

PM

Handläggare
Joanna Kleinrock
Josefin Persson
Emilia Mellin
Edgar Fernandez
Tel
+46 10 505 72 63
E-post
josefin.persson@afry.com
Datum
2025-09-12
Projekt ID
D0141893

Mottagare
Svenska Kraftnät

Råcksta station - Skyfalls PM

Kompensationsåtgärd för omhändertagande av skyfall i
Nälsta dike

PM

Innehåll

1	Bakgrund och syfte.....	4
1.1	Krav och riktlinjer.....	4
2	Förutsättningar	5
3	Metod	6
3.1	Modell.....	6
3.2	Beräkningar.....	6
4	Resultat	7
5	Analys.....	10
6	Alternativ åtgärd	12
6.1	Förutsättningar	12
6.2	Resultat	12
6.3	Analys	14
7	Slutsats.....	16

Bilagor:

Bilaga 1: Differenskartan Framtid utan åtgärd Stockholms skyfallsmodell

Bilaga 2: Differenskartan Framtid med åtgärd Stockholms skyfallsmodell

Bilaga 3: Differenskartan Framtid utan åtgärd justerad Stockholmsmodell

Bilaga 4: Differenskartan Framtid med åtgärd justerad Stockholmsmodell

Bilaga 5: Jämförelse tvärsektioner i Nälsta dike

Bilaga 6: Råcksta skyfallsmodell – dokumentation

PM

Sammanfattning

För att möjliggöra byggnation av en ny el-station på del av fastighet Stockholm Floden 1 föreslås en åtgärd i grönytan nordväst om fastigheten.

För att klara kraven gällande skyfall har kompensationsåtgärder utretts i form av en breddning och en barriär i Nälsta dike.

Fördröjning föreslås ske i form av en breddning i Nälsta dike i parkytan mellan Täbylundsvägen och Nälstabadet. Dikets botten föreslås behålla befintliga höjder, men breddas och anläggs i flackare slänter. Hänsyn har tagits till befintliga och framtida ledningar i mark. Åtgärden ska även kompensera för den tillkommande skyfallsvolymen för ett 100-års regn på cirka 200 m³ från Svenska Kraftnäts nya station.

Åtgärden har kontrollerats med modellering i programmet Mike + och resultatet presenteras i detta PM med tillhörande bilagor.

Slutsatsen är att det är möjligt att fördröja tillräckligt mycket vatten med föreslagen åtgärd för att inte försämra översvämningssituationen uppströms och nerströms.

Framkomligheten är god och försämras inte.

PM

1 Bakgrund och syfte

AFRY har på uppdrag av NEKTAB och Svenska Kraftnät utfört en skyfallsutredning som underlag till ny detaljplan. Detaljplanen syftar till att möjliggöra byggnation av en ny el-station på del av fastighet Stockholm Floden 1, Stockholm Råcksta 1:21 samt Stockholm Nälsta 5:3. Följande Skyfalls PM redovisar framtagna resultat.

Vid utredning av markförhållanden har det visats att det finns en stor skyfallsproblematik inom och utanför planerat detaljplaneområde. I den park som planområdet placeras intill fördröjs i dagsläget stora volymer skyfall. För att säkerställa att den planerade byggnationen som är en samhällsviktig byggnad inte riskerar att översvämmas krävs en färdig golvhöjd (FG) över höjden för beräknat högsta flöde (BHF) +15.70 m.ö.h. För att uppnå denna höjd innebär det stora volymer fyllnadsmaterial. Uppfyllnad av marken innebär i sin tur att skyfallsvolymer som i dagsläget kan fördröjas där planområdet placeras kommer att trängas undan. Därav behöver dessa volymer kompenseras för på annan plats för att inte förvärpa situationen för omkringliggande byggnader vid skyfall.

1.1 Krav och riktlinjer

Ny bebyggelse ska planeras så att den inte tar skada vid ett 100-årsregn med klimatfaktor 1,25. Den planerade el-stationen räknas som samhällsviktig verksamhet och därmed ska högre återkomsttid än 100-årsregn beaktas. I denna utredning har förutsättningarna varit att stationen ska skyddas för ett 200-årsregn, enligt rekommendationer från MSB.

Skada på befintliga byggnader får inte orsakas genom att förädra vattnets flöde, enligt jordabalken. I denna utredning har det inneburit att vattennivån inte kan höjas direkt norr om ytan för den planerade el-stationen.

PM

2 Förutsättningar

För att kompensera den undanträngda volymen utreds möjligheten att fördröja skyfall uppströms i Nälsta dike.

Norr om Nälstadiket (öster om Skattegårdsvägen) ligger Nälstabadet som är en bassäng övertäckt med ett tält. Nälstabadet har en bassängkantshöjd på +16,58 samt en tältkantshöjd på +16,49. Vattennivåer som skyfall uppgår till kring Nälstabadet är idag höga (över bassängkantshöjd). Ovan nämnd kompensationsåtgärd utformas för att ej försämra för Nälstabadet vid skyfall.

För att kontrollera kompensationsåtgärden har skyfallsmodeller gjorts i MIKE+ och analyserats i Scalgo. Syftet är att visa att ett 100-års regn med klimatfaktor inte förvärrar skador för omkringliggande bebyggelse. Skyfallsmodell och befintliga dagvattenledningar har tillhandahållits av Stockholms stad och Stockholm Vatten och Avlopp (SVOA).

Höjdsättning av stationsyta har tillhandahållits från LAND Arkitektur och utgör underlag för simuleringar av framtida scenarion. Markhöjning för el-stationen utformas med mur mot intilliggande parkyta.

Resultaten redovisas i tabell och kartbilder (se Bilaga 1 till Bilaga 2).

PM

3 Metod

3.1 Modell

MIKE+ är ett program för dagvattenmodellering som används för att bland annat simulera och analysera dagvattenflöden. Programmet kan vara ett hjälpmedel för att skapa hållbara lösningar för dagvattenhantering, exempelvis vid stadsutveckling och beredskapsplaner.

För att skapa simuleringar behövs nödvändiga data, såsom topografi och klimatdata. Med hjälp av dessa kan en digital modell byggas upp för det aktuella området. Modellen kalibreras för att säkerställa att den överensstämmer med verkliga observationer och därmed ge tillförlitliga resultat. Simuleringar görs sedan i modellen för att analysera olika scenarion, exempelvis översvämningar.

För projektet har en skyfallsmodell tillhandahållits från Stockholms stad. Modellen har byggts upp av Stockholms stad och SVOA under flera år. Simuleringar som tagits fram är gjorda med modellens medföljande data, där dimensionerande regn är 100-års regn med klimatfaktor 1,25.

En mer detaljerad beskrivning av hur denna utredning använder skyfallsmodellen finns att läsa i bilaga 6.

3.2 Beräkningar

Beräkningar för hur mycket skyfall som tillkommer från stationsområdet har genomförts enligt Svenskt Vattens publikation 110. Tillkommande hårdgjorda ytor och planerade markhöjningar inom stationsområdet medför att en volym på ca 200 m³ tillkommer på grund av planerad byggnation trots att dagvatten upp till 20-årsregnet fördröjs på fastigheten i dagvattenanläggningar.

För att inte orsaka skada på byggnader nedströms kommer de 200 m³ som orsakas av byggnationen att inkluderas i kompensationsåptgården som beskrivs i denna rapport.

PM

4 Resultat

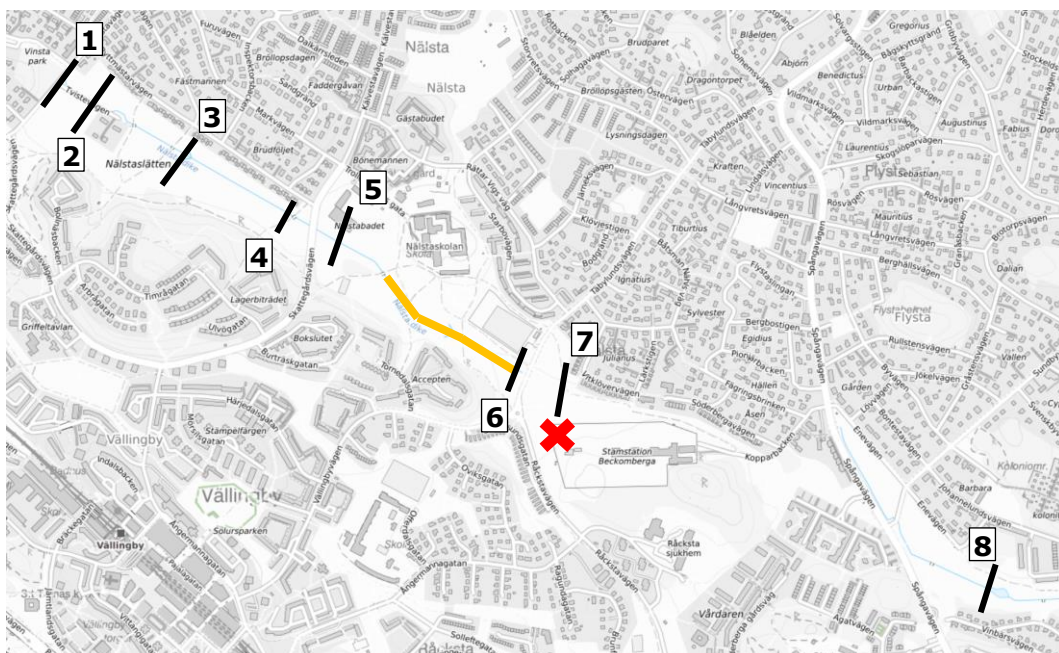
För att bedöma el-stationens och kompensationsåtgärdens påverkan och effekt på översvämningar vid skyfall jämförs befintlig situation med följande framtidsscenario:

- Framtida situation utan kompensationsåtgärd
- Framtida situation med kompensationsåtgärd; breddning av Nälsta dike

Breddningen av Nälsta dike motsvarar ca 6000 m³ schakt. Dikets botten varierar mellan +12,3 meter och +14,9 meter över havet. Dikets slänter ges en varierande lutning mellan 1:3 till 1:6. Dikets botten följer samma höjder som anges i sektioner i skyfallsmodellen tillhandahållen av Stockholmsstad.

Nedan redovisas resultat för befintlig situation samt framtida situationer i Tabell 1. Bilaga 1 och bilaga 2 redovisar resultat i differenskartbilder där befintlig situation har subtraherats från respektive framtidsscenario. Översvämningarna visar var vattennivåer har ökat respektive minskat jämfört med befintlig situation.

Rött kryss i Figur 1 markerar planområdet och den framtida el-stationen. Gult streck visar placering för kompensationsåtgärden. Svarta streck markerar analyserade sektioner som redovisas i Tabell 1.



Figur 1. Översiktskarta med redovisning av utvalda sektioner (svarta streck), ny station (rött kryss) och dikesbreddning (gult streck).

PM

Tabell 1. Redovisning av vattennivåer från skyfallsmodeller. Framtida nivåer analyseras med tolerans +/- 1 cm från befintliga nivåer. Grön markerar vattennivåer som inte påverkas samt sänks. Gul markerar vattennivåer som höjs. Befintlig och framtida situation är baserad på samma modell med endast en variation i höjder där åtgärder och byggnation föreslås.

	Sektion 1	Sektion 2	Sektion 3	Sektion 4	Sektion 5	Sektion 6	Sektion 7	Sektion 8
Befintlig situation	+17,75	+17,24	+17,22	+17,19	+16,80	+14,47	+14,47	+11,70
Framtid utan åtgärd	+17,76	+17,23	+17,22	+17,19	+16,79	+14,56	+14,56	+11,71
Framtid med dikesbreddning	+17,75	+17,23	+17,22	+17,19	+16,77	+14,39	+14,39	+11,72



Figur 2. Befintlig situation

PM



Figur 3. Framtida situation utan åtgärd



Figur 4. Framtida situation med åtgärd

PM

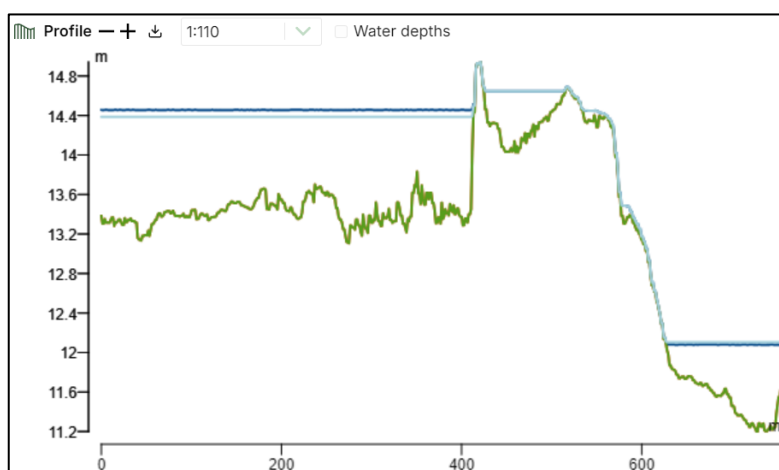
5 Analys

Resultaten i föregående kapitel för 100-års regn med klimatfaktor 1,25 visar att byggnation av ny el-station utan kompensationsåtgärd översvämmer befintlig bebyggelse intill el-stationen med cirka 9 centimeter mer än i dagsläget.

Kompensationsåtgärd med breddning av Nälsta dike visar att vattennivåer uppströms i Nälsta dike inte ökar vid skyfall. Därav bedöms åtgärden ha god effekt för att kompensera den volym skyfall som trängs undan av stationsytan.

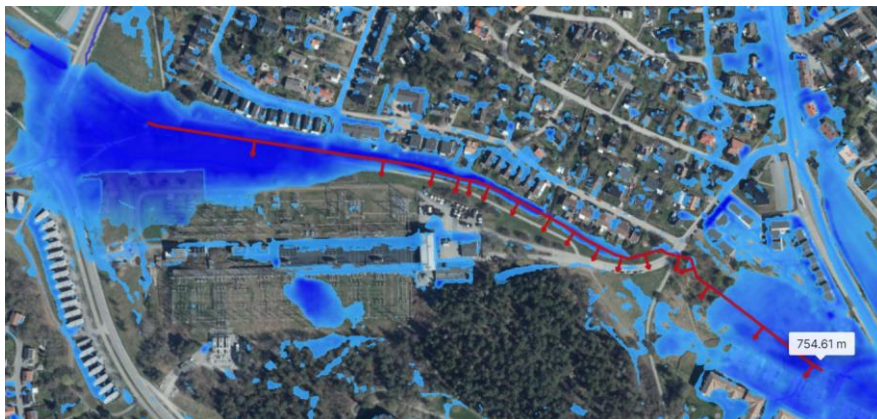
Resultaten visar att en liten höjning av skyffalsnivåer, cirka 2 centimeter, förekommer nedströms el-stationen (i sektion 8). Området utgörs idag huvudsakligen av grönyta samt parkering.

Detta bedöms orsakas av modellens känslighet för trycknivåer. Nivåskillnader i mark mellan området vid sektion 8 och stationsytan vid sektion 7 gör att skyfallsvatten som rinner på ytan inte kan ta sig från stationen ner till området nedströms vid vattennivåer orsakat av ett 100-års regn med klimatfaktor. I Figur 5 visas en profil där det framgår att befintlig mark (grön linje) avgränsar vattensamligar (blå linjer) som uppstår vid ett 100-årsregn vid stationsområdet, mellan sektion 7 och 8. Figur 6 visar profilens sträckning i plan. Området vid stationsytan är alltså instängt och vatten från den kan inte ytligt rinna till områden nedströms. Vid Täbylundsvägen rinner Nälsta dike in i en kulvert som transporterar vatten till utlopp vid Spångavägen. Stationsytan och kompensationsåtgärden påverkar trycknivåer i skyfallsmodellen vid inloppet till kullerten vilket mest troligt är orsak till högre översvämningsnivåer nedströms. Trycknivåerna i River-komponenten och kulverten påverkar anslutna brunnar (se Figur 7) och vatten kan via dessa ta sig till 2D-modellen och rinna på ytan till det drabbade området. Detta bedöms osannolikt att ske i verkligheten eftersom höjdskillnad mellan brunnar och utlopp ur kulvert är cirka 2 meter.

