsbetäckningarna med sidointag. Detta innebär i teorin att endast regn med större intensiteter än 30-årsregn kommer att avrinna in i skyfallsdiket. Lösningen innebär även en säkerhet mot att brunnsbetäckningarna med sidointag sätts igen.

4.5.2 Avledning genom skyfallsdike

För att delvis fördröja men framförallt avleda vatten från ett skyfall har det projekterats ett skyfallsdike i den sydvästra delen av planområdet, se Figur 4:2. Diket har utformats utav projektets landskapsarkitekter och därefter lagts in i höjdmodellen tillsammans med resterande projekterade höjder från allmänna ytor inom detaljplanen.

Efter skyfallsdiket rinner vattnet vidare ner bakom kvartersmark till ett skyfallstråg via ett överfall. Innan tröskeln/dämnet till överfallet föreslås att en kupolbrunn placeras för att kunna avvattna regn som faller inom området för planerade skyfallsdiket, brunnen kan anslutas till dagvattenledningen i Norra Stationsgatan.

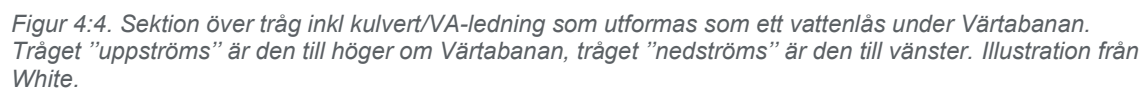
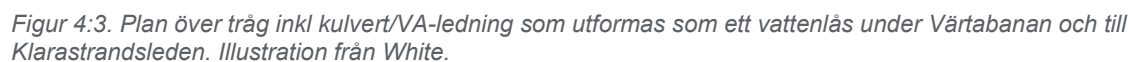
4.5.3 Avledning under/över Värtabanan

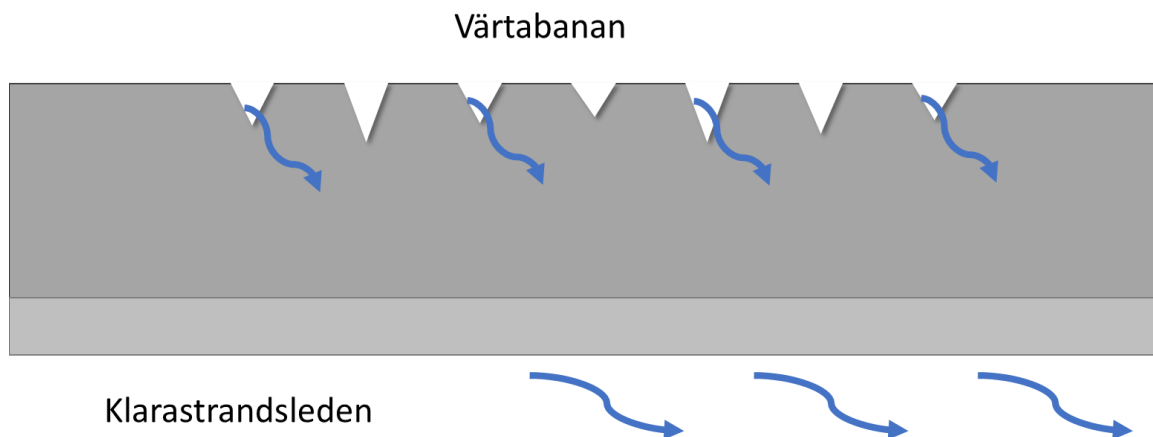
För att på ett säkert sätt avleda skyfallsflödet vid ett 100-årsregn under Värtabanan föreslås en kulvert att anläggas. Kulvertens utlopp kan antingen utformas enligt alternativ 1 eller alternativ 2.

Alternativ 1

I alternativ 1 föreslås kulverten att utformas som ett vattenlås, där vatten vid skyfall trycks upp ur tråget som är placerad på andra sidan Värtabanan, se Figur 4.3 och Figur 4:4.

Trågkanten "nedströms" Värtabanan mot Klarastrandsleden föreslås att utformas med ett flertal mindre överfall, se principskiss i Figur 4.5. När vattnet i tråget stiger till trågkanten kan vattnet bräddas ut via överfallen för att uppnå lägre och kontrollerade flöden. Längs med Klarastrandsledens stödmur föreslås en stänkskärm att skydda trafikanter mot det bräddade flödet.





Figur 4:5. Principskiss över en tråγκanten alternativt en mur med ett flertal dämmen.

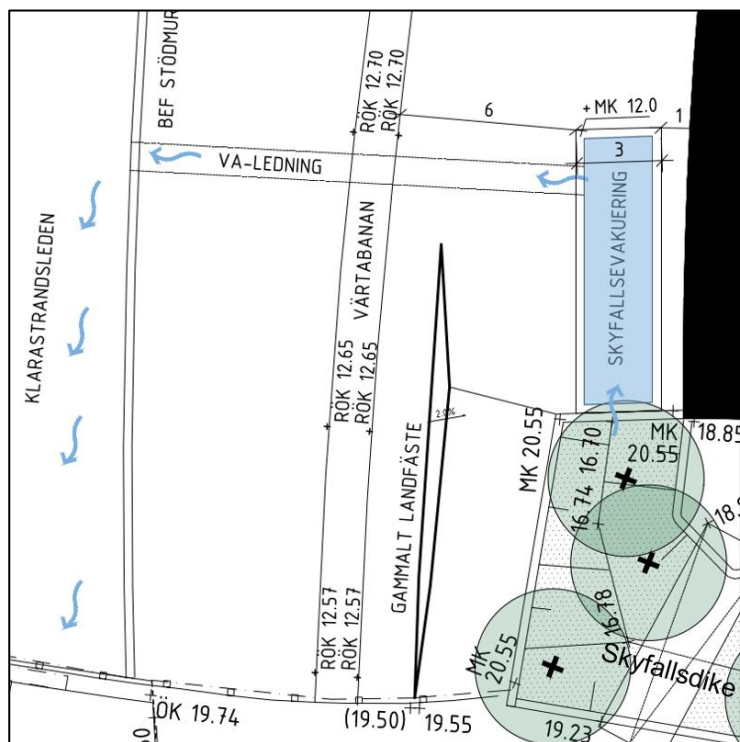
Kulverten och tråγκsystemet föreslås att avtappas till dagvattenledningsnätet via ett mindre/strypt utlopp för att tömma de efter skyfallet. Det finns befintliga dagvattenledningar både "uppströms" Värtabanan och i Klarastrandsleden som tråγκsystemet föreslås anslutas till.

För att skydda Värtabanan även vid större regn än 100-årsregn rekommenderas att en yttlig avrinningsväg byggs över spåret, detta gäller även för alternativ 2 som beskrivs senare. Tråγκet "uppströms" i Figur 4.4 föreslås på samma sätt som tråγκet "nedströms" att utformas med ett flertal mindre överfall längs tråγκanten mot Värtabanan för att sprida ut skyfallsflödet och på så sätt uppnå lägre och kontrollerade flöden. Tråγκet "uppströms" Värtabanan kan alltså uppfylla följande funktioner både i alternativ 1 och 2:

