

PM SKYFALLSMODELLERING

UPPDRAG WFQ Projekteringsuppdrag Vägport under E4 och temporär omledningsväg för E4 vid Helenelund i Sollentuna	UPPDRAGSLEDARE Daniel Lopez	DATUM 2020-10-16 REVIDERAD 2021-06-23
UPPDRAGSNUMMER 12707087	UPPRÄTTAD AV Beatrice Nordlöf	GRANSKARE Shahab Moghadas

Skyfallsmodellering underfart E4

Bakgrund och syfte

En vägport planeras under E4 i höjd med Helenelund i Sollentuna kommun. Tidigare utredningar har visat att vägporten riskerar att översvämmas i samband med kraftig nederbörd och skyfall.

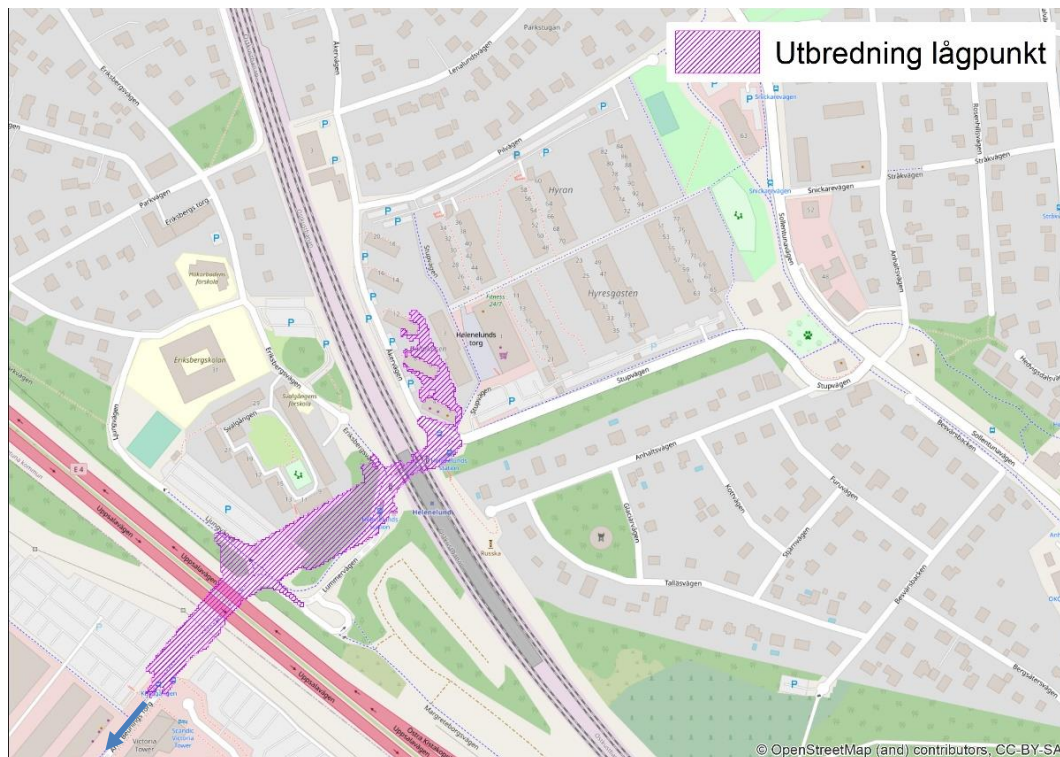
Sweco har på uppdrag av Trafikverket projekterat dagvattenledningsnät och höjdsättning för den nya vägporten. Syftet med föreliggande utredning är att studera hur avledningen från vägporten via de projekterade dagvattenledningarna fungerar vid skyfall, och hur länge vatten kan komma att stå i vägporten.

Gällande detaljplan för kvarteret Hoppet (Sollentuna kommun Dnr 2019/0253) anger att byggnader ska anpassas för att inte ta skada vid översvämning upp till nivån +30,9. Denna nivå har beslutats utifrån resultat från WSP:s tidigare modellering (2017). Den vattennivå till följd av skyfall som tidigare beräknats av Sweco ligger över den i detaljplanen angivna nivån, kompletterande beräkningar har därför utförts med följande syfte att översiktligt jämföra tidigare (WSP, 2017) och nuvarande modell (Sweco) för att förtydliga skillnader mellan genomförda beräkningar och förklara skillnaderna mellan resultaten.