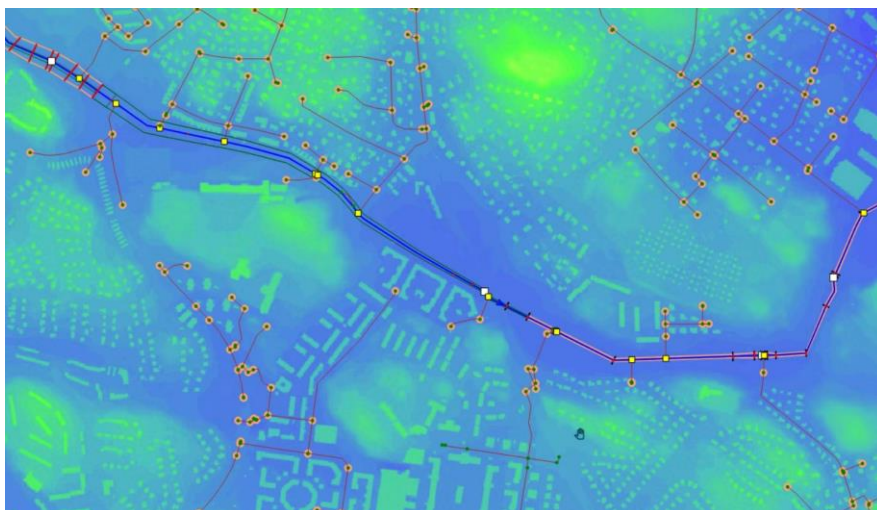


Figur 5. Grön line visar marknivå mellan stationsyta (vänster i figur) och ytan nedströms vid sektion 8 (höger i figur). Blå linjer visar befintlig (mörkblå) och ny (ljusblå) vattennivå vid 100-års regn med klimatfaktor 1,25. Vid endast ljusblå linje är befintlig och ny vattennivå densamma.

PM



Figur 6. Profil placering i plan i markytans låglinje.



Figur 7. Stockholmsmodell med kopplat ledningsnät och brunnar. Gula prickar markerar brunnar.

Utan kompensationsåtgärd syns en höjning av vattennivåer vid skyfall intill stationsytan och uppströms Täbylundsvägen (sektion 6 och 7). Höjningen beror på att stationsytan är placerad i befintlig översvämningsyta. Stationsytan tränger undan skyfallsvatten som tvingas stiga till högre nivåer då inloppet till kulverten vid Täbylundsvägen har en begränsande kapacitet. Att öka inloppets dimension för att på så sätt transportera mer vatten kan orsaka högre vattennivåer nedströms vid skyfall och bedöms därmed inte vara ett alternativ i dagsläget. Kulverten och dess utlopp har större dimensioner än vad inloppet har, därav blir inloppet styrande gällande dess kapacitet att transportera vatten. Eftersom vattennivån vid skyfall i befintlig situation är högre än trumman, kommer den i framtida situationer inte kunna transportera mer vatten till områden nerströms.

För simulering av framtida sektioner har följande åtgärder testats och utesluts:

- Fler kopplingspunkter mellan 1D- och 2D-modellen: modellen har testats med fler dikesektioner i Nästa dike vilket innebär att vatten i simuleringen har fler platser att strömma mellan 1D och 2D komponenten. Detta gav dock sämre resultat med stora skillnader i översvämmade ytor.

PM

- Barriär i Nälsta dike uppströms El-stationen: barriären skapar en dämning som påverkar river-komponentens trycknivåer och orsakar större översvämningar i områden långt uppströms.

6 Alternativ åtgärd

6.1 Förutsättningar

Vid användning av skyfallsmodellen från stockholmsstad har observationer gjorts att modellen inte klarar att simulera dämningar i Nälsta dike. Det beror på att en komponent i modellen (river-komponent som utgör Nälsta dike) mest troligt är känslig för tryckförändringar. Dämning i Nälsta dike bedöms vara en effektiv åtgärd för att kompensera de undanträngda skyfallsvolymer som stationsytan orsakar. På grund av river-komponenten i Stockholms skyfallsmodell påverkas trycknivåer uppströms i Nälsta dike vid simuleringar med dämning. Resultaten visar översvämningar på platser som inte bör kunna översvämas av den tillkommande stationsytan. För att kunna simulera en kompensationsåtgärd i form av dämning har en justerad stockholmsmodell tagits fram där river-komponent kopplats bort. En mer detaljerad beskrivning av justeringen finns i Bilaga 6.

I den justerade stockholmsmodellen simuleras kompensationsåtgärden där fördröjning föreslås ske i form av en barriär i Nälsta dike. Barriären föreslås vara en del av befintlig gångbro som korsar diket strax söder om Nälsta BP (fotbollsplan utmed Täbylundsvägen). Barriären förses med en trumma vid befintlig dikesbotten för att vatten inte ska bli stående. Barriären kan utformas på olika sätt men principen är att skyfallsvatten ska saktas ner och rinna igenom en mindre trumma. Vid större regn förutsätts även att skyfallsvattnet ska däckas upp till barriärens krönhöjd för att sedan fritt kunna rinna över. Intill barriären breddas dikesbotten en kortare sträcka samt förses med flackare släntlutningar. Breddningen möjliggör fördröjning av större volymer skyfallsvatten intill barriären. Breddningen motsvarar ca 1600 m³ schakt i Nälsta dike.

6.2 Resultat

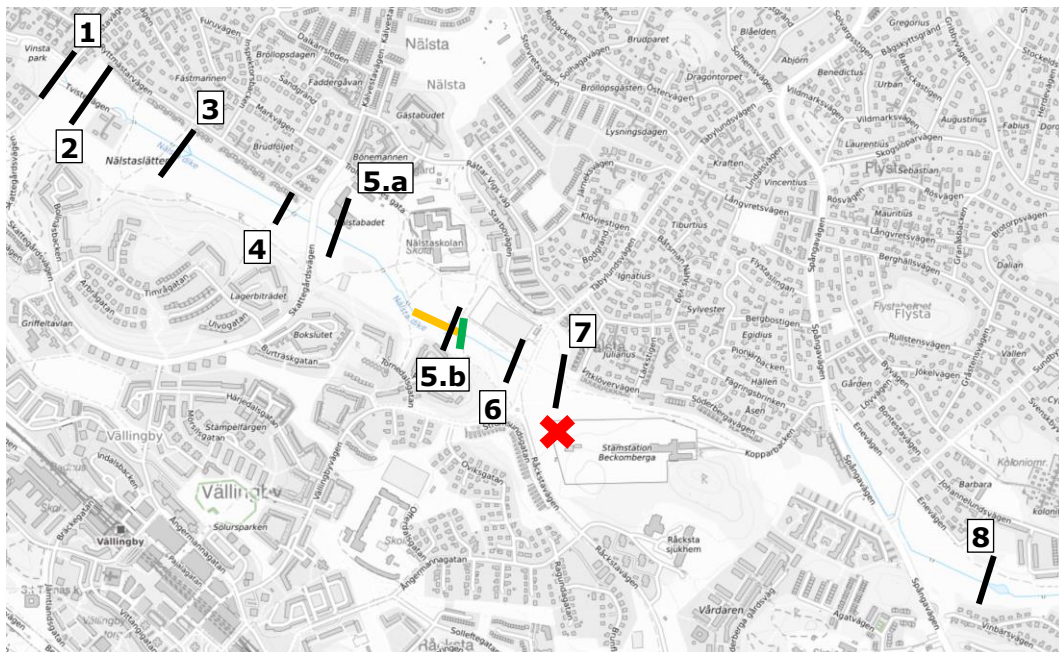
För att bedöma el-stationens och kompensationsåtgärdens påverkan och effekt på översvämningar vid skyfall jämförs befintlig situation med följande framtidsscenario:

- Framtida situation utan kompensationsåtgärd
- Framtida situation med kompensationsåtgärd; barriär med krönhöjd +16,58, trumma med diameter 500 mm och dikesbreddning)

Nedan redovisas resultat för befintlig situation samt framtida situationer i Tabell 2. Bilaga 3 och bilaga 4 redovisar resultaten i differenskartbilder där befintlig situation har subtraherats från respektive framtidsscenario. Översvämningarna visar var vattennivåer har ökat respektive minskat jämfört med befintlig situation.

PM

Rött kryss i Figur 8 markerar planområdet och den framtida el-stationen. Grönt streck visar placering för barriär och gult streck visar dikesbreddning. Svarta streck markerar analyserade sektioner som redovisas i Tabell 2.



Figur 8. Översiktskarta med redovisning av utvalda sektioner (svart streck), ny station (rött kryss), barriär (grönt streck) och dikesbreddning (gult streck).

Tabell 2. Redovisning av vattennivåer från skyfallsmodeller. Framtida nivåer analyseras med tolerans +/- 1 cm från befintliga nivåer. Grön markerar vattennivåer som är inte påverkade samt sänks. Gul markerar vattennivåer som höjs. Befintlig och framtida situation är baserad på samma modell med endast en variation i höjder där åtgärder och byggnation föreslås.

	Sektion 1	Sektion 2	Sektion 3	Sektion 4	Sektion 5.a	Sektion 5.b	Sektion 6	Sektion 7	Sektion 8
Befintlig situation	+17,75	+17,16	+17,15	+17,09	+16,87	+15,76	+14,33	+14,19	+11,85
Framtid utan åtgärd	+17,75	+17,16	+17,15	+17,09	+16,87	+15,76	+14,33	+14,25	+11,85
Framtid med barriär och dikesbreddning	+17,75	+17,16	+17,15	+17,09	+16,88	+16,58	+14,26	+14,19	+11,85

PM

6.3 Analys

Resultaten som redovisas i kapitel 6.2 för 100-års regn med klimatfaktor 1,25 visar att byggnation av ny el-station utan kompensationsåtgärd översvämmar befintlig bebyggelse intill el-stationen med cirka 6 centimeter mer än i dagsläget.

Kompensationsåtgärden med dämning i Nälsta dike samt mindre dikesbreddning visar på att stationsytan inte orsakar högre vattennivåer vid skyfall än i dagsläget. Därav bedöms åtgärden ha god effekt för att kompensera den volym skyfall som trängs undan av stationsytan.

Vid en trumdiameter på 500 millimeter samt en mindre dikesbreddning är vattennivån vid skyfall densamma både uppströms och nedströms åtgärden. Intill åtgärden däms skyfallsvatten uppströms till cirka 80 centimeter högre nivå än utan dämning. Det gör att större mängder skyfall kan hållas och fördröjas i Nälsta dike. Se bilaga 5. Nedströms minskar vattennivån med cirka 7 centimeter intill inloppet i kulvert under Täbylundsvägen.

Den justerade Stockholmsmodellen har jämförts med Stockholms skyfallsmodell för att bedöma eventuell skillnad i kapacitet för Nälsta dike. Sektionerna som definierats i 1D i Stockholms skyfallsmodell jämförs med sektioner från höjddata som finns i samma modell och utgör diket i den justerade Stockholmsmodellen. Viss skillnad finns i diket tvärsnitt, dock inga stora avvikelser. Modellen bedöms därför ge tillförlitliga resultat för att analysera kompensationsåtgärdens effekt vid skyfall.



Figur 9. Befintlig situation

PM



Figur 10. Framtida situation utan åtgärd



Figur 11. Framtida situation med åtgärd

PM

7 Slutsats

Båda alternativen av kompensationsåtgärder, enbart dikesbreddning samt dämning kombinerat med en mindre dikesbreddning, har god effekt och orsakar inte mer översvämning vid skyfall än i dagsläget.

Resultaten mellan de olika modelluppbyggnaderna bör inte jämföras med varandra då simuleringarna inte beter sig på samma sätt när förutsättningar har justerats. Dock kan jämförelse av modellerna stärka misstron om känsligheten som observerats i Stockholms skyfallsmodell orsakat av River-komponenten. När komponenten inte finns med (i den justerade Stockholmsmodellen) syns inga ökade vattennivåer nedströms el-stationen, vilket bedöms rimligt sett till marknivåer och dimension på kulvert. Eftersom kontroll av tvärsektioner i Nälsta dike har gjorts och de två modellerna inte skiljer sig avsevärt bör översvämningar nedströms el-stationen vid sektion 8 inte förekomma. Kulvert mellan sektion 6 och sektion 8 är densamma i båda modellerna. Därmed bedöms orsaken till högre vattennivåer nedströms vara modellens uppbyggnad och beteende vid simulering.

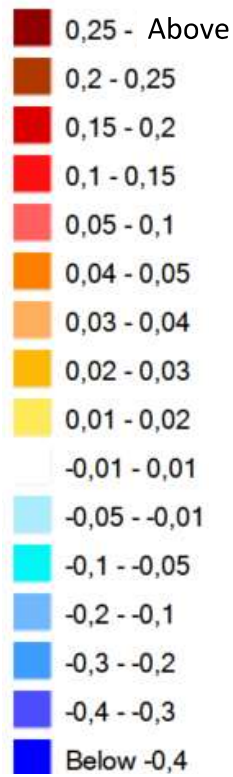
Åtgärd med enbart breddning av Nälsta dike medför större ingrepp i Nälsta stråket än åtgärd med dämning. Breddning av diket medför även att flera broar som idag korsar Nälsta dike behöver förlängas.

Bilaga 1.1

Stockholms skyfallsmodell - Framtida situation utan åtgärd; stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

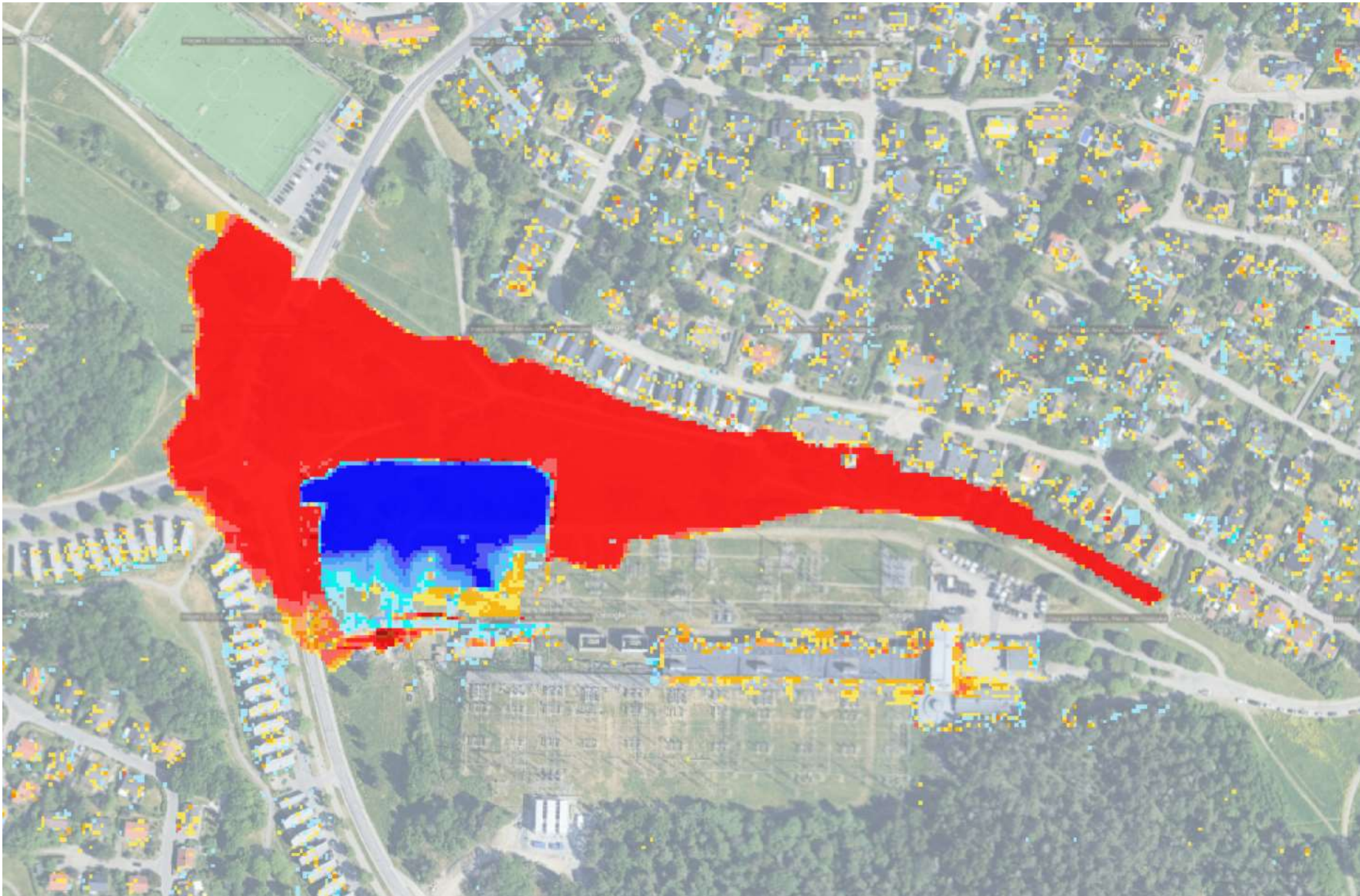
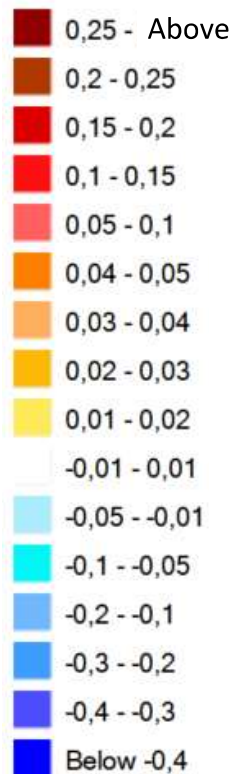