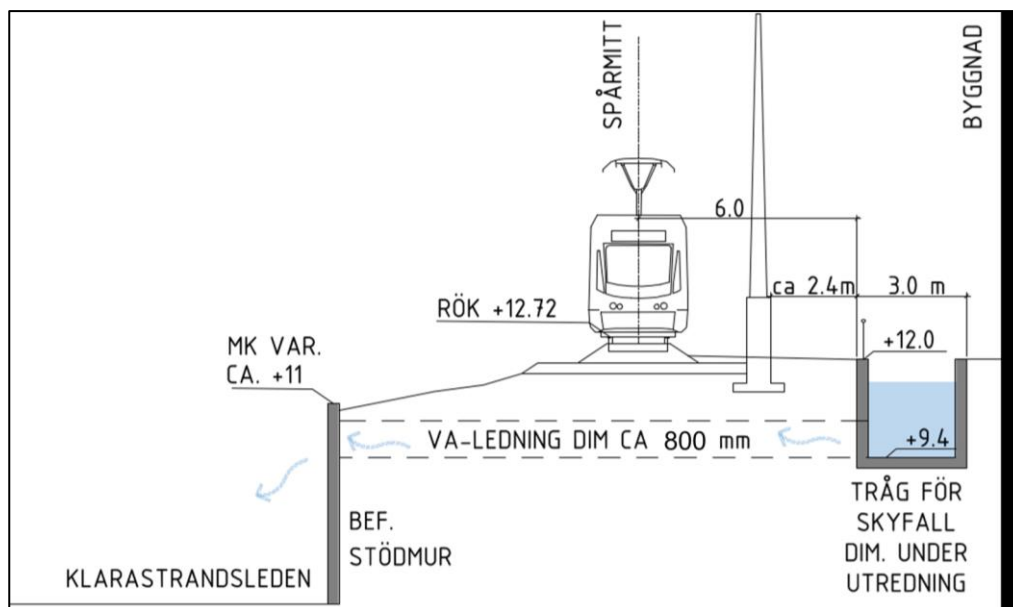
- Inloppslösning till kulvert vid 100-årsregn
- Bräddningsanordning för flöden som uppstår vid större skyfall än 100-årsregn
- Skyddsmur för att säkra upp mot eventuell erosionsrisk och underminering av banvallen

Alternativ 2

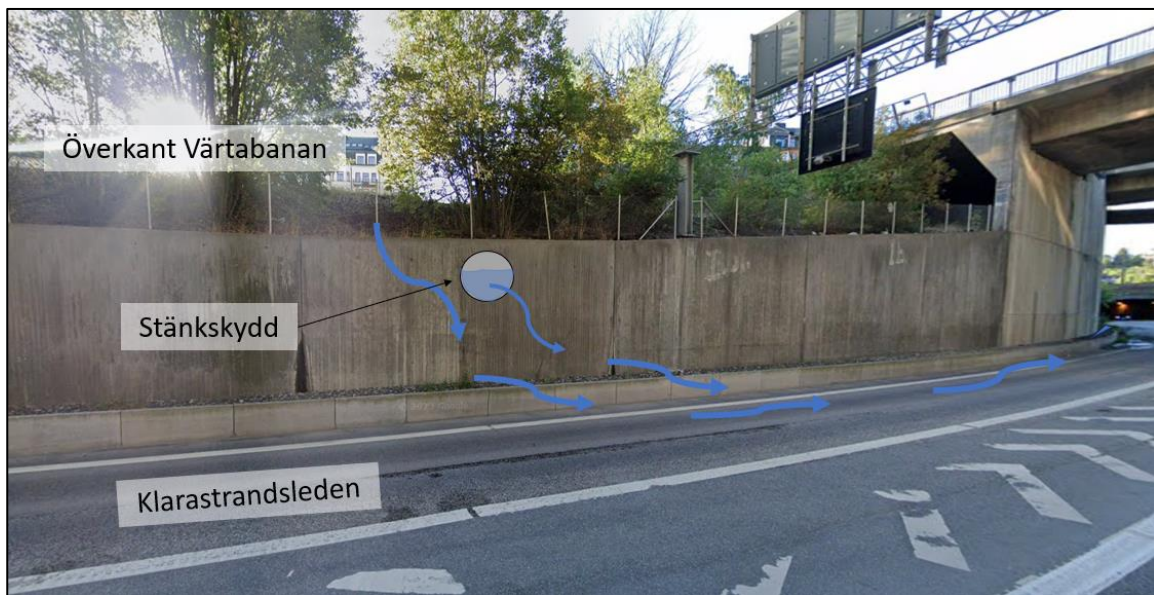
I alternativ 2 föreslås kulverten att utformas med ett utlopp i stödmuren till Klarastrandsleden. Se Figur 4:6 och 4:7, XX samt illustrationsskiss i Figur 4:8.



Figur 4:6. Planskiss över föreslagen skyfallshantering från skyfallsdike till Klarastrandsleden. Illustration från White.



Figur 4:7. Sektionsskiss över föreslagna tråget inklusive kulvert under Värtabanan. Illustration från White.



Figur 4:8. Illustration på utloppet från kulverten till Klarastrandsleden.

Utifrån flöden framtagna i skyfallssimuleringen, se Tabell 5.3, har dimensioner på kulverten beräknats för att kunna omhänderta flödet från skyfallsdiket vid ett 100-årsregn. Kulverten behöver vara minst 800 mm beräknat utifrån följande förutsättningar:

- Avleda ett flöde på minst 1500 l/s
- Det kan stå 2,6 m vattenpelare ovanför inloppet till kulverten

Värtabanas rälsöverkant ligger på +12,72 vid ungefärligt tänkt läge för kulverten, se **Error! Reference source not found.** Geotekniska provningar i området visar på att marken består av fyllnadsjord, bergnivån ligger på ca +2 m i ungefärligt läge för kulverten (WSP, 2024-01-26). Både tråg och kulvert kommer behöva göras vattentäta för att inte grundvatten ska tränga upp och avledas till Klarastrandsleden.

För att säkra trafikanter vid stora flöden föreslås att ett stängskydd/stängskärm, som kan stå emot modellerade flöden, anläggs vid kulvertens utlopp. Som nämnt i alternativ 1 föreslås även här att både tråget "uppströms" Värtabanan och stödmuren mot Klarastrandsleden anläggs med ett flertal mindre överfall för att sprida ut skyfallsflödet och uppnå lägre och kontrollerade flöden även vid skyfall större än 100-årsregn.

4.6 Osäkerheter

Modellering av skyfall är förknippat med flera antaganden och osäkerheter. Här beskrivs några av osäkerheterna som behöver beaktas vid ett användande av resultaten.

Skyfall inträffar vanligtvis lokalt och kan variera stort i både tid och rum. Att mäta upp variationen ställer höga krav på ett tätt nät av nederbördsräknare med hög upplösning (MSB, 2017) något som ofta inte finns tillgängligt. Att skyfall med en lång återkomsttid dessutom är sällsynta innebär också att det finns få historiskt uppmätta episoder att relatera modelleringsresultaten mot. Av den här anledningen simuleras skyfall i MIKE+ genom att det regnar lika mycket på varje beräkningscell för varje tidssteg trots att beräkningsområdet kan vara relativt stort, som i det här fallet.

Modellens upplösning bidrar också med osäkerhet i skyfallskarteringar. Det kan exempelvis göra att det blir stående vatten vid en byggnad fast det i verkligheten bör rinna bort från byggnaden. Detta blir tydligast vid flacka områden där marken inte har en betydande lutning eller där mindre strukturer, som till exempel kantsten, har stor påverkan på flödet. I denna modell har en upplösning på 1x1 m används, vilket rekommenderas av MSB för detaljerade skyfallsmodeller (2023). Kantsten kan därför inte representeras helt.

I den erhållna modellen har en förenkling gjorts och infiltrationsmodulen har inte använts utan infiltrationen har skattats genom markavrinningen. I modellbeskrivning bedömer man att det råder stora osäkerheter kring infiltrationskapacitet för resterande regnvolym från schablonavdraget på ledningsnätet upp till 100-årsregnet (eftersom marken med stor sannolikhet mätts av ett 10-årsregnet i en urban miljö) och därför har ytterligare avdrag för infiltration inte gjorts.