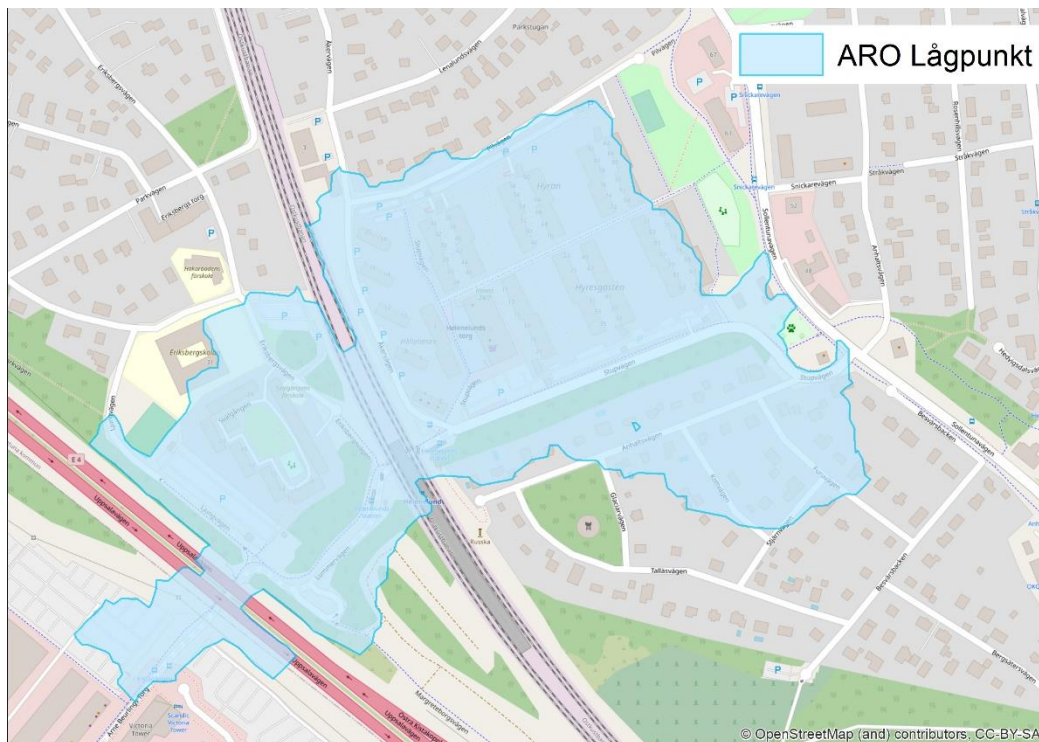
Områdesbeskrivning

Underfarten under E4 utgör en lågpunkt i terrängen. Detta innebär att underfarten är beroende av ledningsnätet för sin avvattnings, då vatten inte kan rinna vidare ytligt från underfarten. Figur 1 visar utbredningen av lågpunkten vid underfarten. Utbredningen kan något förenklat sägas motsvara den maximala översvämningsutbredningen i lågpunkten, när vattennivån når över lågpunktens tröskelnivå kan vatten rinna vidare ytligt söderut längs Arne Beurlings torg. Lågpunktens tröskelnivå är cirka +32,6 m.

Avrinningsområdet som avvattnas mot lågpunkten är ca 26 ha stort (maximalt avrinningsområde beräknat med Scalgo). Avrinningsområdet visas i Figur 2. Som framgår av figuren är merparten av avrinningsområdet på Sollentunasidan av vägporten (nordöstra sidan). Cirka 24,3 ha av avrinningsområdet (95 %) ligger i Sollentuna kommun, och cirka 1,3 ha (5 %) ligger i Stockholms kommun.



Figur 1 Utbredning av lågpunkten i vägtunneln med den projekterade höjdsättningen. Från lågpunkten kan vatten ej avrinna ytligt, området är beroende av ledningsnätet för sin avvattning. Om lågpunkten fylls till sin tröskelnivå rinner vatten söderut, se blå pil. Bakgrundskarta: OpenStreetMap



Figur 2 Avrinningsområde som avvattnas mot lågpunkten under E4 med områdets projekterade höjdsättning. Avrinningsområdet är 26 ha stort. Bakgrundskarta: OpenStreetMap

Metod och modellbeskrivning

För att studera avrinningen vid skyfall har en hydraulisk modell byggts upp över området. Modellen är uppbyggd med modelleringsverktygen MIKE Flood, och består av två kopplade modeller för ledningsnätet (Mike Urban) och markytan (Mike 21). Nedan beskrivs de båda modellerna och ingående parametrar i närmare detalj.