Bilaga 1.2

Stockholms skyfallsmodell - Framtida situation utan åtgärd; stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

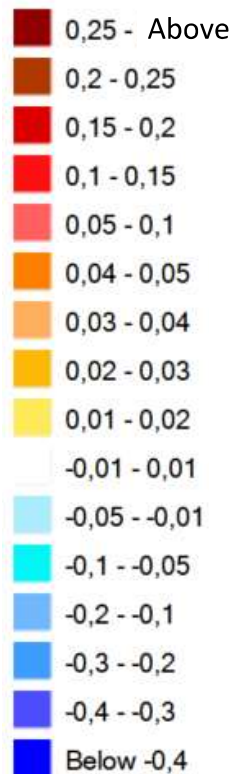


Bilaga 1.3

Stockholms skyfallsmodell - Framtida situation utan åtgärd; stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

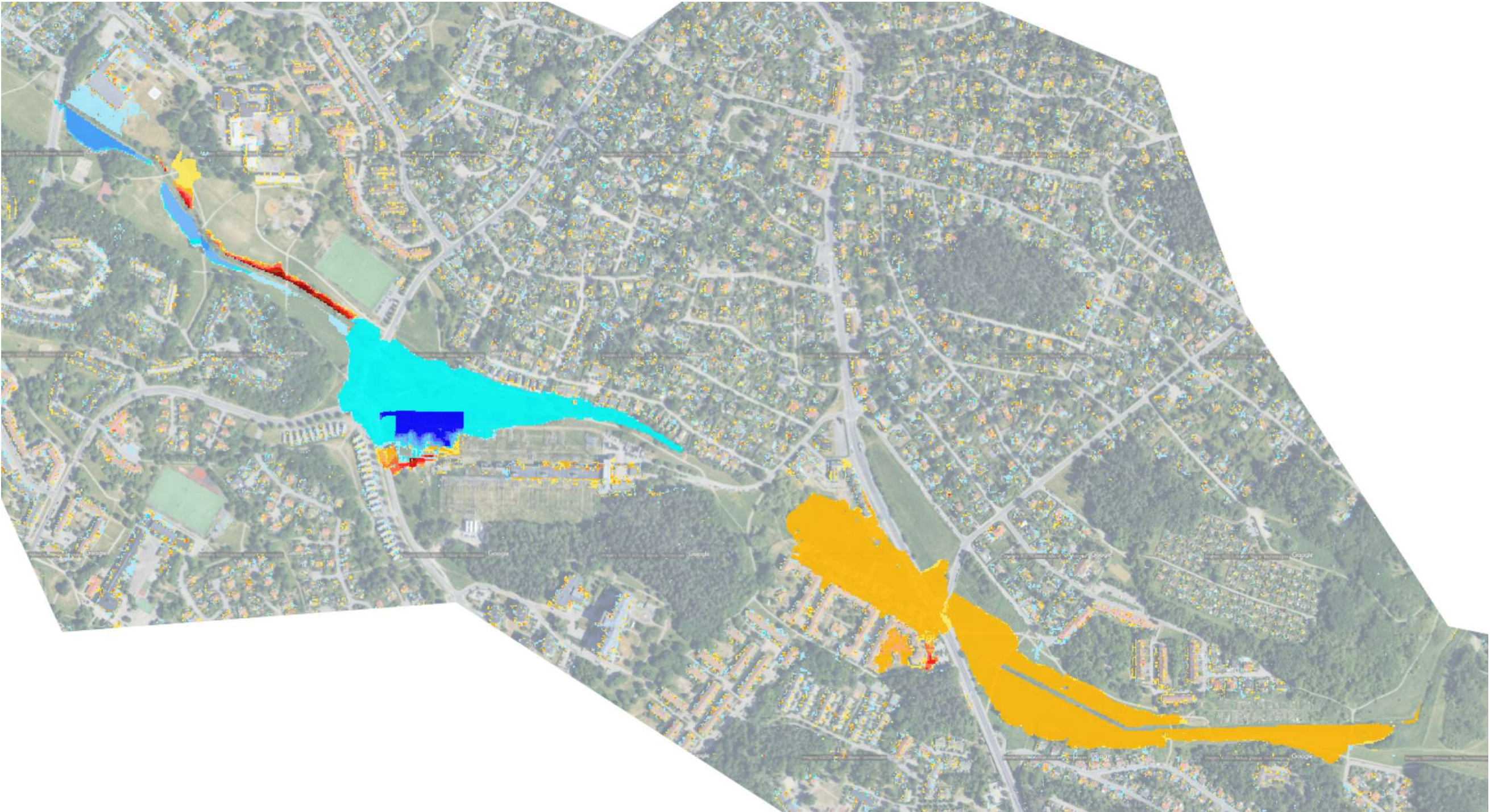
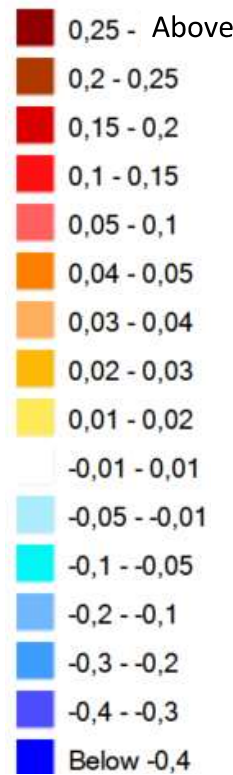


Bilaga 2.1

Stockholms skyfallsmodell - Framtida situation med åtgärd; dikesbreddning cirka 6000 m3 och stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

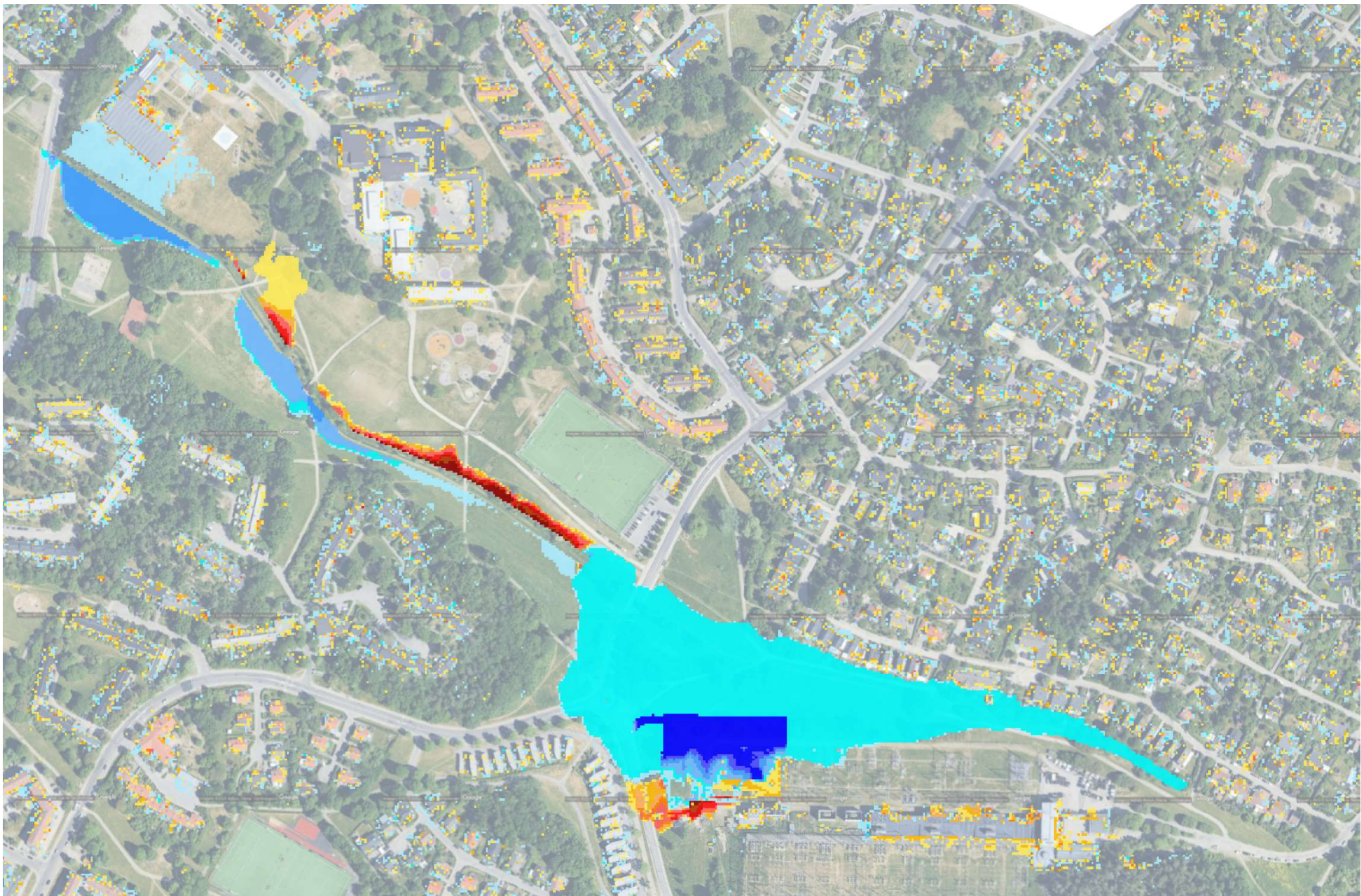
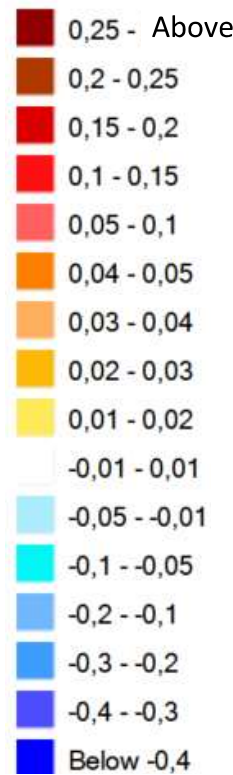


Bilaga 2.2

Stockholms skyfallsmodell - Framtida situation med åtgärd; dikesbreddning cirka 6000 m3 och stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

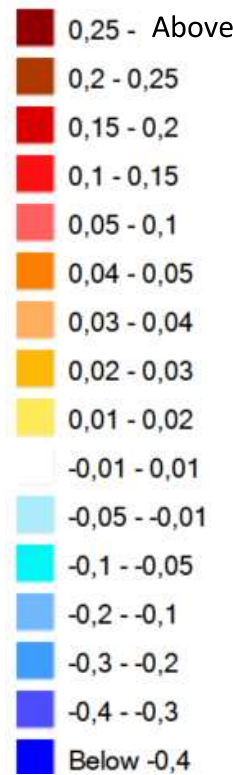


Bilaga 2.3

Stockholms skyfallsmodell - Framtida situation med åtgärd; dikesbreddning cirka 6000 m3 och stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

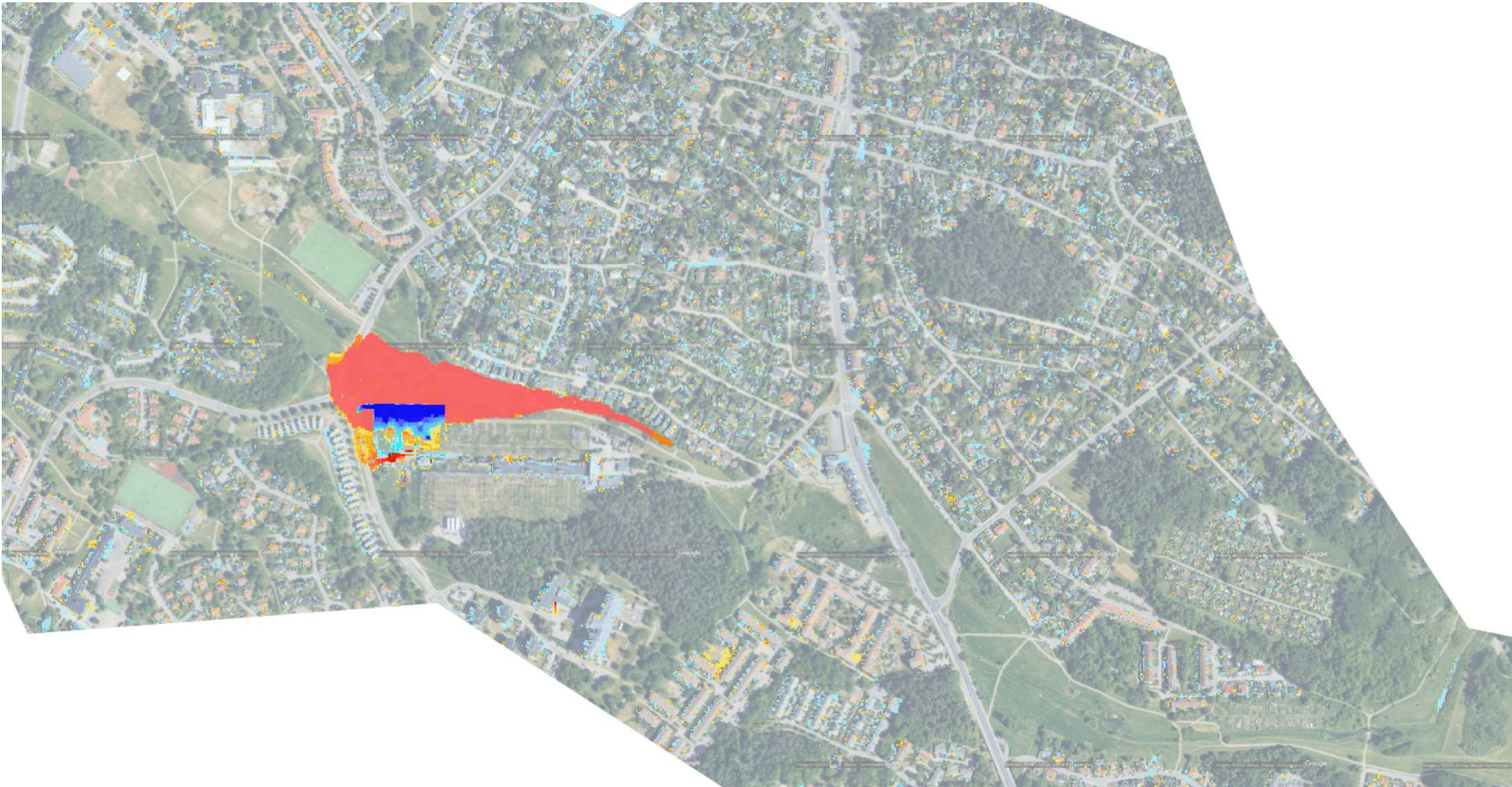
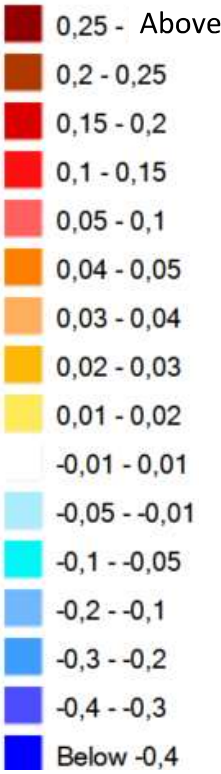