Tidpunkten för nederbördstillfället påverkar också konsekvensbilden för ett skyfall. Om ett skyfall inträffar efter en tid med mycket regn där marken redan är mättad kan konsekvenserna bli värre i jämförelse med ett scenario där det finns magasinskapacitet i marken, speciellt för ett område med genomsläppliga jordarter. Det har inte heller tagits hänsyn till grundvattenströmningar och andra geologiska förutsättningar i modellen.

5 Resultat

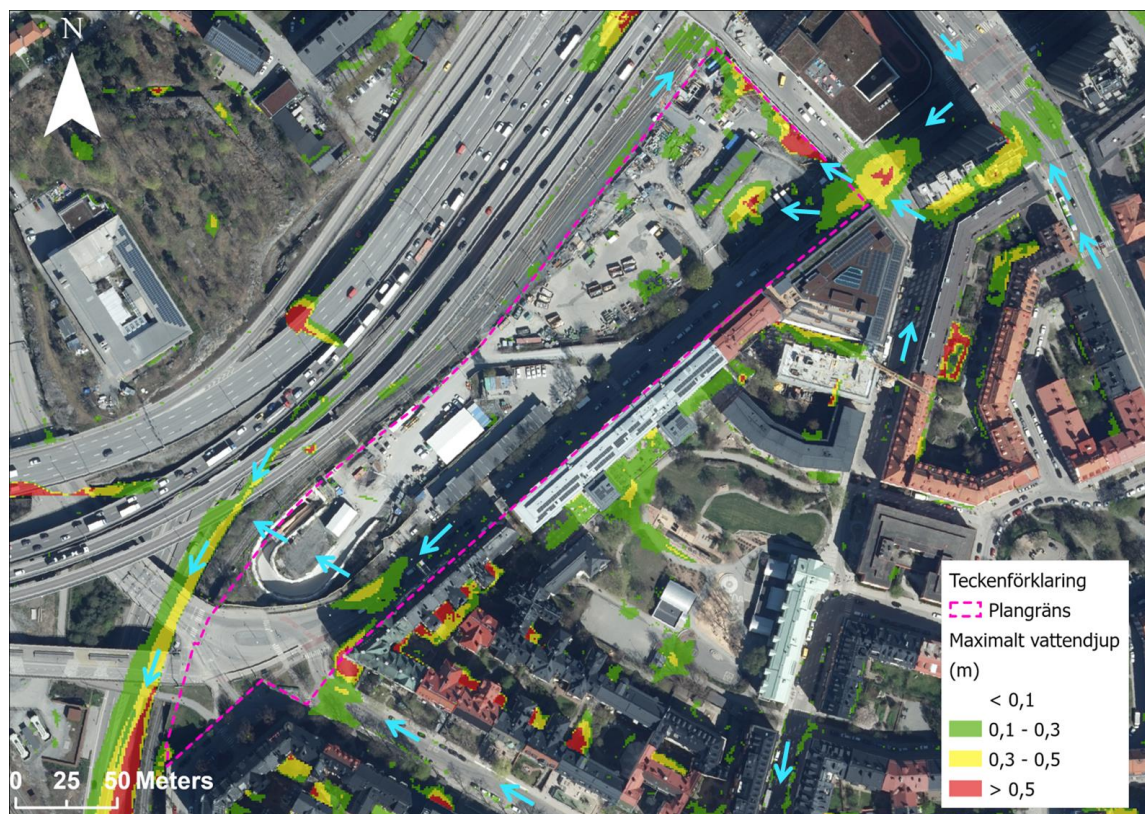
Resultat visas i form av kartbilder. Kartorna redovisar både maximalt vattendjup samt vattendjup ca 2h efter skyfall då vatten har stannat upp i lågpunkter och slutat flöda. De maximala vattendjupen redovisar inte en momentan bild utan är det maximala vattendjupet som kan uppstå en cell under hela simuleringen.

Vattendjup mindre än 10 cm redovisas inte i figurerna, detta beror på att vattensamlingar mindre än 10 cm inte bedöms påverka framkomlighet.

Räddningstjänstens tyngre fordon (lastbilschassin) kan tas fram i vattendjup upp till 50 cm medan ambulanssjukvård endast klarar av 30 cm vattendjup. Dessa uppgifter gäller generellt för förbränningsdrivna motorer och är navhöjd (halva hjuldiametern) som fordonsleverantörer till Södertörns brandförvarsförbund garanterar störningsfri drift i vatten vid 10 km/h.

5.1 Befintlig situation

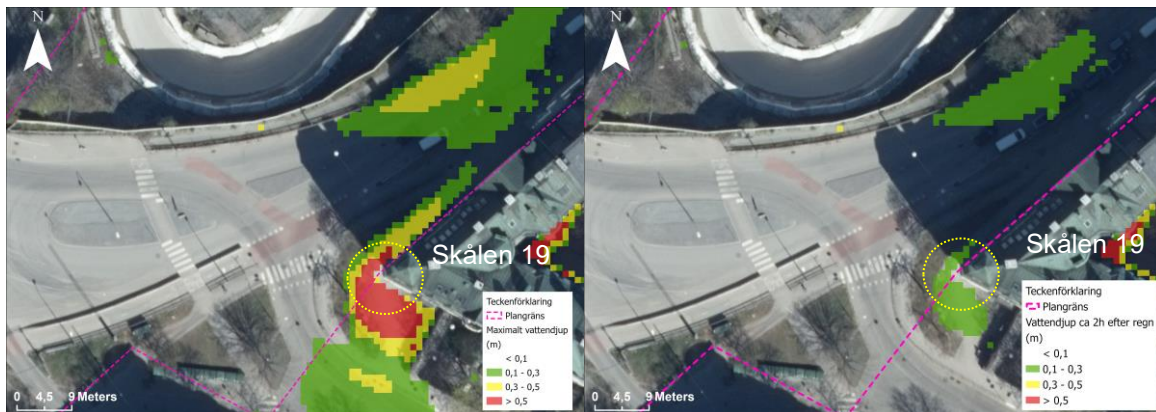
I Figur 5:1 redovisas maximala vattendjup under simuleringen. Det är inte en momentan bild utan det maximala vattendjupet som kan uppstå någon gång under simuleringen. Gröna vattendjup är mindre än 30 cm och farbara för räddningstjänst. Högst vattendjup är framförallt i den södra lågpunkten vid korsningen Norra Stationsgatan/Karlbergsvägen samt vid den norra lågpunkten vid korsningen Norra Stationsgatan/Norrbäckagatan. Vid planerad kvartersmark uppstår även vattendjup över 0,5 m.



Figur 5:1. I figuren redovisas det maximala vattendjupet för befintlig situation och principiella flödesvägar redovisas med ljusblåa pilar.

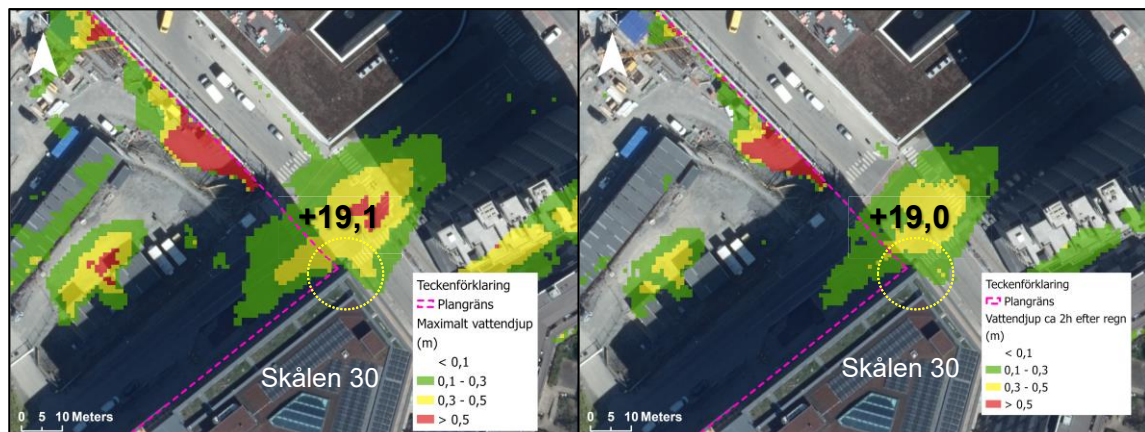
Vid den södra lågpunkten vid Karlbergsplats är ett av körfältet inte farbart under ca 45–60 min. Efter skyfallet står det mindre 0,3 m på körfältet, det finns rännstensbrunnar som avvattnar lågpunkten.