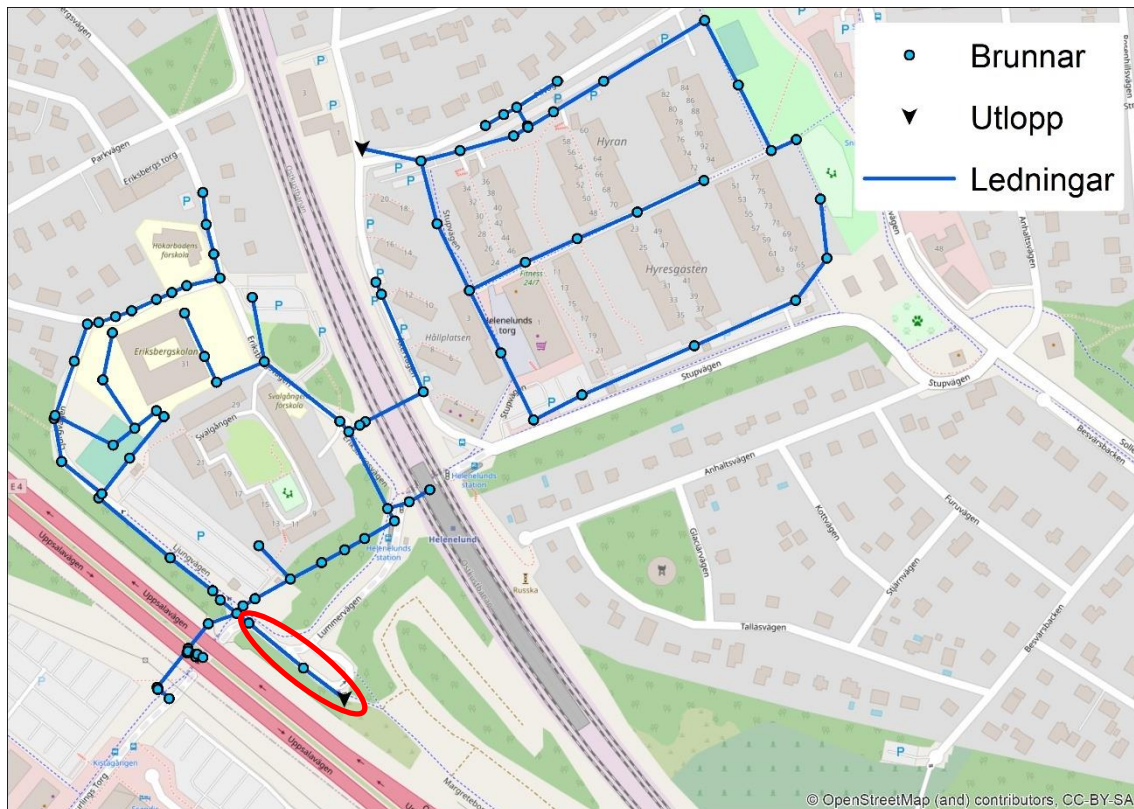
Ledningsnätsmodell (MIKE Urban)

Ledningsnätsmodellen är uppbyggd i verktyget MIKE Urban. Modellen har byggts upp utifrån tidigare framtagen ledningsnätsmodell över området, för närmare beskrivning av denna modell hänvisas till (WSP, 2017). Den befintliga modellen har uppdaterats med projekterat ledningsnät i vägtunneln samt öster om vägtunneln i Sollentuna kommun.

- Projekterat ledningsnät i vägtunneln (Sweco, W1825101, erhållen 2020-04-07)
- Projekterat ledningsnät i Sollentuna (Geosigma, R-51-P001, erhållen 2020-04-16)

Dagvatten från vägtunneln föreslås enligt ovanstående underlag att ledas till en 1200 mm ledning och vidare mot en brunn med sandfång, dessa är markerade i figur 3 nedan. Det är ej fastställt hur dagvatten därefter ska ledas vidare mot Edsviken, och hur anslutning mot befintligt ledningsnät ska ske. Det finns ingen detaljprojekterad lösning för hur denna anslutning ska ske, detta utreds av Sollentuna kommun. För denna utredning modelleras sandfångsbrunnen som

ett utlopp.



Figur 3 Ledningar, brunnar och utlopp som modelleras i den 1-dimensionella ledningsnätmodellen. 1200-ledningen och sandfångsbrunnen som utgör ledningssystemets utlopp är markerade med röd cirkel. Bakgrundskarta: OpenStreetMap.

Markavrinningsmodell (MIKE 21)

Markavrinningsmodellen är uppbyggd i verktygen MIKE 21. Terrängmodellen har byggts upp genom att kombinera befintliga höjder med projekterade höjder för den nya vägporten och omkringliggande vägar. Vid tidpunkten för genomförandet av skyfallsmodelleringen råder osäkerhet kring hur den slutliga höjdsättningen i området ska se ut. Det underlag som används för uppbyggnad av terrängmodellen är:

- Nationella höjddata (GDS Höjddata grid 2+) från Lantmäteriet
- Projekterade höjder för vägtunneln och Arne Berings torg (mm_5902-0218P003-111.dwg)

Markråheten har ansatts till ett konstant Mannings tal på 32 över hela modellområdet, vilket ungefär motsvarar markråheten för en grusad yta. Detta är en förenkling, men bedöms ha begränsad påverkan på modellresultaten då markanvändningen i området är förhållandevis homogent med en stor andel hårdgjorda ytor.

4 (13)

PM SKYFALLSMODELLERING
2020-

Infiltration representeras implicit genom att ett avdrag gjorts på det regn modellen belastas med, regnbelastning beskrivs närmare nedan.