Bilaga 3.1

Justerad Stockholmsmodell - Framtida situation utan åtgärd; stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

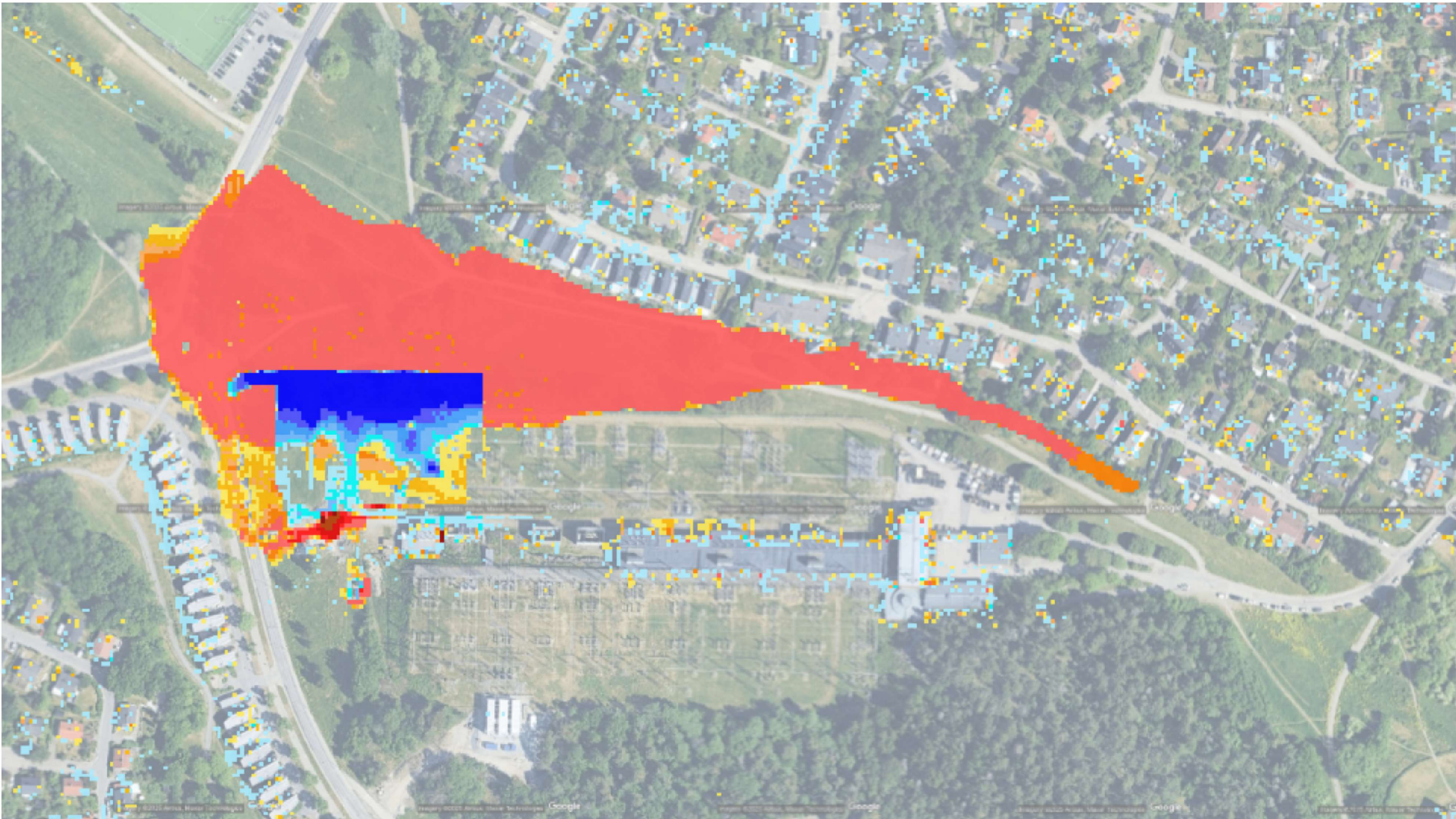
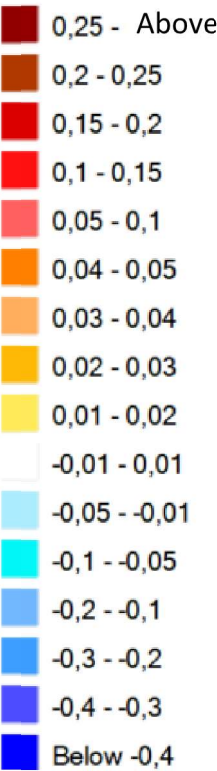


Bilaga 3.2

Justerad Stockholmsmodell - Framtida situation utan åtgärd; stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



Vattennivå (m)

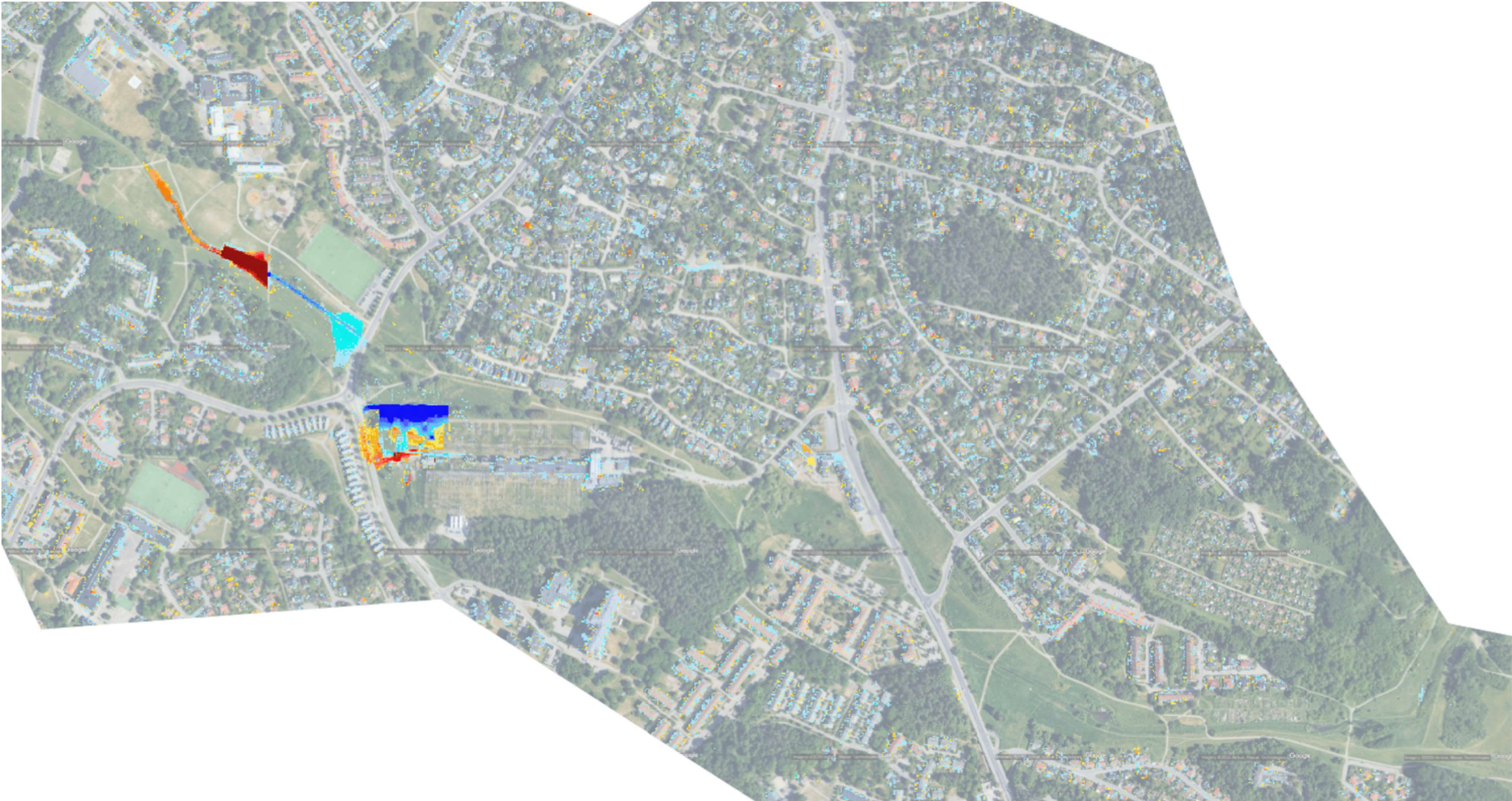
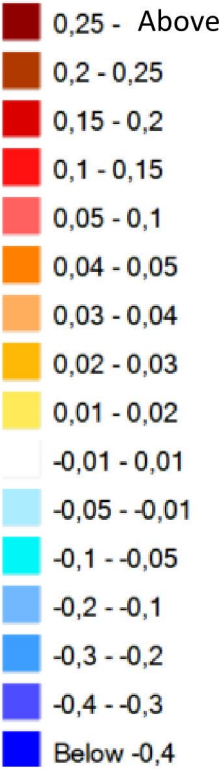


Bilaga 4.1

Justerad Stockholmsmodell - Framtida situation med åtgärd; barriär +16,58, trumma 500mm, dikesbreddning cirka 1600 m3 och stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04



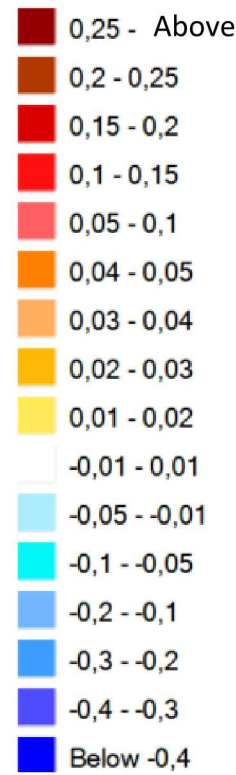
Vattennivå (m)



Bilaga 4.2

Justerad Stockholmsmodell - Framtida situation med åtgärd; barriär +16,58, trumma 500mm, dikesbreddning cirka 1600 m3 och stationsyta med mur
Kartbilden visar maximalt vattendjup som differens mellan framtida situation och befintlig situation
2025-07-04

Vattennivå (m)