Fastigheten Skålen 19 har en entrénivå på +17,87 och vattennivån mot entrén är som max ca +18,3. Under lite drygt två timmar står det vatten över entrénivån vilket innebär att det skulle kunna tränga in vatten i byggnaden samt att entrén inte är nåbar.



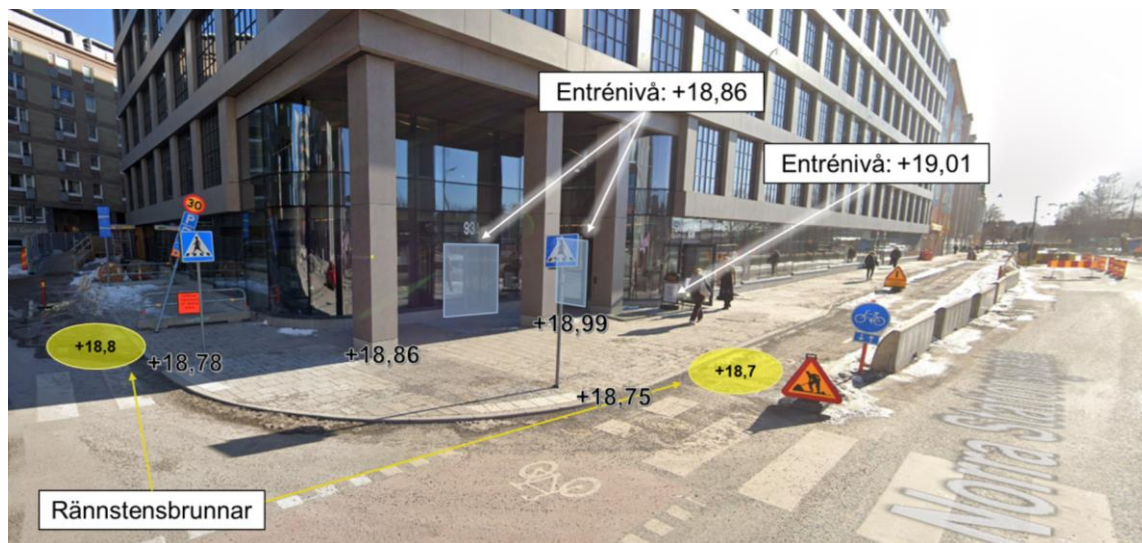
Figur 5:2. Lågpunkten i korsningen Norra stationsgatan/Karlbergsvägen. Maximala vattendjup redovisas t.v. och vattendjup efter regnet t.h. Fastigheten Skålen 19 riskerar inträngande vatten.

Vid den norra lågpunkten, i korsningen Norra stationsgatan och Norrbackagatan, står det som mest över en halvmeter vatten (ca +19,1), se Figur 5:3. I mer än fyra timmar är delar av körfältet oframkomliga då det står mer än 30 cm vatten, speciellt södra delen av Norrbackagatan är svårt att nå från korsningen då. I den södra delen av lågpunkten ligger fastigheten Skålen 30 som får stående vatten mot byggnaden (+19,0 efter regnet).



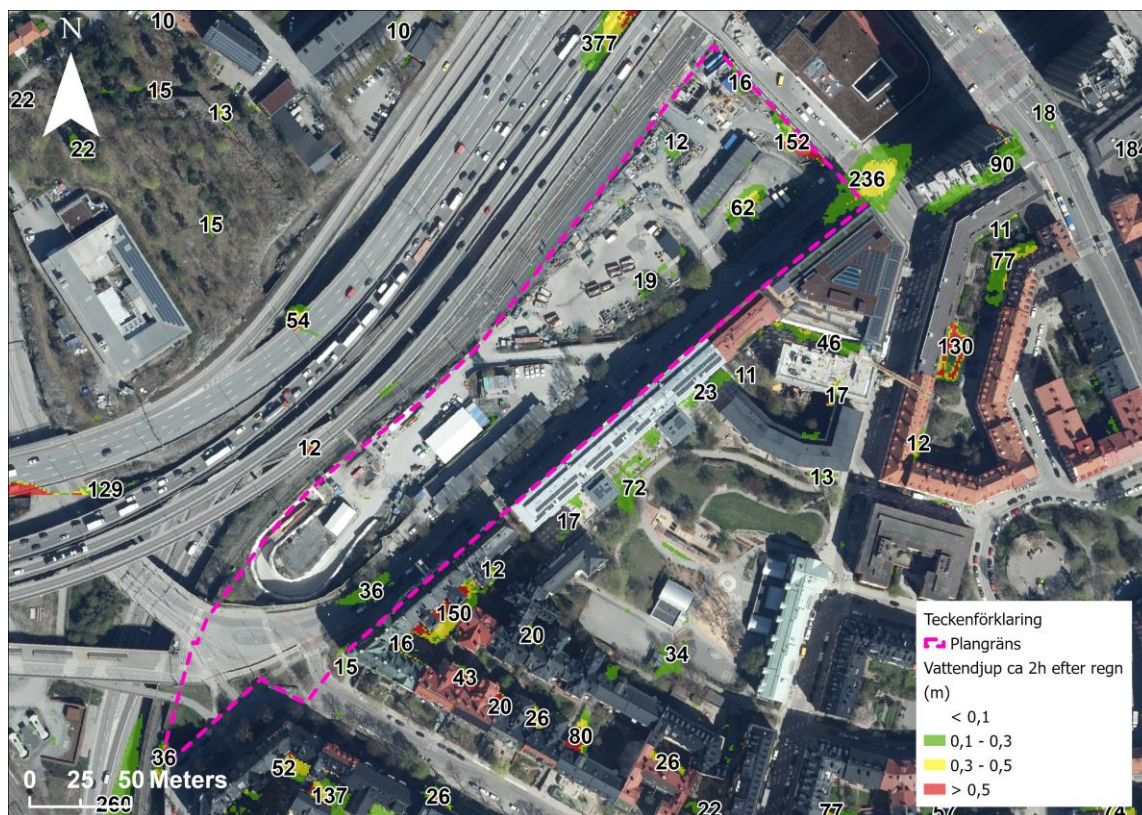
Figur 5:3. Lågpunkten i korsningen Norra stationsgatan/Norrbackagatan. Maximala vattendjup redovisas t.v. och vattendjup efter regnet t.h. Fastigheten Skålen 30 ligger söder om lågpunkten och riskerar inträngande vatten. Vattennivåer i lågpunkten redovisas i text.

Då entréerna i hörnet där lågpunkten ligger är placerade lägre än gata, samt att det finns öppning i kantsten, så kommer entrén att bli översvämmad vid ett 100-årsregn, se mer i avsnitt 5.4. Lågpunkten avvattnas idag av rännstensbrunnar, där två är placerade nära Skålen 30.



Figur 5.4. Entrén till Skålen 30 som ligger i korsningen Norra Stationsgatan och Norrbackavägen. Entréerna ligger lägre än omgivande mark och det finns två öppningar i kantstenen vid övergångsställena. Det finns två rännstensbrunnar som avvattnar gatan nära entrén (markerat i gult). Inmätta marknivåer redovisas.