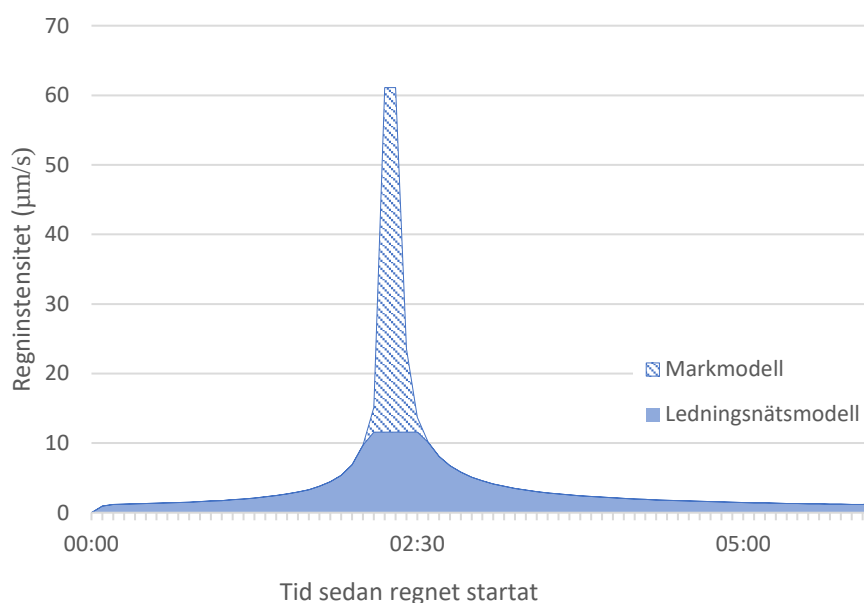
Scenarion och regnbelastning

Två scenarion har beräknats:

- 30-årsregn klimatfaktor 1,25
- 100-årsregn med klimatfaktor 1,25

I båda scenarierna belastas modellen med CDS-regn med 6 timmars varaktighet.

Regnet har delats upp mellan ledningsnätmodellen och markavrinningsmodellen. Ledningsnätmodellen belastas med den del av regnet som underskrider 11,6 $\mu\text{m/s}$ motsvarande intensiteten för ett 10-årsregn med 30 minuters varaktighet. Denna intensitet antas motsvara ledningsnätets och infiltrationens kapacitet i området. Detta är ett konservativt antagande. Den del av regnet som överskrider denna intensitet belastas direkt på markavrinningsmodellen. Principen illustreras i Figur 4 nedan.



Figur 4 Uppdelning av regnbelastning mellan ledningsnätmodell och markavrinningsmodell. Regnet i figuren är ett 100-årsregn av CDS-typ med 6 timmars varaktighet. Ledningsnätmodellen belastas med den del av regnet som underskrider intensiteten av ett 10-årsregn med 30 minuters varaktighet.

Modellkoppling

De två modellerna har kopplats samman för att möjliggöra beskrivning transport mellan ledningsnätet och markytan. Samtliga noder i ledningsnätmodellen har kopplats till markavrinningsmodellen. Utbytet mellan ledningsnätet och markytan modelleras genom en *Orifice equation*.

Då översvämningen i underfarten är beroende av ledningsnätets avvattnande kapacitet och rännstensbrunnarnas intagskapacitet har två scenarion för utbytet mellan ledningsnät och markyta beräknats med modellen:

- Utbytet mellan ledningsnätet och markytan begränsas till 50 l/s och brunn, vilket enligt (Svenskt Vatten Utveckling, 2017) motsvarar maximal intagskapacitet i en rännstensbrunn när dämning sker upp till kantstenen.
- Ingen flödesbegränsning anges för utbyte mellan ledningsnät och markyta

Osäkerheter

Det finns många osäkerheter kopplat till vald modelleringsmetodik som kan påverka modellens resultat. De största modelltekniska osäkerheterna bedöms vara:

- Anslutningen till planerad sandfångsbrunn och nedströms ledningssystem modelleras som ett utlopp, detta innebär att ledningsnätets kapacitet kan överskattas av modellen. Om det ledningsnät som systemet ansluts till har för liten kapacitet kan dämning uppstå, vilket leder till långsammare avtappning av underfarten, och en förvärrad översvämningssituation jämfört med vad modellresultaten visar.
- Val av Mannings tal för ytavrinningsmodell och ledningar påverkar friktionsförlusten, och därmed vattnets hastighet och ledningsnätets kapacitet
- Val av beräkningsmetod för brunnsförluster påverkar trycknivån i ledningsnätet
- Avrinningskoefficienter för avrinningsområden har ej justerats för modellering av 100-årsregnet, detta innebär att avrinningen till ledningsnätet kan underskattas.

Utöver modellosäkerheten bedöms även följande yttre faktorer kunna påverka översvämningssituationen vid tunneln vid ett skyfall:

- Intagsbrunnarna kan sätta igen av material som transporteras med ytavrinnande vatten
- Ett 100-årsregn kan ha ett annat förlopp än det CDS-regn som modellerats, vilket ger en annan översvämningssituation. Se vidare diskussion under avsnittet om modelljämförelse.