BILAGA 5

Jämförelse tvärsektioner i Nälsta dike

Stockholms skyfallsmodell och justerad Stockholmsmodell

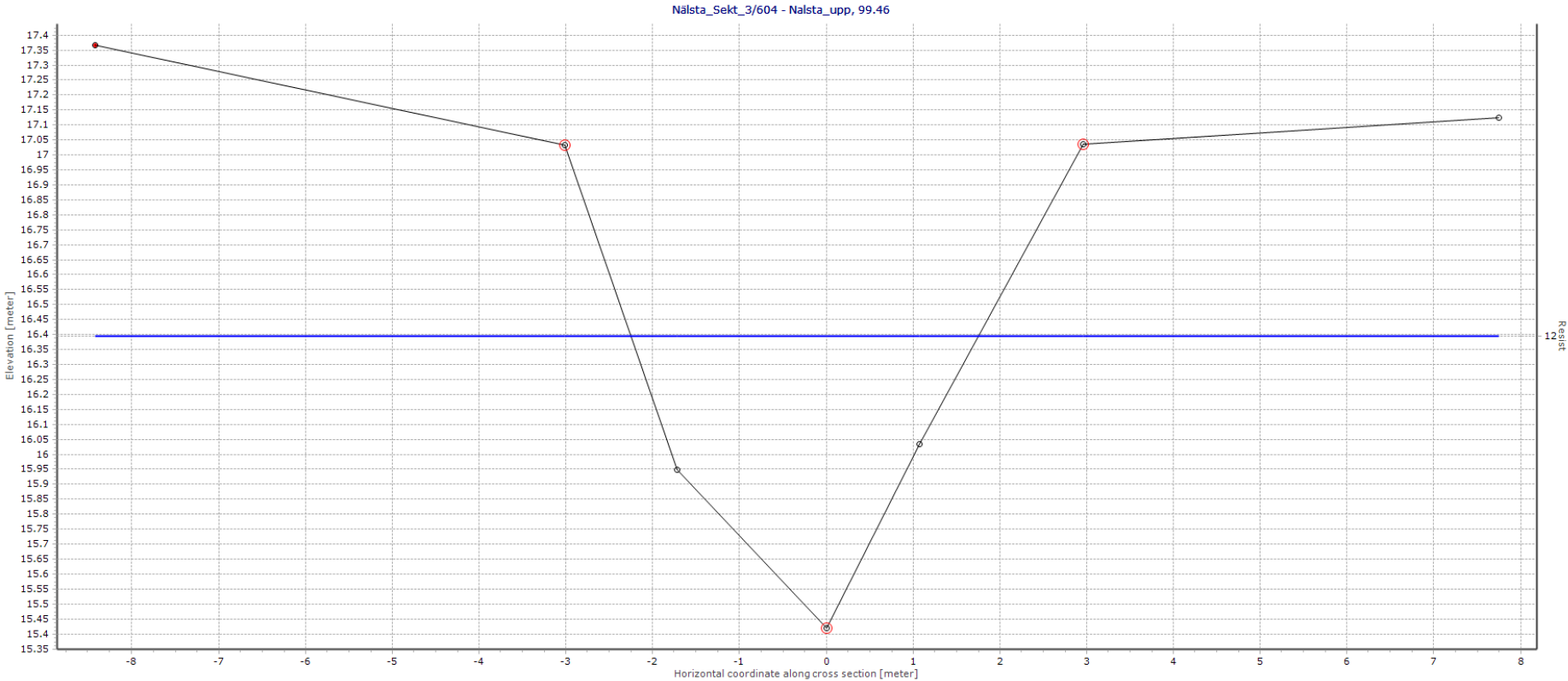
2025-09-12

Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29, Dnr 2022-17352

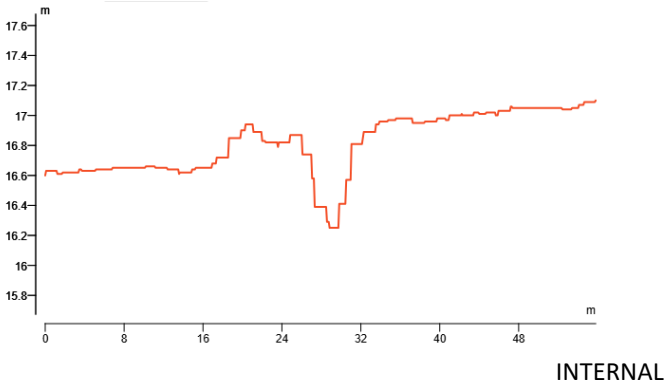


TVÄRSEKTIONER

Stockholms skyfallsmodell
SEK_1 _ Qmax=2.5 m³/s

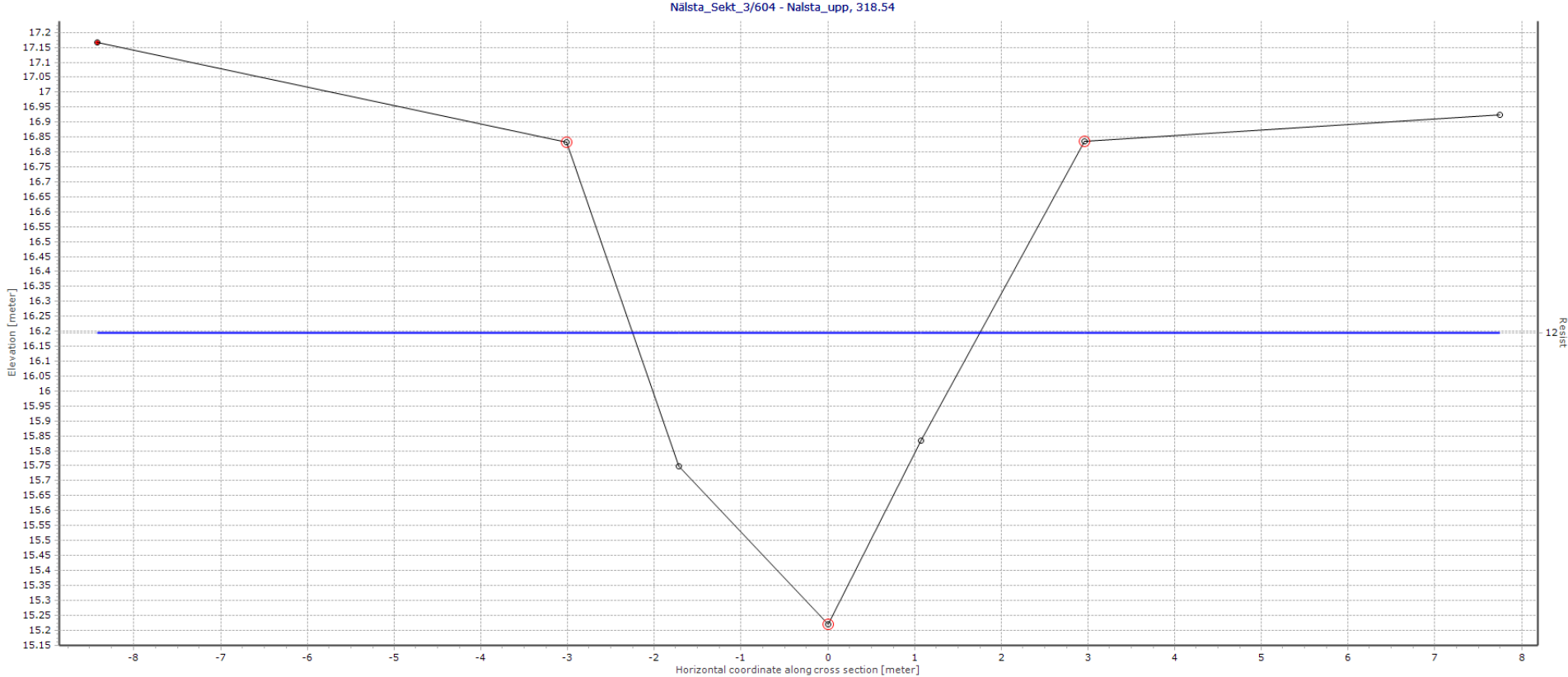


Justerad Stockholmsmodell
SEK_1 _ Qmax=2.9 m³/s

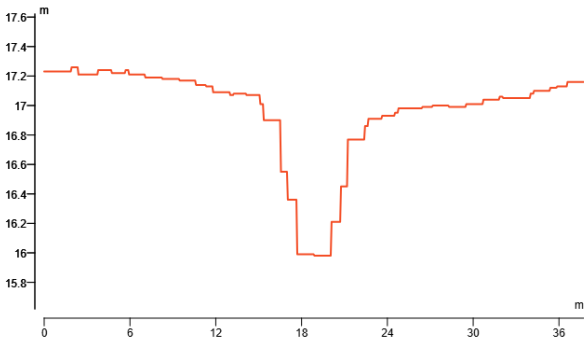


TVÄRSEKTIONER

Stockholms skyfallsmodell
SEK_2 _ Qmax=1.6 m³/s



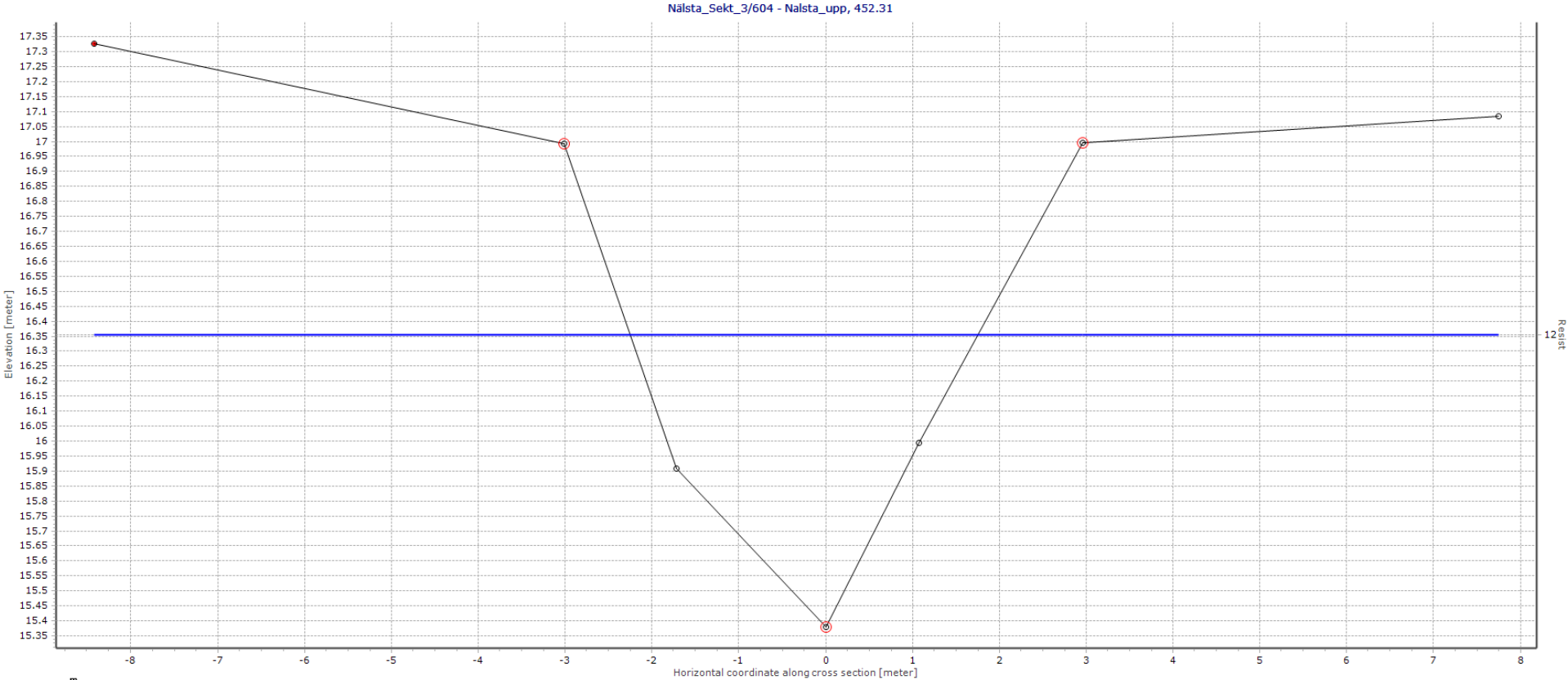
Justerad Stockholmsmodell
SEK_2 _ Qmax=2.0 m³/s



TVÄRSEKTIONER

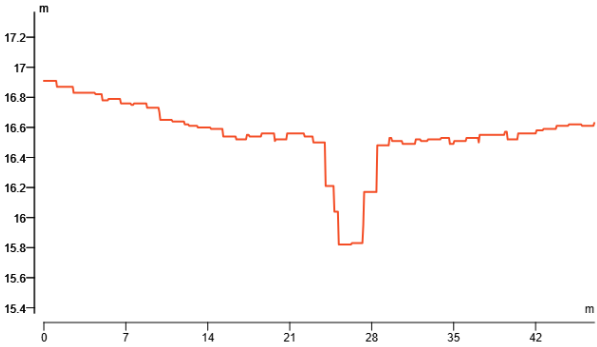
Stockholms skyfallsmodell

SEK_3 _ Qmax=2.2 m³/s



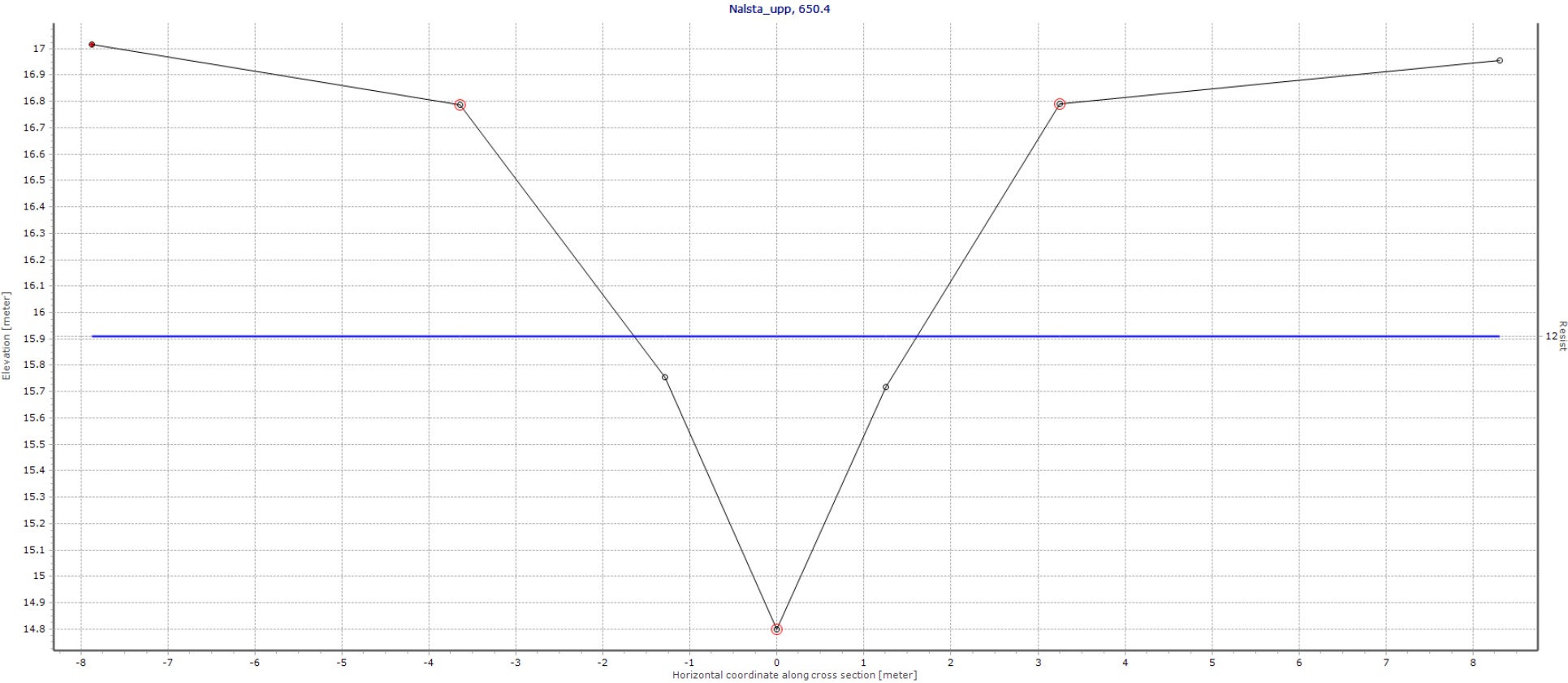
Justerad Stockholmsmodell

SEK_3 _ Qmax=2.9 m³/s

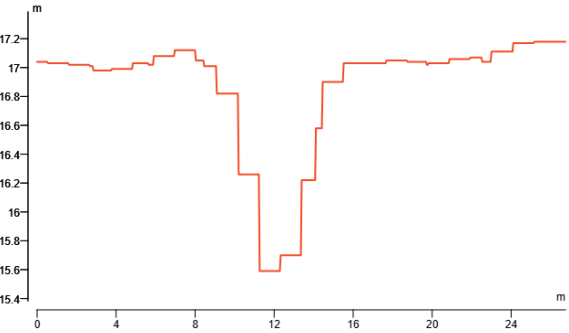


TVÄRSEKTIONER

Stockholms skyfallsmodell
SEK_4 _ Qmax=1.9 m³/s



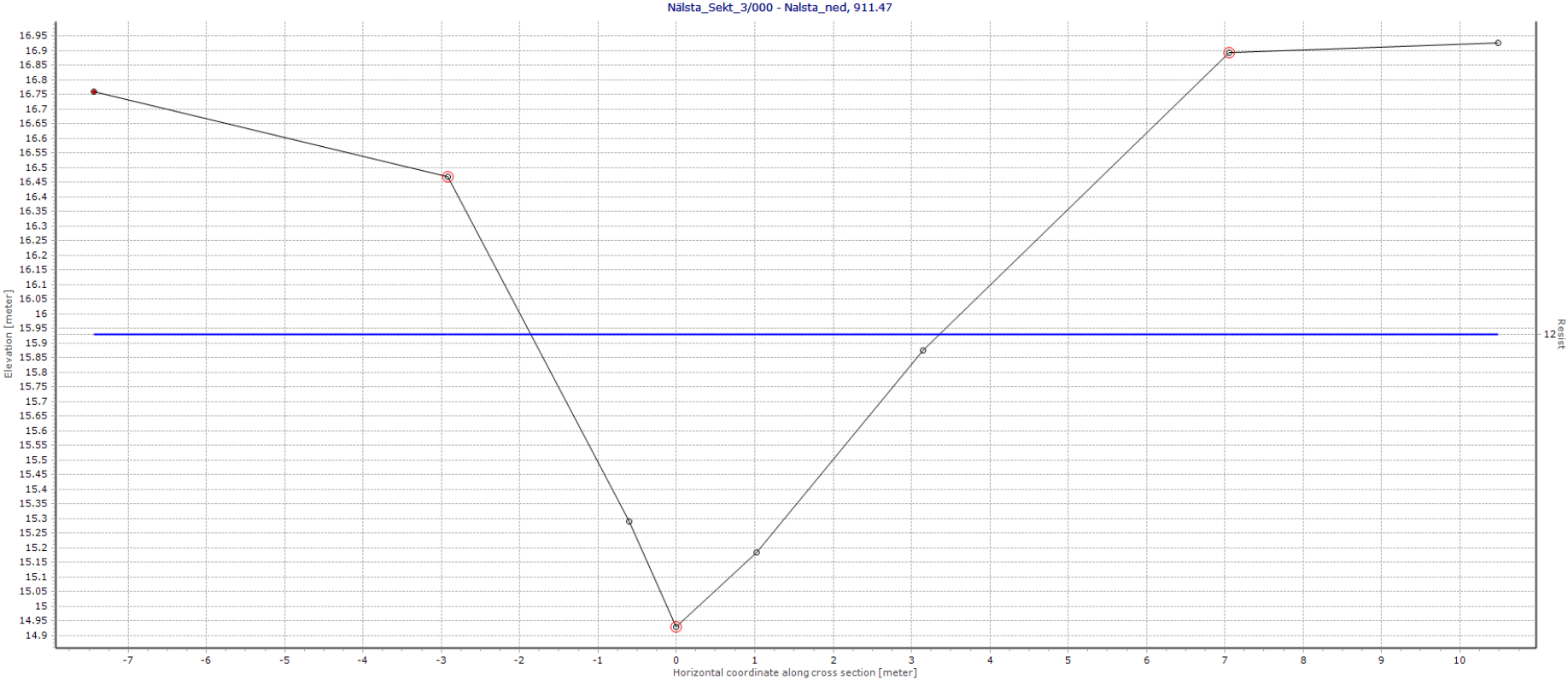
Justerad Stockholmsmodell
SEK_4 _ Qmax=2.2 m³/s