På planerad kvartersmark ansamlas ca 260 m³ vatten i lokala lågpunkter, se Figur 5.5. I den norra lågpunkten står det ca 236 m³ och i den södra lågpunkten ca 36 m³.

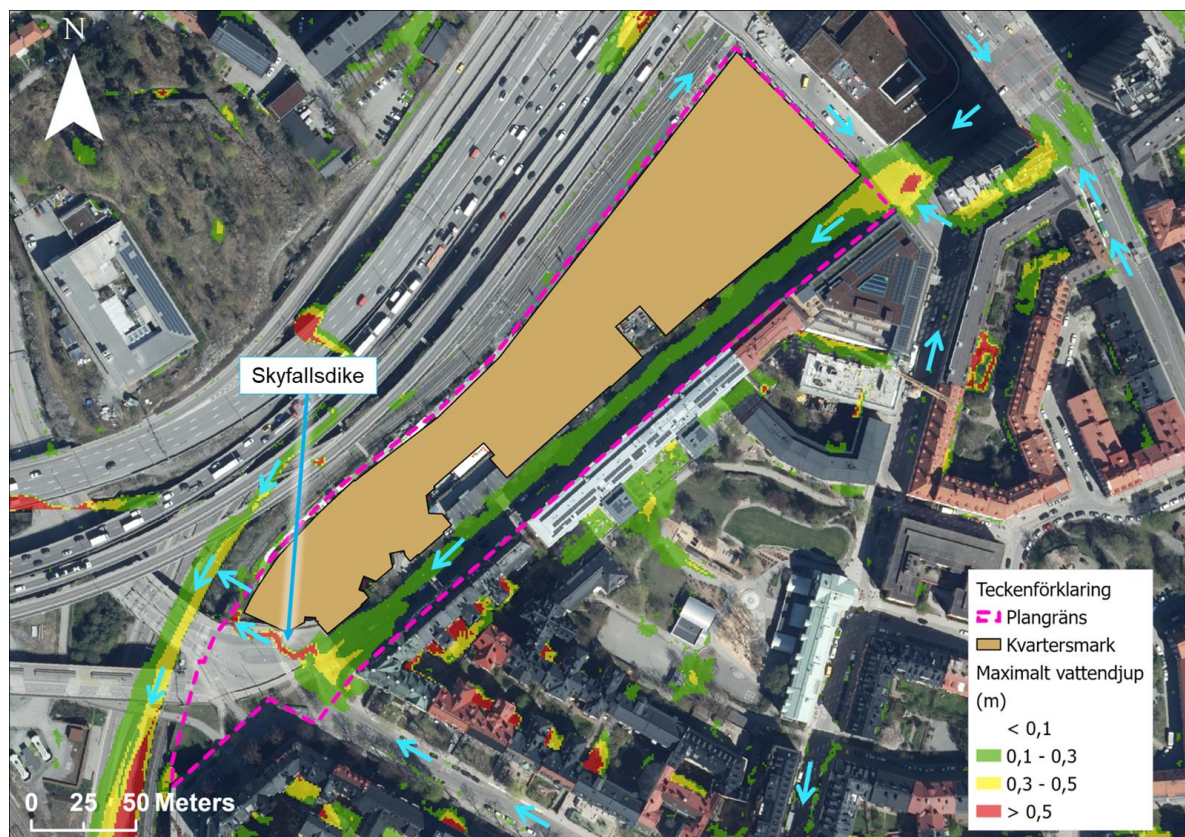


Figur 5.5. I figuren redovisas vattendjupet ca 2h efter 100-årsregn då vatten har slutat flöda samt siffror som avser volymen vatten (m³) som ansamlats i lågpunkter.

5.2 Framtida situation

I Figur 5:6 redovisas maximalt vattendjup för framtida situation, det vill säga projekterade höjder och planerade byggnader.

Ifrån planområdet finns nu bara ett avrinningstråk söder om kvartersmarken till Klarastrandsleden då flödet till Värtabanans norra tunnel är strypt. Den norra lågpunkten (i korsning Norra Stationsgatan/Norrbackagatan) bräddar över och rinner längs med Norra Stationsgatan söderut till den södra lågpunkten. Vattnet rinner därefter i projekterat dike ut bakom kvartersmark, över Värtabanan och ut på Klarastrandsleden likt i befintlig situation. Till skillnad från befintlig situation står det tillfälligt vatten längs med Norra Stationsgatan när det flödar som mest.



Figur 5:6. I figuren redovisas det maximala vattendjupet för projekterade höjder och principiella flödesvägar redovisas med ljusblåa pilar.

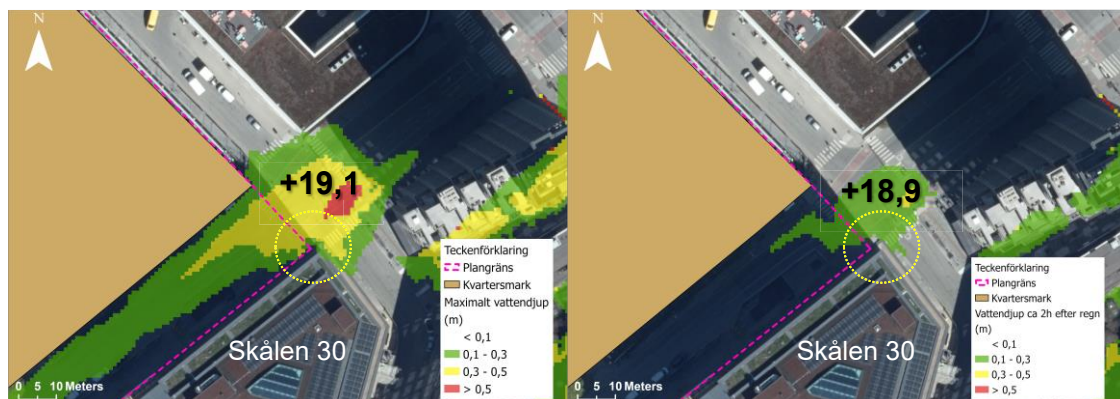
Vid fastigheten Skålen 19 minskar det maximala vattendjupet med projekterade höjder, från ca +18,3 till +18. Efter skyfallet har allt vatten runnit bort i planerat skyfallsdike och inget vatten står kvar på gata eller mot fasad, se Figur 5:7. Under ca 10–20 minuter står det över 30 cm vatten på Norra Stationsgatan, då är endast delar av körfältet eller trottoaren farbar. Rörstrandsgatan, Karlbergsvägen och Tomtebodavägen är alla farbara från korsningen.



Figur 5:7. Lågpunkten i korsningen Norra stationsgatan/Karlbergsvägen. Maximala vattendjup redovisas t.v. och vattendjup ca 2 h efter regnet t.h. Fastigheten Skålen 19 riskerar inträngande vatten när det regnar som mest intensivt men vattnet rinner undan i projekterat skyfallsdike.

Vid den norra lågpunkten i korsningen Norra Stationsgatan/Norrbackagatan står det över 30 cm vatten på större delen av körbanan under ca 10 min (ca +19,1). Då är körbanan inte framkomlig för räddningstjänstfordon, den norra delen av gångbanan är dock farbar, se Figur 5:8.

Efter regnet rinner en stor del av vattnet bort och vattnet ställer sig på ca +18,9 vilket är ca 10 cm mindre än befintlig situation. Det innebär att under skyfallet får fastigheten Skålen 30 en oförändrad skyfallssituation men efter regnet rinner vattnet av snabbare längs med Norra Stationsgatan, se högra bilden i Figur 5:8.



Figur 5:8. Lågpunkten i korsningen Norra Stationsgatan/Norrbackagatan efter planerad exploatering. Maximala vattendjup redovisas t.v. och vattendjup efter regnet t.h. Fastigheten Skålen 30 ligger söder om lågpunkten och riskerar inträngande vatten när det regnar som mest intensivt. Vattennivåer i lågpunkten redovisas i text.