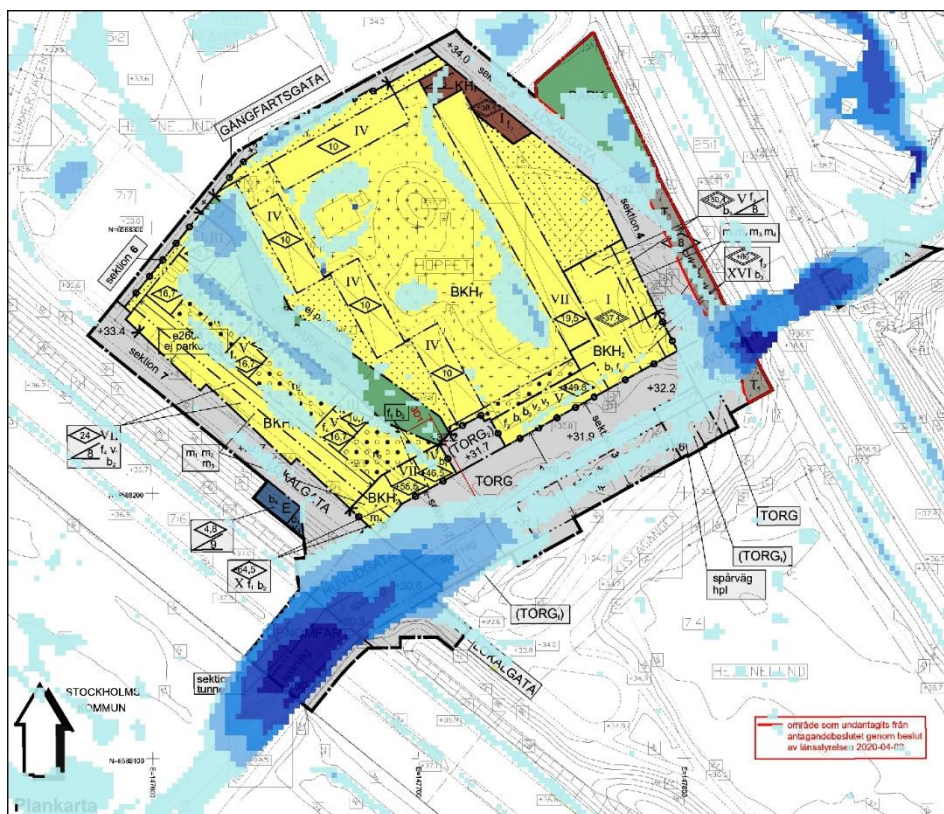
Modellen bedöms ge en tillräckligt god beskrivning av området för att resultaten ska kunna användas för att utvärdera översvämningssrisken i vägtunneln på en övergripande nivå.

Resultat från beräkningar med CDS-regn

Nedan sammanfattas resultaten från de modellberäkningar som gjorts.

Tabell 1 Sammanställning av resultat från modellberäkningar med projekterat ledningsnät (april 2020) och CDS-regn.

Scenario	Maximalt vattendjup	Maximal vattennivå	Varaktighet på översvämning
100-årsregn, begränsat utbyte	Ca 120 cm	+31,3	Ca 2 tim 30 min
100-årsregn, obegränsat utbyte	Ca 75 cm	+30,9	Ca 1 tim 10 min
30-årsregn, begränsat utbyte	Ca 50 cm	+30,65	Ca 50 min
30-årsregn, obegränsat utbyte	Ca 50 cm	+30,65	Ca 40 min



Figur 5 Maximalt beräknat vattendjup i vägporten för ett 100-årsregn med begränsat utbyte. Bakgrundskarta: Urklipp från detaljplan för kvarteret Hoppet (Sollentuna kommun Dnr 2019/025).

Som framgår av tabell 1 kan nuvarande systemlösning (april 2020) ge en vattennivå i vägporten på +30,9 om utbytet mellan ledningsnät och markyta antas vara obegränsat.

Jämförelse mot tidigare modellberäkningar

För att tydliggöra skillnaderna mellan Swecos modellering och tidigare genomförd modellering från WSP, som låg till grund för antagandet av detaljplanen för kvarteret Hoppet, har en översiktlig jämförelse gjorts. De genomförda modelleringarna skiljer sig på flera punkter, båda i fråga om underlag och antaganden som gjorts. De största skillnaderna bedöms vara kopplade till:

- Systemlösning för ledningsnätet
- Regnbelastning

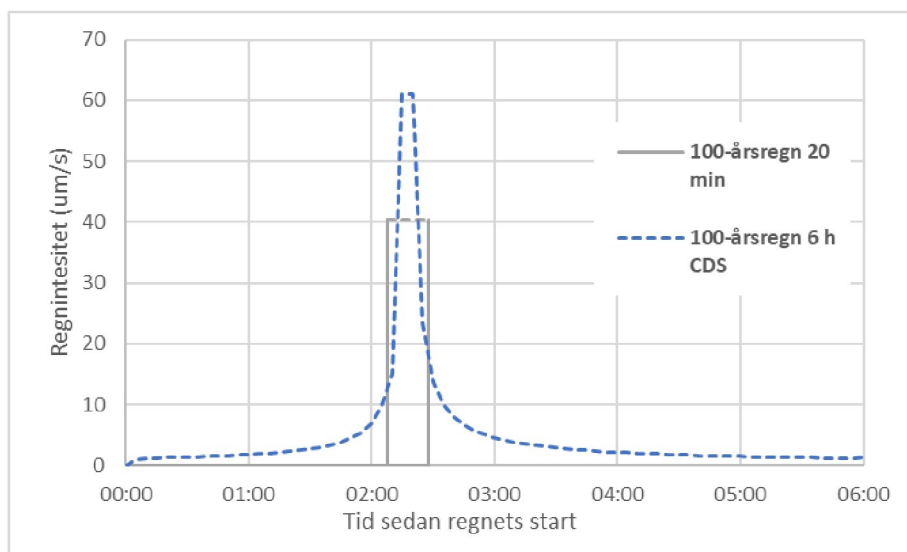
Systemlösning för ledningsnätet

Systemlösningen för ledningsnätet har förändrats sedan WSP:s modellering genomfördes. Den modellerade systemlösningen innehöll en pump i vägtunneln med kapacitet på 1470 l/s. Denna pump omhändertog avrinning från hela ledningsnätet på båda sidor om vägporten. Detta innebär att det maximala flödet som kunde ledas ut från ledningssystemet motsvarade pumpens kapacitet på 1470 l/s.

Swecos modell har uppdaterats med projekterat ledningsnät, där avrinning från vägtunneln istället omhändertas av ledningar som leder vatten mot sydost. I den projekterade systemlösningen avrinner vatten mot en planerad sandfångsbrunn, denna har modellerats som ett utlopp i Swecos modell och antas ha obegränsad flödeskapacitet. Det projekterade ledningsnätet så som det modellerats i Swecos modell har således en högre flödeskapacitet ut ur systemet än den systemlösning som modellerats av WSP. I verkligheten kommer utflödeskapaciteten att begränsas av kapaciteten på den planerade sandfångsbrunnen och det nedströms planerade ledningssystemet.

Regnbelastning

WSP:s modellberäkningar är genomförda med ett 100-årsregn av blockregnstyp med 20 minuters varaktighet, medan Swecos beräkningar är genomförda med ett så kallat CDS-regn med 6 timmars varaktighet. Ett CDS-regn är ett designregn sammansatt av blockregn med olika varaktigheter. Syftet med att modellera ett CDS-regn är att möjliggöra analys av hur systemet svarar på den stora totalvolym som den långa varaktigheten ger upphov till, och den höga regnintensitet som uppstår i regnets intensitetstopp i mitten av regnförloppet. Blockregnet med 20 minuters varaktighet har en total volym på 48 mm, medan CDS-regnet med 6 timmars varaktighet har en total volym på 105 mm (motsvarande volymen för ett 6 timmars blockregn). Båda regnen har beräknats med en klimatfaktor på 1,25. Figur 7 illustrerar skillnaden mellan de två regnen.



Figur 7 CDS-regn med 6 timmars varaktighet (blå linje) och blockregn med 20 minuters varaktighet (grå linje). Båda regnen har en återkomsttid på 100 år och klimatkoefficient 1,25.

För jämförelse har en modellberäkning genomförts där Swecos modell belastats med ett 20-minuters regn av blockregnstyp. I likhet med WSP:s modell har regnet belastats modellen genom att en volym motsvarande ett 30-årsregn med 20 minuters varaktighet belastas direkt till ledningsnätet. Denna beräkning har gjorts för ett scenario utan flödesbegränsning i brunnarna, och ett scenario där intagskapaciteten begränsats till maximalt 50 l/s, på samma sätt som för tidigare beskrivna beräkningar.