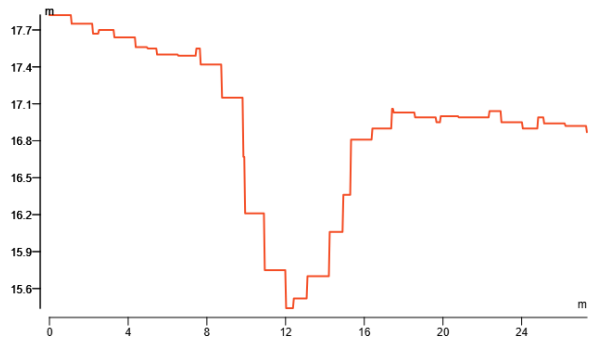
INTERNAL

TVÄRSEKTIONER

Stockholms skyfallsmodell
SEK_5 _ Qmax=3.4 m³/s



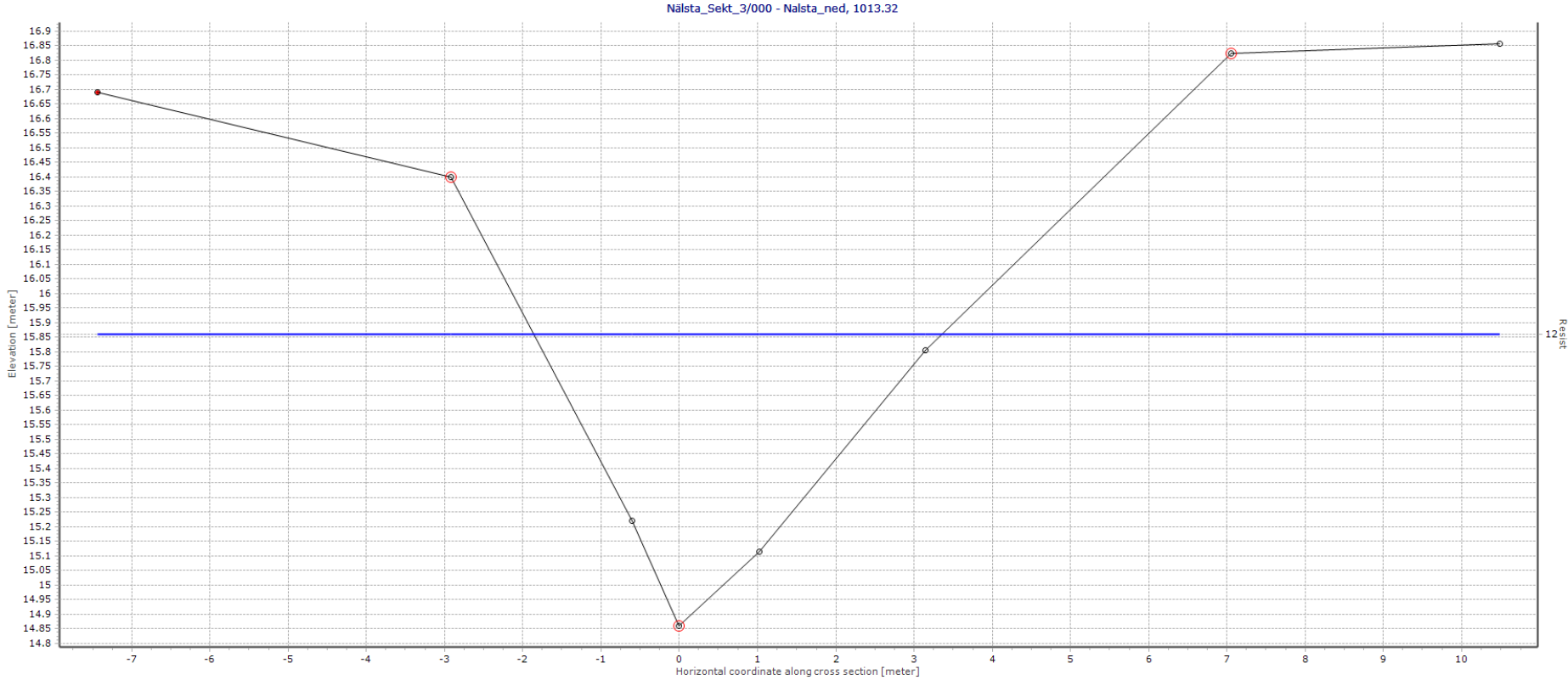
Justerad Stockholmsmodell
SEK_5 _ Qmax=2.26 m³/s