För planerade kvarter blir det tillfälligt stående vatten mot fasad under skyfallets mest intensiva regnperiod. Entréer rekommenderas att placeras med en säkerhetsmarginal om minst ca 20 cm över skyfallsnivå. Nivåer för respektive kvarter redovisas i Tabell 5.1.

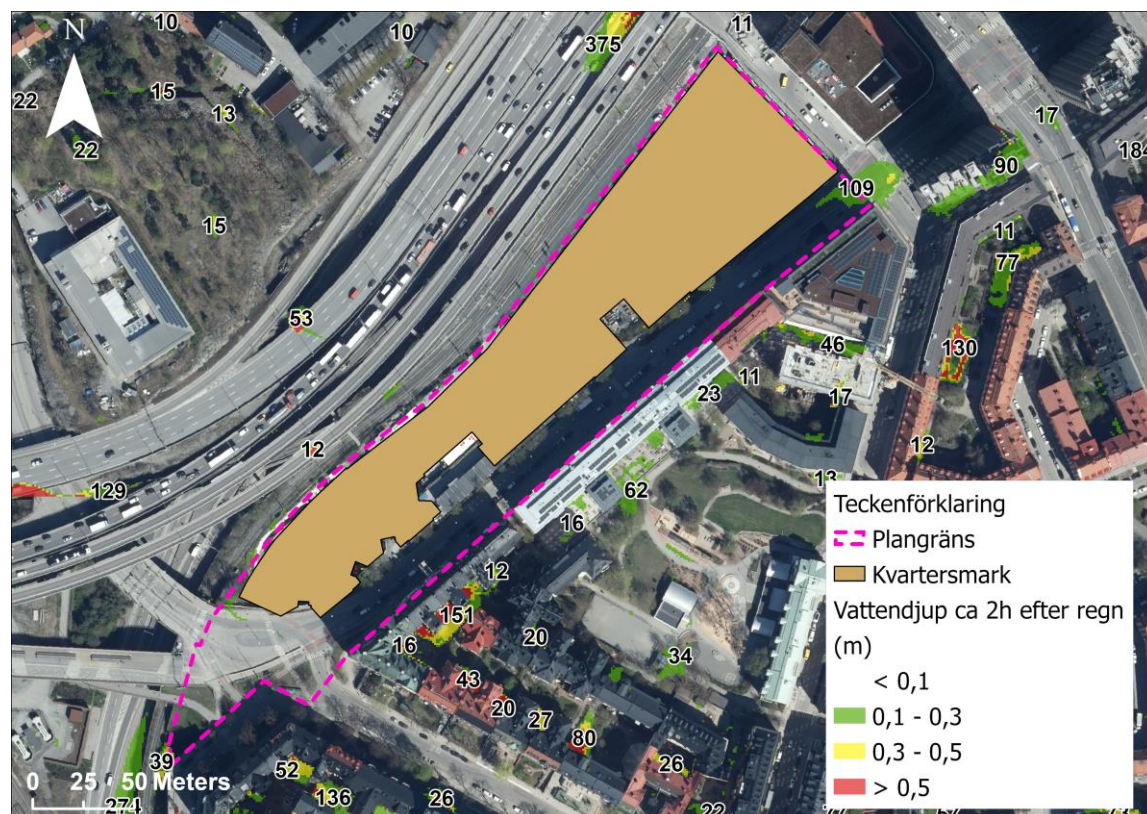
Planerade garagedrifter på Norra Stationsgatan bör utformas så vattnet inte kan rinna in. Då gatan är skevad mot de nya kvarteren kommer det stå upp emot 20–25 cm vatten på gatan under en kort tid när vatten flödar som mest. För att undvika att vatten rinner in kan garagedrifterna placeras högre än gatan med till exempel en ramp upp eller en vägbula framför nedfarten.

Tabell 5.1. Skyfallsnivåer och lägsta golvnivå redovisas tillsammans med en figur över vilka punkter nivåerna avser.

Punkt	Skyfallsnivå	Lägsta golvnivå (+20 cm)
1	+19,1	+19,3
2	+19,0	+19,2
3	+18,6	+18,8
4	+18,3	+18,5
5	+17,9	+18,1



Efter skyfallet står ca 109 m³ kvar i den norra lågpunkten, vilket är lite mindre än hälften av volymen jämfört med befintlig situation (ca 236 m³). De 260 m³ som tidigare hamnade på kvartersmark samt de 36 m³ som stod i den södra lågpunkten leds nu ut på Klarastrandsleden.



Figur 5:9. I figuren redovisas vattendjupet ca 2h efter 100-årsregn med projekterade höjder, då har vatten slutat flöda. Även volymen vatten (m³) som står i lågpunkter redovisas i text.

På Norra Stationsgatan ökar vattendjupet jämfört med befintlig situation, då vatten dämmer upp när det flödar från den norra lågpunkten till den södra vid Karlbergsplats, se Figur 5:10. Vattendjupet på vägen överstiger dock inte 20 cm.



Figur 5:10. Skillnad i maximalt vattendjup mellan befintligt och framtida scenario. Gul-röd färg redovisar områden som får ett ökat vattendjup efter planerad exploatering, grön färg redovisar områden som får en förbättrad översvämningssituation.

Volymen vatten som rinner ut på Klarastrandsleden ökar, läs mer om detta i avsnitt 5.5, men då det tillkommande flödet (från den norra lågpunkten) har en längre rinntid påverkar det flödet på Klarastrandsleden relativt lite. Detta bidrar till att vattendjupen på vägen förblir oförändrade, se Figur 5:11. Framkomligheten på vägen påverkas således inte av planerad exploatering.



Figur 5:11. De maximala vattendjupen på Klarastrandsleden mellan planområdet och Karlbergskanalen. T.v. redovisas de befintliga vattennivåerna och t.h. de framtida.

Enligt MSB:s rekommenderade metod för utvärdering av fara för människoliv (utvecklat av DEFRA 2006) så kan det med hjälp av maximala vattendjup och vattenhastigheter bedömas hur stor risken för människor är (2017). I befintlig situation finns ingen risk inom detaljplanen. Efter planerad exploatering uppstår en "fara för vissa" i skyfallsdiket, det skulle till exempelvis kunna vara äldre eller sjuka människor alternativt barn. Då skyfallsdikets syfte är att avleda stora mängder vatten snabbt anses det som tolererbart att det är en högre risk i diket. Det är också under ett kortare tidsförlopp som risken kommer vara hög och det är diskuterbart om människor kommer vistas ute under ett sådant extremregn. Åtgärder som kan sättas in är till exempelvis informationsskyltar som talar om att vid ett skyfall kan det uppstå stora hastigheter i kombination med högt vattendjup i diket vilket kan medföra en risk.

5.3 Framkomlighet

Som ovan nämnt får hela körbanan mer än 30 cm vatten en kort tid under 100-årsregnet, då är planerade kvarter och fastigheterna Skålen 16–18, 27, 22–23 endast nåbara ifrån Norra Stationsgatan via trottoar. Fastigheten Skålen går dock att nå från innergårdarna via Norrbackagatan.

Planerad exploatering ändrar avrinningssituationen inom planområdet, vid den norra lågpunkten blir en större del av Norra Stationsgatan inte farbar under ca 10–15 min. Men därefter förbättras framkomligheten i korsningen med projekterade höjder.

Vid den södra lågpunkten är körfälten inte farbara under ca 10–20 min, detta sammanfaller med att vattennivån i norra lågpunkten börjar att avta. Under allra största delen av ett 100-årsregn är följaktligen planerade kvarteren nåbara via körfälten, antingen via norra korsningen med

Norrbackagatan eller via södra korsningen med Karlbergsvägen/Tomtebodavägen. Endast under ett fåtal minuter är kvarteren uteslutande nåbara via trottoarer.