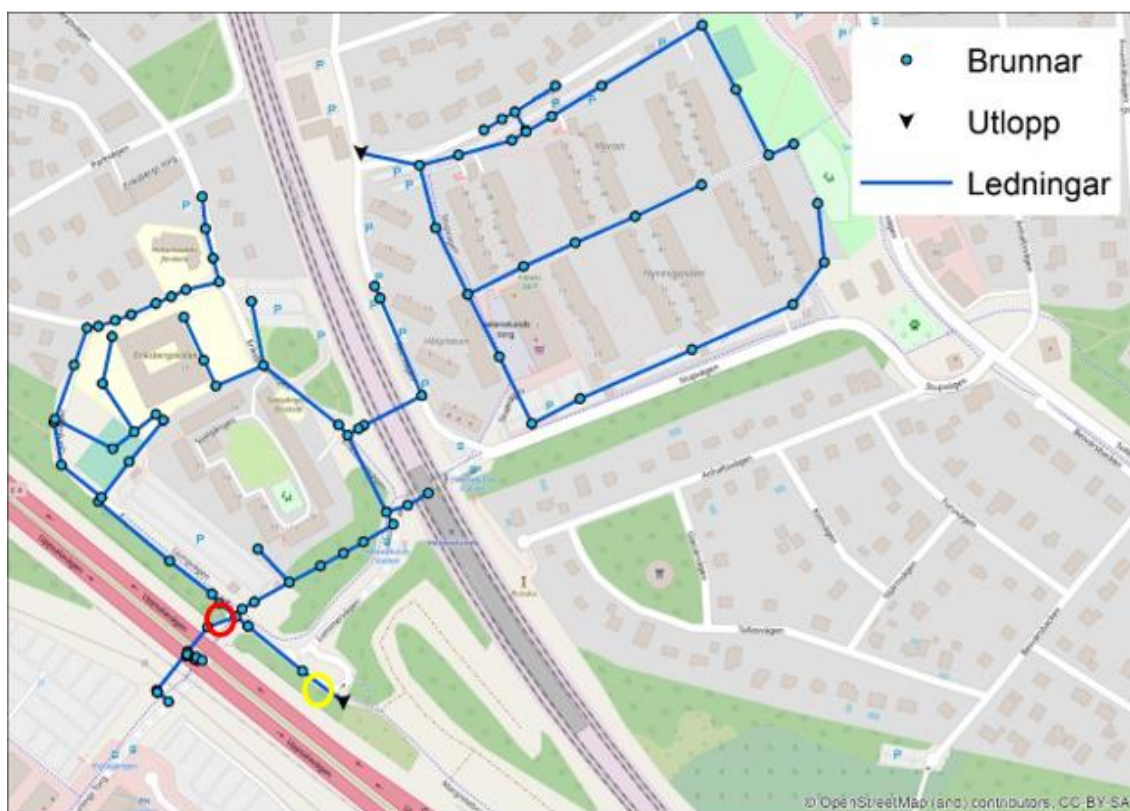
Resultatet från beräkningarna visas i tabell 3, av resultaten framgår att den nivå som beräknats av Swecos modell är i samma storleksordning som beräknats i WSP:s tidigare modell. Flödet ut från vägporten är högre i WSP:s modell, då pumpstationen i vägporten utgör utlopp för hela ledningssystemet. Flödet ut från ledningssystemet är högre i Swecos modell då det inte föreligger någon begränsning av utflödet. Att de nivåer som beräknats är i samma storleksordning innebär att den projekterade systemlösningens kapacitet motsvarar kapaciteten för den tidigare systemlösningen.

Den maximala beräknade vattennivån i vägporten skiljer sig marginellt mellan Swecos två beräkningfall med och utan flödesbegränsning i intagsbrunnarna. Scenariot med flödesbegränsning ger cirka 2 cm högre vattennivåer, i tabellen presenteras avrundade värden. En anledning till att flödesbegränsningen har en så pass liten effekt kan vara att andra parametrar i modellen begränsar hur snabbt vatten avvattnas från vägporten, exempelvis kan antaganden om brunnens area och val av ekvationer för flödesutbytet påverka hur stort utbytet mellan markytan och ledningsnätet blir. Vattennivån påverkas även av hur höjderna i vägporten ser ut, en förhållandevis stor volym kan magasineras i vägporten med en begränsad ökning i vattennivån. Detta innebär att en något långsammare avtappning endast ger en marginell ökning i vattendjup.

Begränsningen i utbyte mellan ledningsnät och markyta gör att de beräknade flödena i ledningsnätet blir lägre, då mindre vatten per tidsenhet når ner till ledningsnätet. Av tabellen kan utläsas att såväl flödet ut ur vägporten som flödet ut ur ledningssystemet blir lägre i scenariot med flödesbegränsning. De ledningar där flödet hämtats från är markerade i figur 5.

Tabell 3 Sammanställning av resultat från modelljämförelse.

Modell	Beräknad vattennivå i vägport (RH2000)	Maxflöde ut ur vägport	Maxflöde ut ur ledningssystem
Sweco (utan flödesbegränsning)	+30,7 m	580 l/s	1890 l/s
Sweco (med flödesbegränsning 50 l/s)	+30,7 m	470 l/s	1400 l/s
WSP (Fall 1 där regnet delats upp mellan ledningsnät och markyta)	+30,5 m	1470 l/s	1470 l/s
WSP (Fall 2 där regnet endast belastar markyta)	+30,9 m	1470 l/s	1470 l/s



Figur 5 Ledningar, brunnar och utlopp som modelleras i den 1-dimensionella ledningsnätmodellen. Bakgrundskarta: OpenStreetMap. Röd cirkel markerar ledning ut ur vägporten, gul cirkel markerar ledning ut ur systemet.