TVÄRSEKTIONER

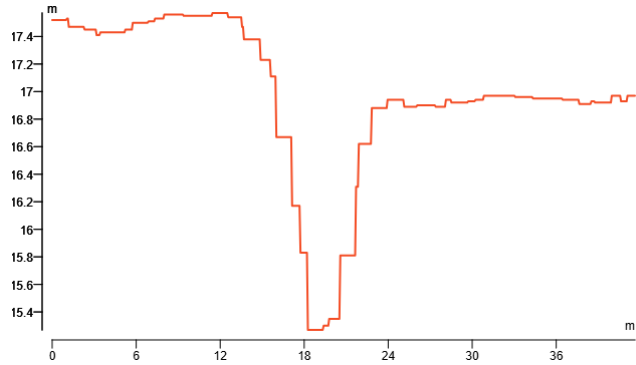
Stockholms skyfallsmodell

SEK_6 _ Qmax=4.1 m³/s



Justerad Stockholmsmodell

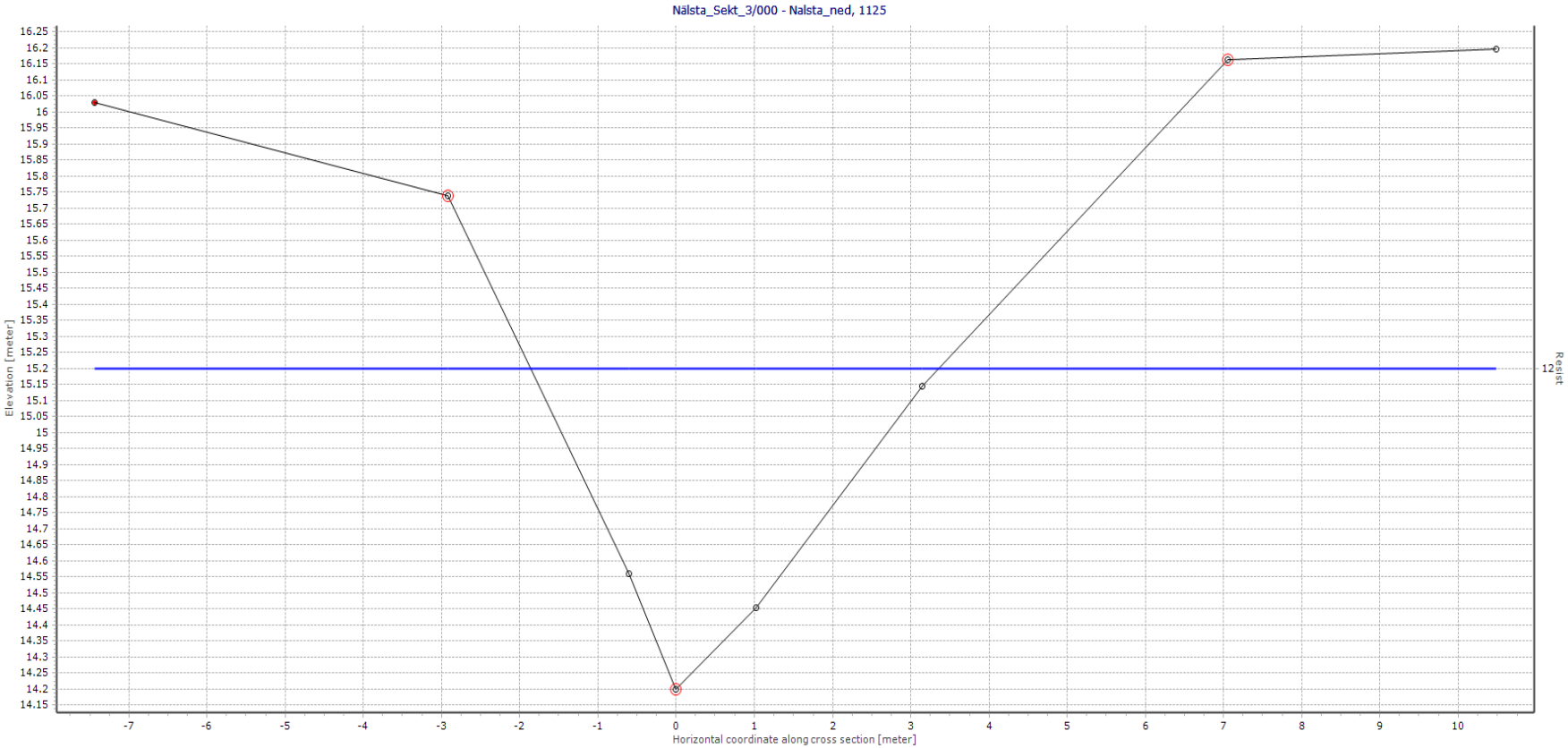
SEK_6 _ Qmax=3.2 m³/s



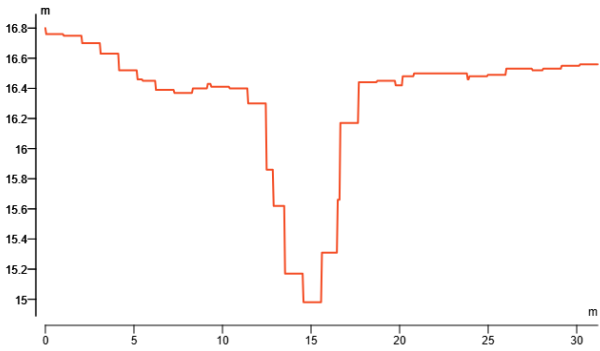
INTERNAL

TVÄRSEKTIONER

Stockholms skyfallsmodell
SEK_7 _ Qmax=4.2 m³/s



Justerad Stockholmsmodell
SEK_7 _ Qmax=4.3 m³/s

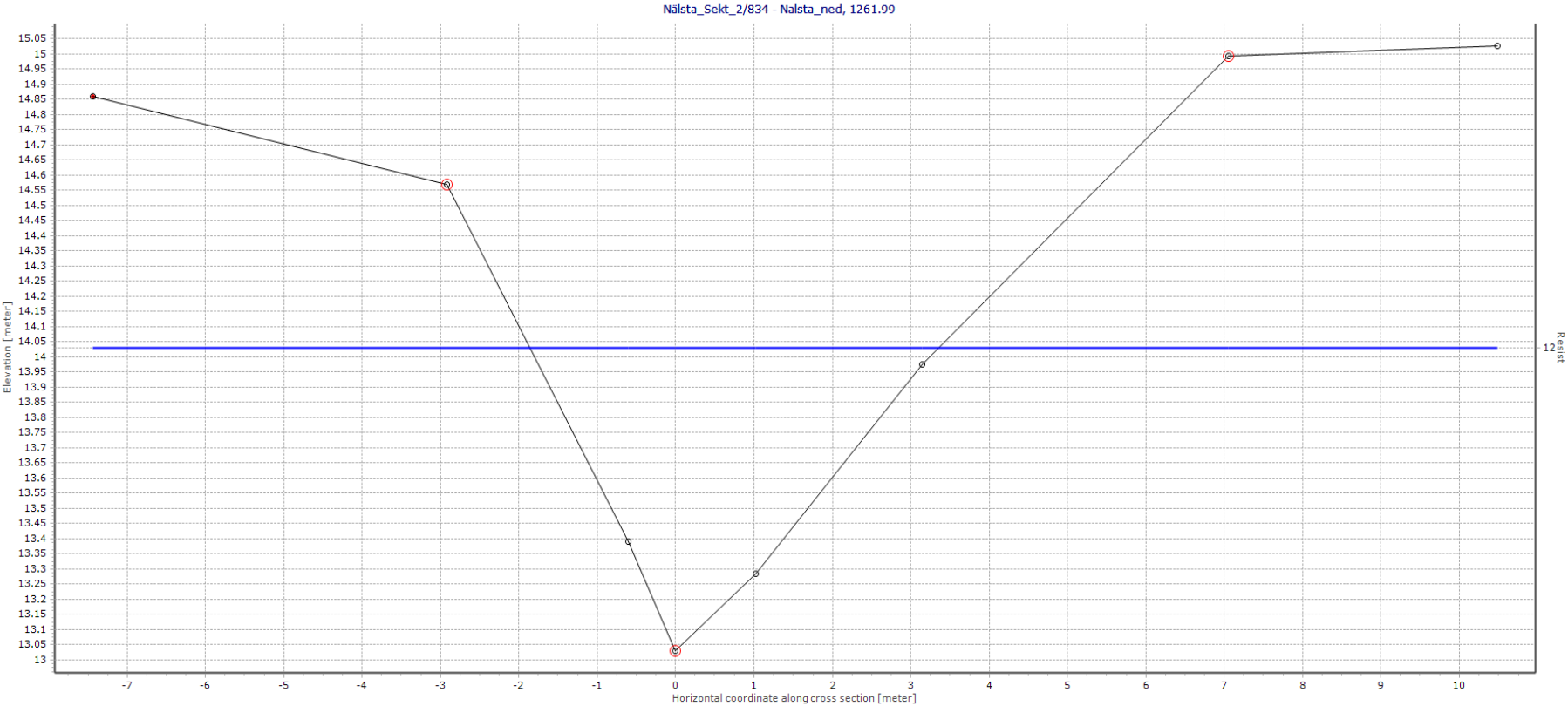


INTERNAL

TVÄRSEKTIONER

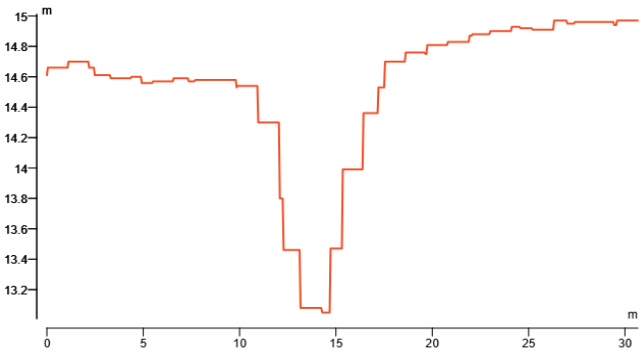
Stockholms skyfallsmodell

SEK_8 _ Qmax=4.6 m³/s



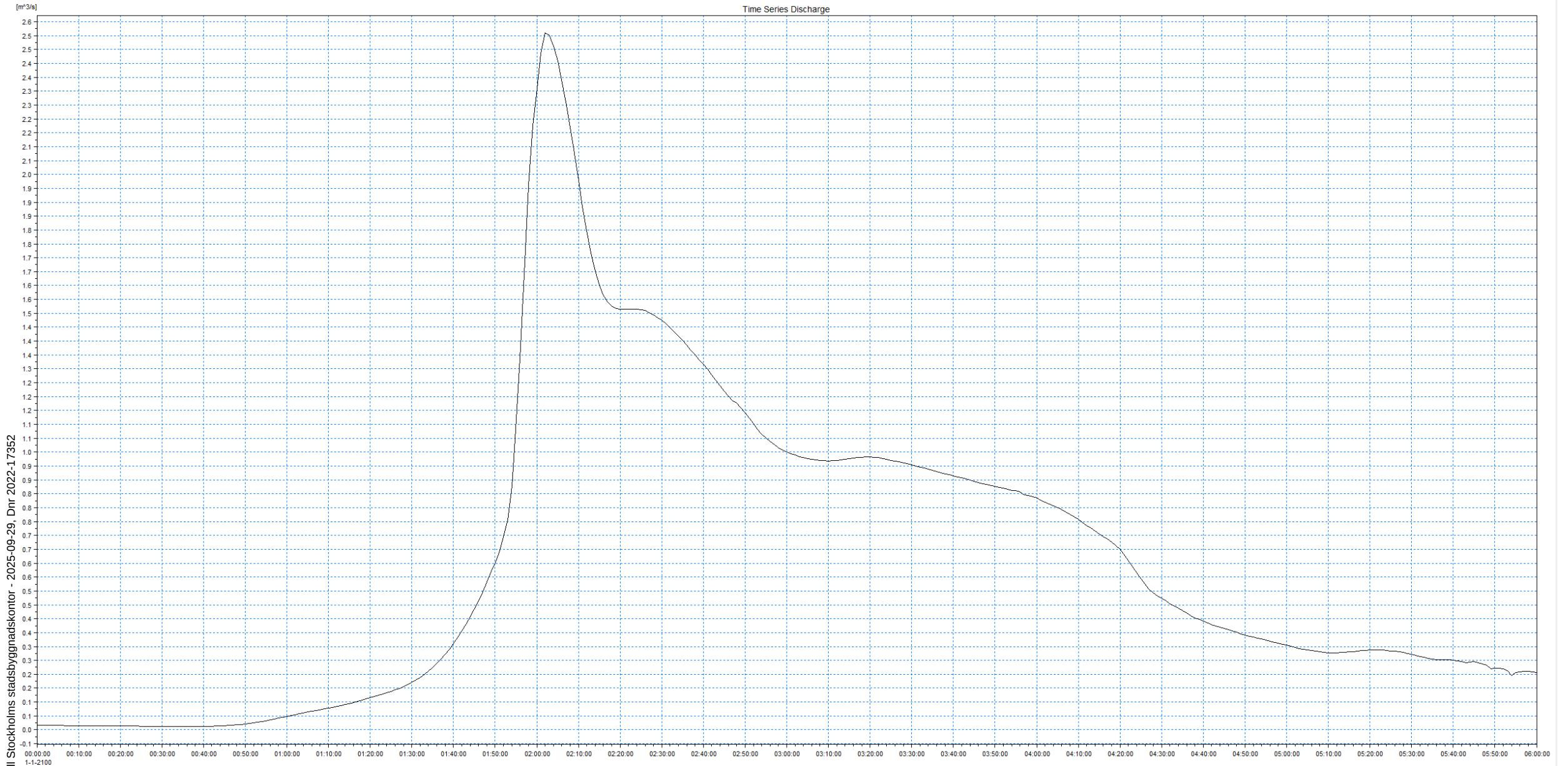
Justerad Stockholmsmodell

SEK_8 _ Qmax=7.2 m³/s



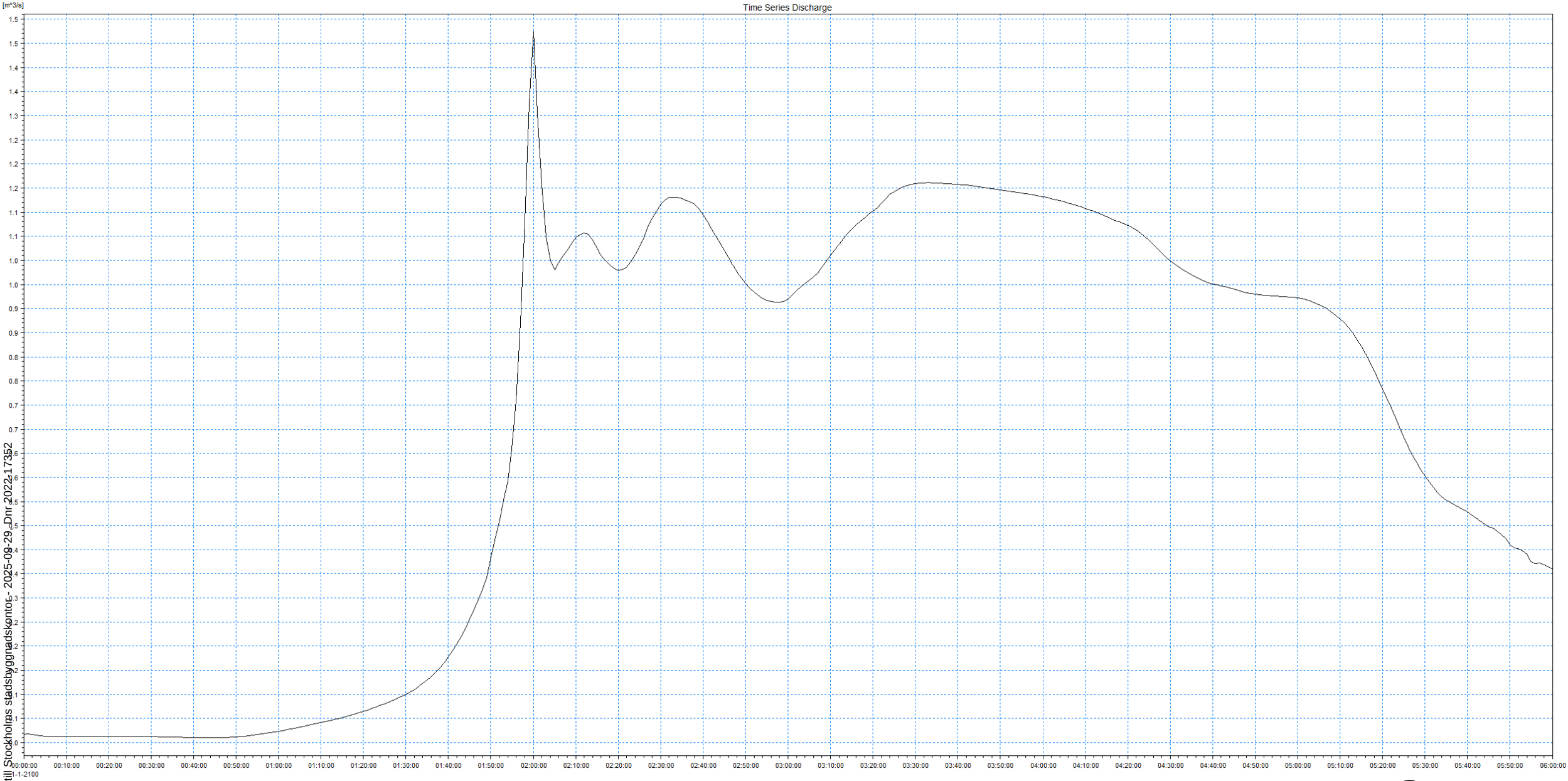
INTERNAL

FLÖDE I TVÄRSEKTION_1 _Stockholms skyfallsmodell



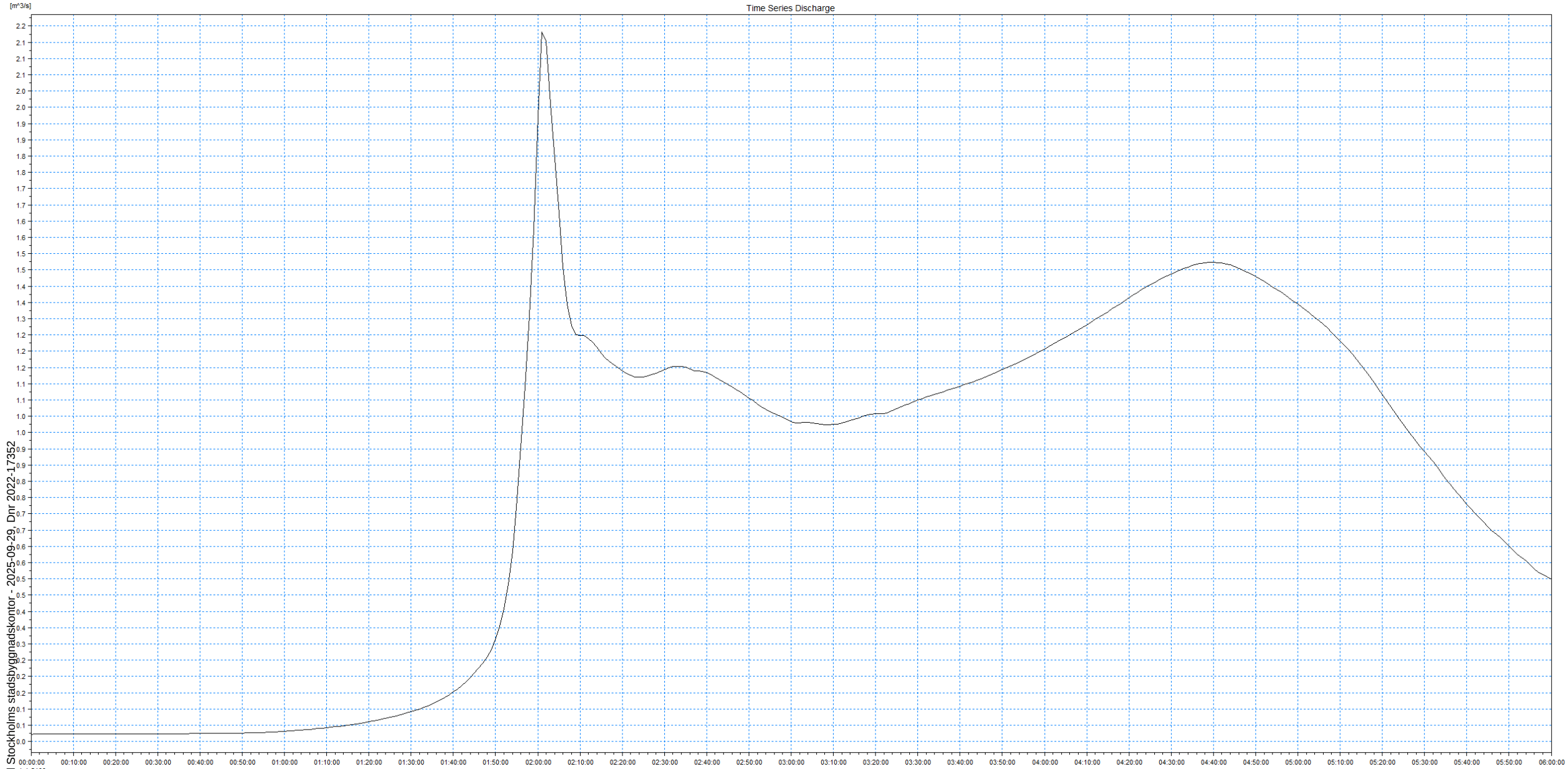
Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29, Dnr 2022-1.7352
1-1-2100

FLÖDE I TVÄRSEKTION_2 _Stockholms skyfallsmodell



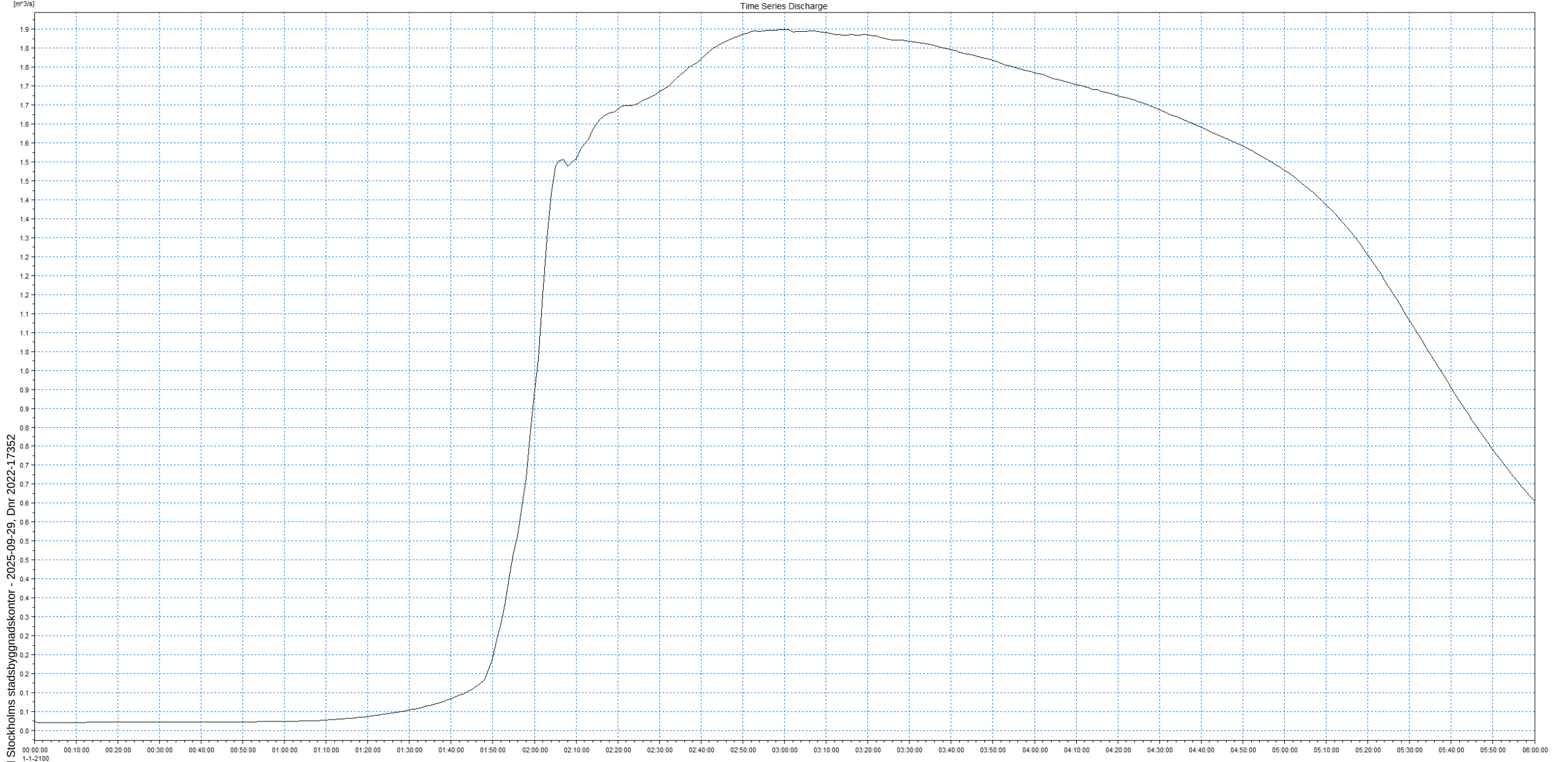
Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29_Dnr: 2022.17352

FLÖDE I TVÄRSEKTION_3 _Stockholms skyfallsmodell



Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29, Dnr 2022-1.7352

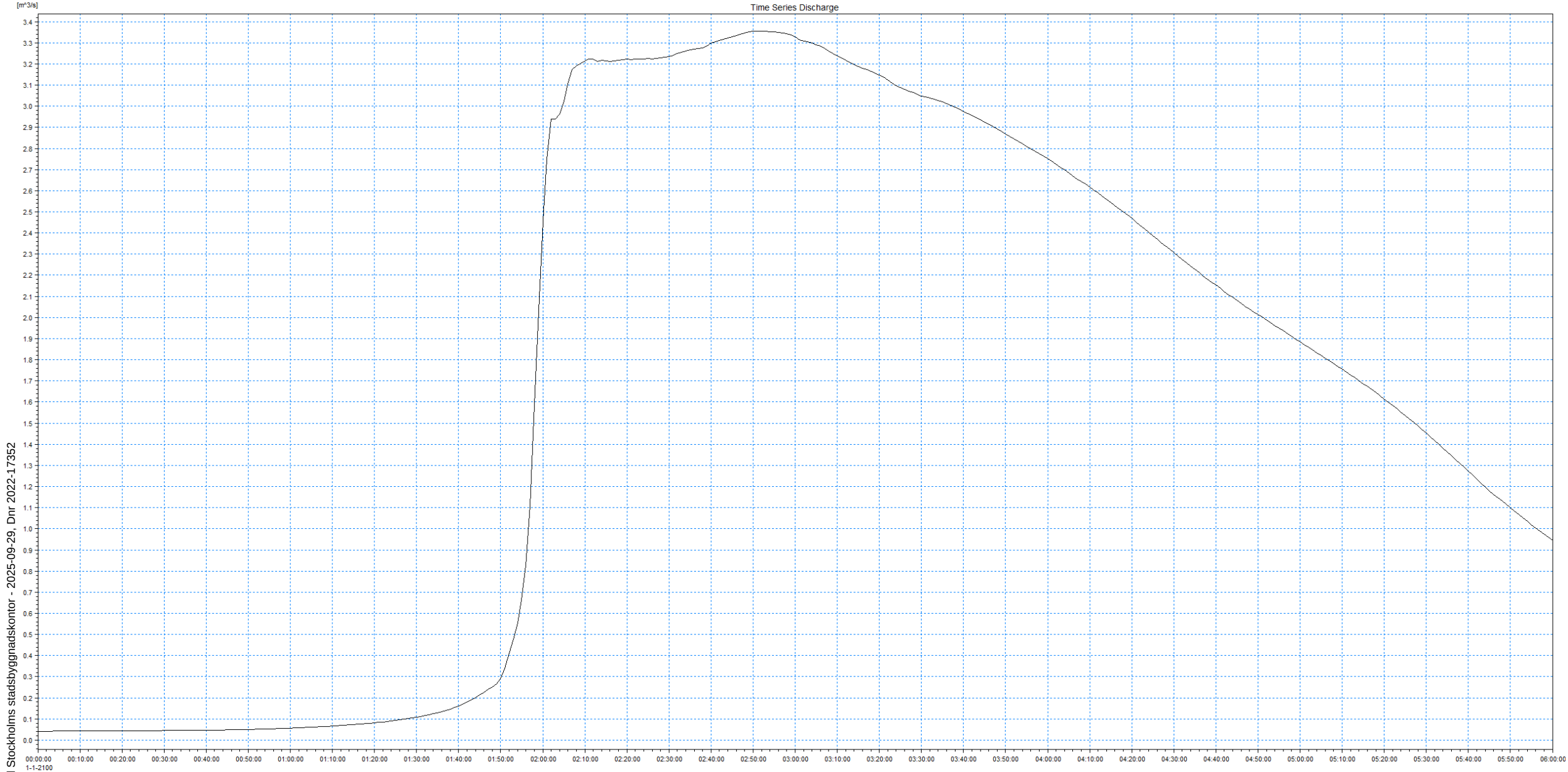
FLÖDE I TVÄRSEKTION_4 _Stockholms skyfallsmo