Planerade skyfallskulvertar som leder vattnet från Karlbergsplats till skyfallsdiket kan därför avlasta framkomligheten ytterligare om de dimensioneras med så god kapacitet som möjligt. I denna simulering har vatten kunnat flöda fritt från lågpunkt till planerat skyfallsdike.

5.4 Påverkan befintlig bebyggelse

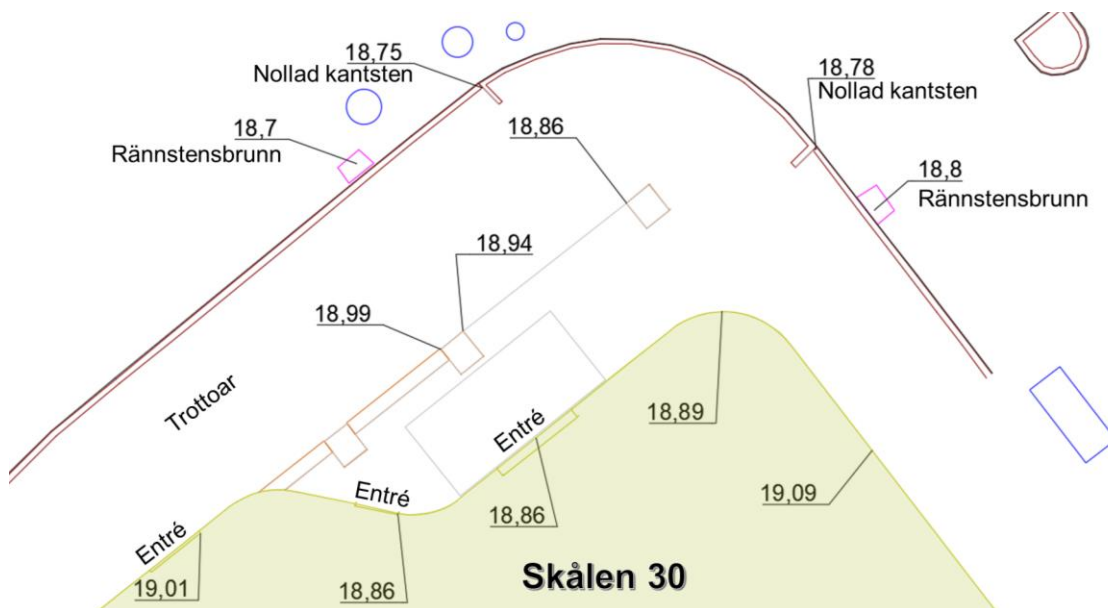
I Tabell 5.2 redovisas de maximala vattendjupen samt stående vatten efter skyfall i den norra och södra lågpunkten.

Tabell 5.2. Modellerade vattennivåer i den norra (korsningen Norra Stationsgatan/Norrbackagatan) och södra lågpunkten (mot fastigheten Skålen 19).

	Maximal vattennivå	Stående vattennivåer
	Norra lågpunkten	
Befintlig situation	+19,1	+19,0
Framtida situation	+19,1	+18,9
	Södra lågpunkten (mot Skålen 19)	
Befintlig situation	+18,3	+17,8
Framtida situation	+17,9	Inget stående vatten

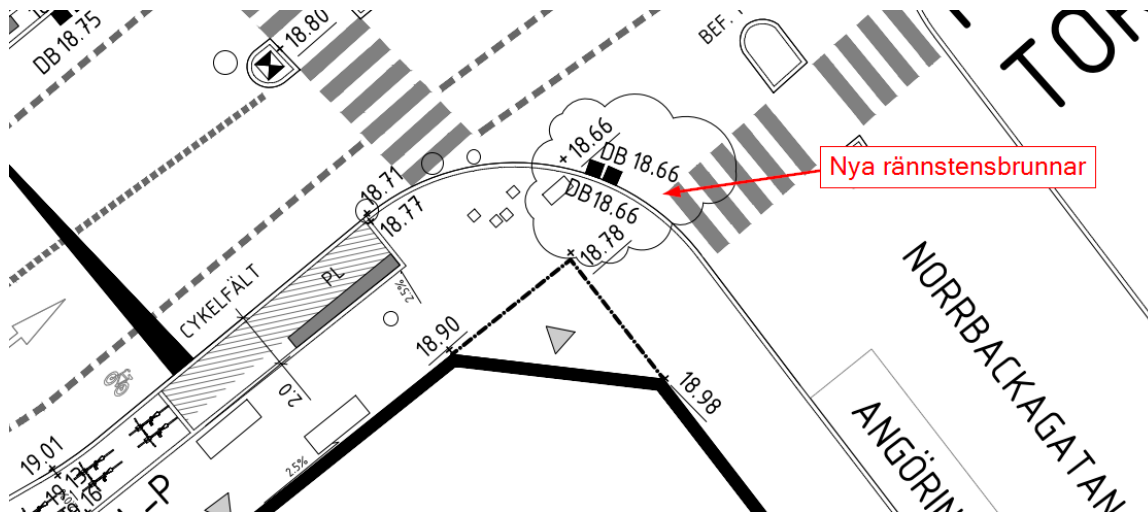
Översvämningssituationen för entrén till fastigheten Skålen 19, som ligger i den södra lågpunkten blir förbättrad till följd av minskat översvämningssdjup men också att vatten står under kortare tid mot fasad.

För fastigheten Skålen 30 är de maximala vattendjupen oförändrade efter planerade exploatering och vattnet ställer sig på en lägre nivå efter skyfallet. Inmätta nivåer av fastigheten visar att skyfallsvatten vid ett 100-årsregn kommer rinna in mot entréerna på fastigheten både i befintlig och framtida situation (Stockholm stad, 2024-02-22). Med planerad exploatering sjunker vattennivån snabbare jämfört befintlig situation och vatten kommer strömma in under en kortare tid.



Figur 5:12. Inmätta nivåer av fastigheten Skålen 30 (Stockholm stad, 2024-02-22).

Det planeras också för att placera rännstensbrunnar i korsningen för att avlasta lågpunkten, se Figur 5:13. Därmed kommer vattnet kunna tappas av snabbare än idag och både det maximala och stående vattendjupet kan minska.



Figur 5:13. Extra rännstensbrunnar placeras i lågpunkten vid korsningen Norrbackagatan/Norra Stationsgatan för att minska inträngande vatten mot entrén på fastigheten Skålen 30. Skiss L2 - Skiss brunnsplacering Norrbackagatan, White, 2024-01-29

5.5 Flöden och flödesvolym

Idag rinner ca 1960 m³ från planområdet till Värtabanans tunnel (norrut) vid ett 100-årsregn. Med planerad exploatering innebär det att flödesvägen till tunneln stryps helt och vattnet leds om till Norra Stationsgatan där det rinner söderut till Karlbergsplats. Trots att det saknas information om avvattning av tunneln idag kan det dock antas att Värtabanans inte planerats och byggts utifrån denna förutsättning. Det går därför inte att utesluta att viss risk förekommer för skador på anläggningen i dagsläget till följd av skyfall. Med största sannolikhet kan det förutsättas att det är positivt ur skyfallssynpunkt att inte avleda ca 1600 m³ vatten in i tunneln, se Tabell 5.3.

Vattenvolymen ut på Klarastrandsleden ökar således med den volymen som tidigare avleddes mot Värtabanans, se Tabell 5.3. Trots att totala mängden vatten ut på Klarastrandsleden ökar efter 100-årsregn så ökar inte flödet i så stor omfattning. Detta beror på att tidsförloppet för det tillkommande vattnet är längre eftersom det har en längre sträcka att rinna innan det når Klarastrandsleden. Trots något högre maxflöde på Klarastrandsleden (2600 l/s istället för 2450 l/s, en momentan ökning på ca 6%) så ökar inte vattendjupet på vägen under skyfallsförloppet.