Diskussion och slutsatser

Resultaten från den översiktliga modelljämförelsen visar att valet av belastande regn har stor betydelse för vilken översvämning som beräknas i vägporten. En regnhändelses återkomsttid definieras av regnets volym och varaktighet. En och samma regnvolym får olika återkomsttid om regnvolymen faller under en 30-minutersperiod, en timme eller ett dygn. Det finns således inte ett enskilt 10-årsregn, 50-årsregn eller 100-årsregn, utan oändligt många (eftersom det finns oändligt många teoretiskt möjliga varaktigheter). Regnhändelser med lång varaktighet har lägre regnintensitet men större totalvolym än regnhändelser med motsvarande återkomsttid och kort varaktighet. De två regn som beräknats för vägporten har båda en återkomsttid 100 år, men har olika varaktighet och olika form. Då regnen har samma återkomsttid har de teoretiskt sätt samma sannolikhet att inträffa.

Vägporten utgör en instängd lågpunkt och är beroende av ledningsnätets kapacitet för sin avvattnings. När regn faller med en hög intensitet som överskrider ledningsnätets avbördande kapacitet uppstår marköversvämning. Marköversvämningens omfattning och varaktighet bestäms av förhållandet mellan ledningsnätets avbördande kapacitet och regnets intensitet, därför spelar regnets form, varaktighet och volym roll för vilket marköversvämning som uppstår i

vägporten. Resultaten från modellberäkningarna visar att CDS-regnet ger upphov till en större marköversvämning än blockregnet med 20 minuters varaktighet. Detta beror på att CDS-regnet har en högre intensitetstopp och en större total regnvolym. Det går inte att säga vilken av de två regnen som är mest sannolikt att inträffa, det är därför rimligt att det regn som ger upphov till den mest konservativa bedömningen av översvämningssituationen, det vill säga CDS-regnet, används för utvärdering av översvämningssituationen i vägporten. Samtidigt är det beräkningar med 20-minutersregnet som legat till grund för bestämmelserna i detaljplanen för kvarteret Hoppet i Sollentuna kommun, vilket innebär att det rimligt att fortsatt projektering ska utgå från detta regn.

Swecos modellberäkningar visar att när modellen med nuvarande projekterad systemlösning för ledningsnätet (april 2020) belastas med ett CDS-regn uppfylls kravet i detaljplanen för kvarteret Hoppet i Sollentuna kommun på att översvämningssnivån inte ska överskrida +30,9 (RH2000), förutsatt att ingen flödesbegränsning finns i brunnarna. Vidare visar Swecos beräkning att kraven i detaljplanen uppfylls med cirka 20 cm marginal när modellen belastas med det 20-minuters blockregn som används i WSP:s tidigare modellering, och som ligger till grund för bestämmelserna i detaljplanen.

Resultatet från modelljämförelsen illustrerar hur stor effekt antaganden har för beräknade modellresultat. En modell visar aldrig hela sanningen, och resultaten ska därför tolkas med försiktighet.

Slutsatser

- För de modellerade CDS-regnen påverkas översvämningens utbredning, djup, och varaktighet i vägtunneln i hög grad av hur utbytet mellan ledningsnät och markyta beskrivs i modellen. I praktiken innebär att rännstensbrunnarnas kapacitet spelar stor roll för hur omfattande översvämning som kan uppstå i tunneln vid ett extremt regn.
- Med konservativa antaganden kan ett översvämningssdjup på 120 cm uppstå i vägtunneln. Översvämningen varar då cirka 2,5 timmar.
- När modellen beräknas med ett 20 minuters blockregn med 100 års återkomsttid och klimatfaktor 1,25 uppgår vattennivån i vägporten till cirka +30,7 m (RH2000). Vid detta scenario påverkas vattennivån endast marginellt av antaganden om flödesbegränsning i brunnarna.
- Resultaten från genomförda modellberäkningar visar att en nivå på +30,9 (RH2000) i vägporten kan uppnås med nuvarande systemlösning för ledningsnätet när detta belastas med ett 6 timmars CDS-regn med 100 års återkomsttid och klimatfaktor 1,25. Modellberäkningen antar då ett obegränsat utbyte mellan ledningsnät och markyta, i verkligheten är intagsbrunnarnas kapacitet begränsad.

Referenser

Sollentuna kommun, *Detaljplan för kvarteret Hoppet och del av Tvärbanan Kistagrenen*, Laga kraft 2019-05-02, Dnr 2019/025

12 (13)

PM SKYFALLSMODELLERING
2020-

Svenskt Vatten Utveckling. (2017). *SVU 2017-03 Beredskapsplanering för skyfall.*

WSP. (2017). *PM - Översvämningskartering i Helenelund.*