Tabell 5.3. Flöden ifrån skyfallsmodell. Flödena är tagit över ett tvärsnitt under hela simuleringen.

Befintlig situation		
	Högsta flöde	Flödesvolym
Till Värtabanans norra tunnel	1 000 l/s	1 960 m ³
Från planområde till Klarastrandsleden	1 500 l/s	1 840 m ³
På Klarastrandsleden	2 450 l/s	5 300 m ³
Efter exploatering		
	Högsta flöde	Flödesvolym
Till Värtabanans tunnel	180 l/s	320 m ³
Utlopp dike planområde	1 450 l/s	3 150 m ³
Från planområde till Klarastrandsleden	2 200 l/s	4 110 m ³
På Klarastrandsleden	2 600 l/s	7 390 m ³

6 Förkastade skyfallslösningar

Under projekt har ett flertal åtgärder för att fördröja och avleda skyfallsvatten inom detaljplanen utretts. Lösningar som utretts med en större detaljeringsnivå redovisas nedan.

6.1 Nedsänkt yta Karlbergsplats

I parken som benämns Karlbergsplats utreddes en nedsänkt yta för att ytligt magasinera skyfallsvatten och säkerställa framkomlighet för befintliga och planerade byggnader. Karlbergsplats hade i detta alternativ behövt sänkas med ett flertal meter vilket inte bedömdes vara genomförbart höjdsättningsmässigt.

6.2 Extra djupa växtbäddar Norra Stationsgatan

Ett förslag togs fram för skyfallshantering/fördröjning i extra djupa växtbäddar längs med Norra Stationsgatan. Dessa togs inte vidare i projektet då de inte ansetts fungera gestaltningsmässigt pga gaturummet är relativt trångt. Vidare hade växtbäddarna inte bedömts ha rätt förutsättningar för vegetationen.

6.3 Dike bakom kvartersmark

Ett dike bakom kvartersmark har utretts för att fördröja skyfallsvatten ifrån planområdet och uppströms området. Då det är en begränsad yta mellan kvartersmarken och Värtabanan, som dessutom behöver en arbetsväg delar av sträckan, bedömdes det som för stora ingrepp för att få till en betydande fördröjningsvolym. Det finns också flera risker kopplat till Värtabanan, t.ex. om det skulle ske läckage ifrån en olycka men också att ha stora mängder vatten bakom kvartersmarkens fasad.

7 Slutsatser och rekommendationer

Planerad exploatering innebär förändrade flödesmönster, vid ett 100-årsregn, inom planområdet. Detta beror på att planerad kvartersmark blockerar den flödesväg som idag leder skyfallsvatten till Värtabanans norra tunnel och allt vatten som kommer uppströms planområdet rinner istället ut på Klarastrandsleden.

Trots en ökad mängd vatten som rinner ut på Klarastrandsleden, samt ett något ökat vattenflöde, så påverkas inte översvämningssituationen (djup och utbredning) på vägen. Vatten dämmer upp, liksom i befintlig situation, när vattnet flödar som mest men leds sedan ut i Karlbergskanalen via olika släpp i kantstenen. Planerad exploatering påverkar således inte framkomligheten på Klarastrandsleden utan kan bidra till att vatten istället leds ut på vägen på ett kontrollerat sätt jämfört med befintlig situation.

Skyfallssituationen för Värtabanen bedöms förbättras efter planerad exploatering då:

1. Mindre volym vatten (ca 1600 m³) leds in i den norra tunneln vid ett 100-årsregn. Vilket innebär att eventuell befintlig skyfallsproblematik i norra tunneln bedöms utgå.
2. En kulvert, som är dimensionerad för att omhänderta ett 100-årsregn ifrån planområdet, föreslås avleda skyfallsflödet under Värtabanen istället för ytligt/genom banvallen.
3. Värtabanen föreslås säkras mot skyfall större än 100-årsregn med hjälp av en skyddsmur/tråg. Både kulvertlösningen och skyddsmuren/tråget innebär att Värtabanen i framtiden kan säkras från eventuell erosionsrisk och underminering av banvallen.

Skyfallssituationen vid 100-årsregn och skyfall med längre återkomsttider bedöms förbättras för Klarastrandsleden med hjälp av en kontrollerad avledning av skyfallsflödet. Den tekniska utformningen föreslås bestå av en kulvert och en bräddningsanordning med stänkskydd för att sprida ut skyfallsflödet och uppnå lägre skyfallsflöden med mindre risk för trafikanter.

Planen förbättrar översvämningssituationen för befintlig bebyggelse vid ett 100-årsregn. Simuleringar av erhållet ledningsnätunderlag (Sweco, 2023-11-06) visar att det inte blir marköversvämningar vid ett 10-årsregn, vilket indikerar att det finns mer kapacitet än det schablonavdrag som har gjorts för ledningsnätets kapacitet (10-årsregn). Detta kan visas med en kopplad skyfallsmodell (ytavrinningsmodell sammankopplad med en ledningsnätmodell för området), något som tas fram parallellt med denna utredning. För fastigheten Skålen 30 som har en nedsänkt entré planeras också nya rännstensbrunnar i lågpunkten för att avhjälpa situationen.

Framkomligheten till planerad bebyggelse och befintliga entréer längs med Norra Stationsgatan är säkrad via körbanor under nästintill hela regnet. Under ett fåtal minuter kommer framkomligheten vara begränsad då båda korsningarna i planområdets respektive ändar har vatten stående över 30 cm, sannolikheten att räddningstjänsten kommer påverkas under dessa minuter är låg. I den södra lågpunkten kommer dessutom vattendjupet på trottoarerna att vara mindre än på körbanorna och de därmed farbara under hela regnet. Befintliga byggnader bedöms även kunna nås via Norrbackagatan som är farbar under skyfallet.

7.1 Rekommenderat fortsatt arbete

Arbetet med en kopplad modell (fördjupad modell enligt MSB:s metodik (2023)) pågår för att verifiera redan framtagna resultat. Vattennivåer i lågpunkter kan därmed ändras då det finns indikationer på att ledningsnätet har en större kapacitet än det 10-årsregn som används som schablonavdrag i modellen. Detta kan påvisa att risken för inträngande vatten mot fastigheten

Skålen 30 är mindre än vad som redovisas i denna utredning, framförallt med de nya projekterade dagvattenbrunnarna i lågpunkten.

Projektering av lösningsförslagen (skyfallskulvert, etc) är i dagsläget under arbete. I det fortsatta arbetet rekommenderas att en utvärdering görs kring vilka lösningar som eventuellt kan implementeras i en skyfallsmodell. Detta beroende på vilka antaganden och förenklingar som modelltekniskt kommer behöva göras.

8 Referenser

MSB. (2023). *Metod för skyfallskartering av tätorter*.

Myndigheten för samhällskydd och beredskap. (2017). *Vägledning för skyfallskartering : tips för genomförande och exempel på användning*. Hämtat från <https://rib.msb.se/filer/pdf/28389.pdf>

Stockholm stad. (den 05 02 2024). *Hagastaden*. Hämtat från Stockholm växer: <https://vaxer.stockholm/omraden/stadsutvecklingsomraden/hagastaden/>

Stockholm stad. (2024-02-22). *Höjdsättning kring kv 35 - P4-100-WB-30000-0002*.

Sweco. (2020). *TEKNISK PM - Skyfallskartering Hagastaden*.

White. (2024-02-23). *L2_SKYFALLSLÖSNING VÄRTABANAN_PRINCIPSEKTION*.

WSP. (2024-01-26). *G1-RA-300-0001 PM Geoteknik - För granskning*.