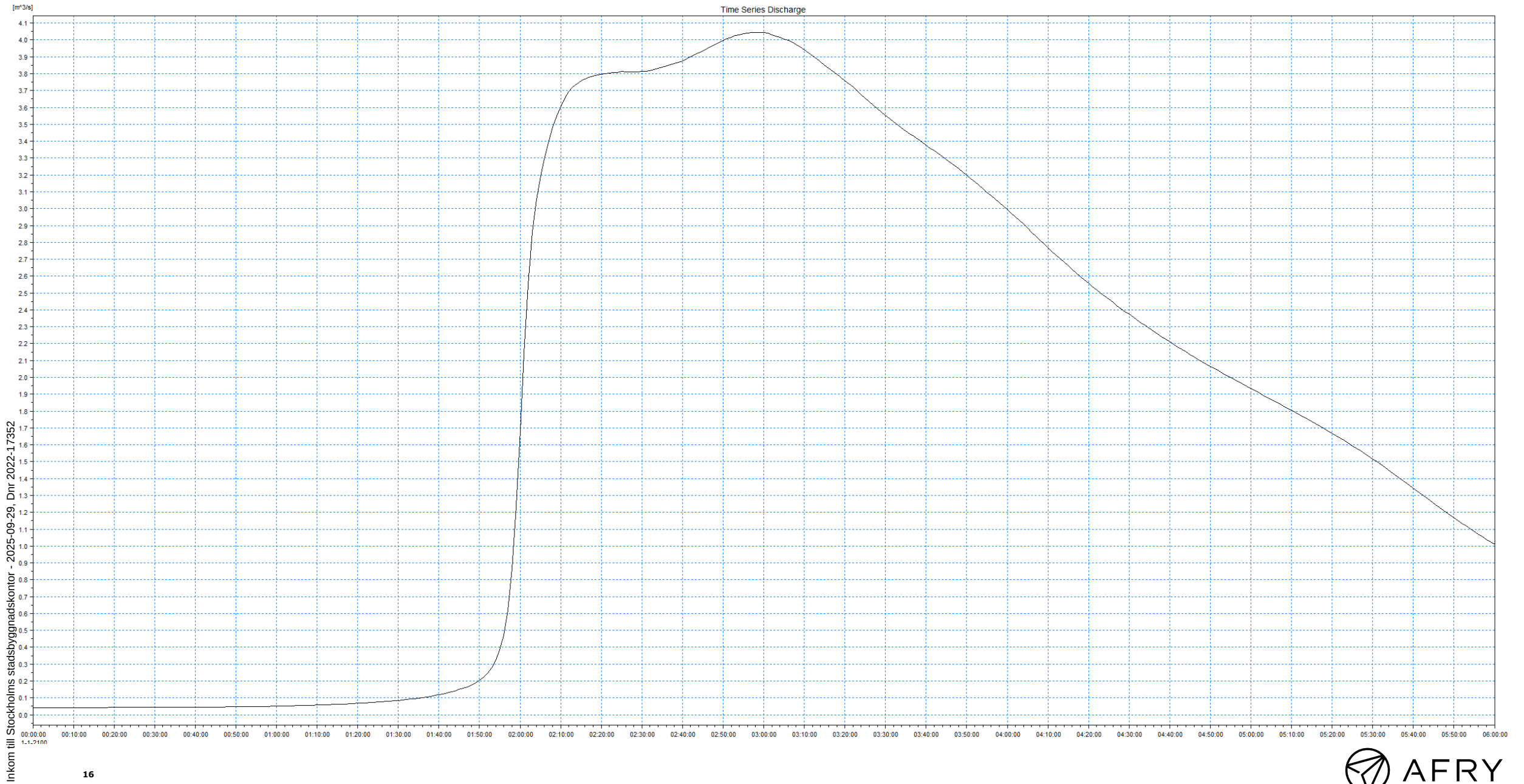
Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29, Dnr 2022-1.7352
1-1-2190

FLÖDE I TVÄRSEKTION_5 _Stockholms skyfallsmodell

Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29, Dnr 2022-1.7352

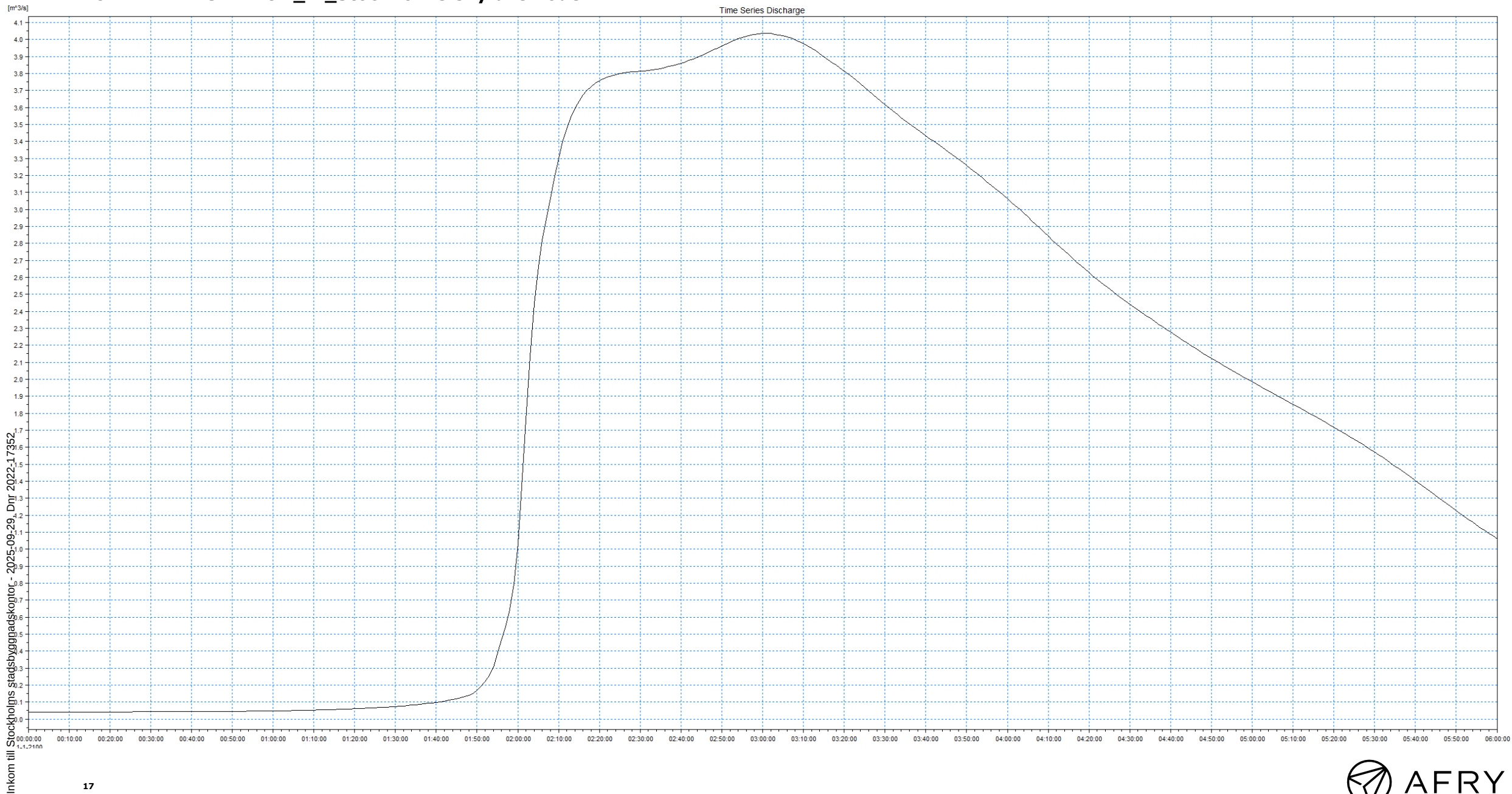


FLÖDE I TVÄRSEKTION_6 _Stockholms skyfallsmo



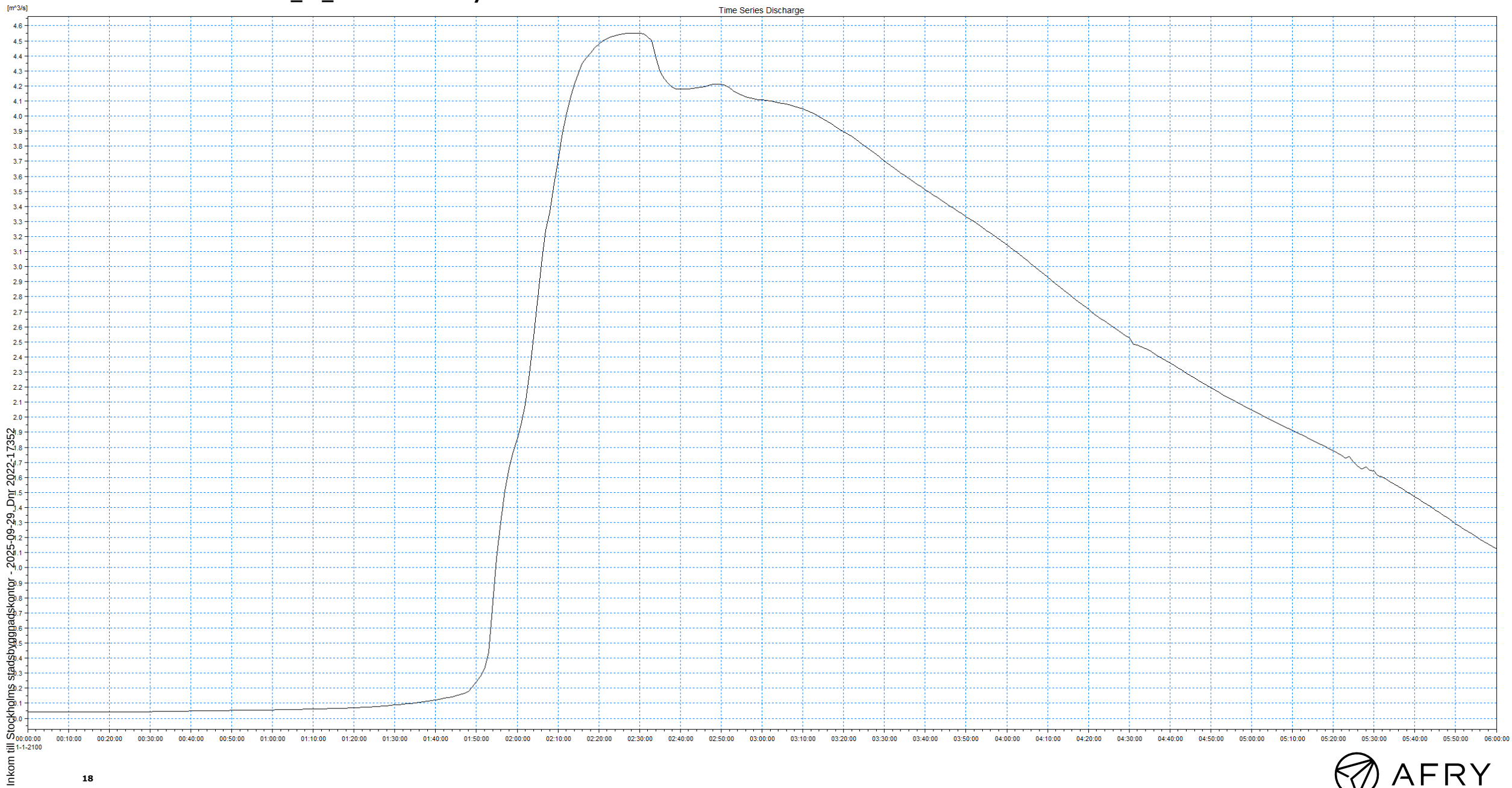
Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29, Dnr 2022-1.7352

FLÖDE I TVÄRSEKTION_7 _Stockholms skyfallsmodell



Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29, Dnr 2022-17352

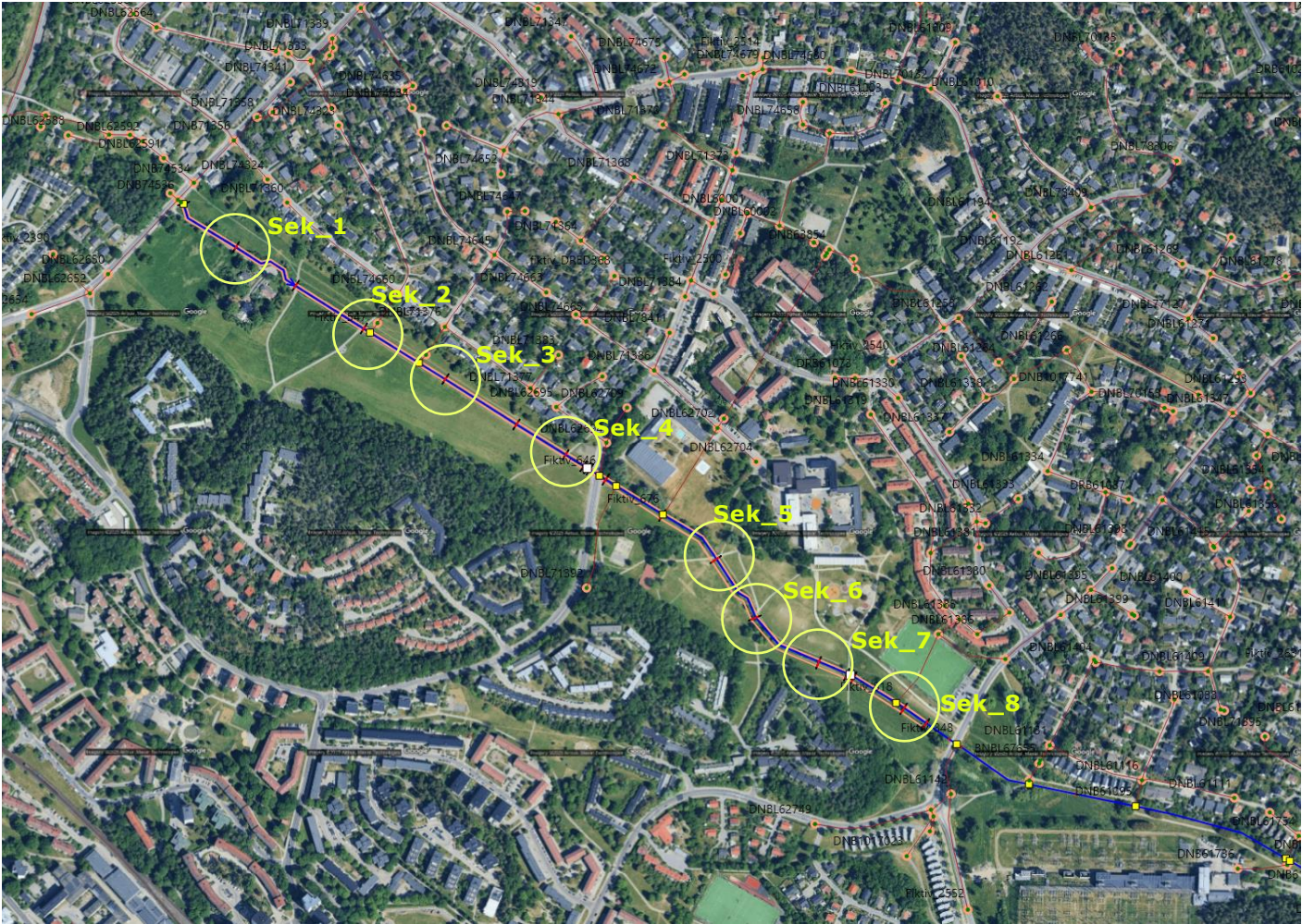
FLÖDE I TVÄRSEKTION_8 _Stockholms skyfallmodell



Inkom till Stockholms stadsbyggnadskontor - 2025-09-29_Dnr 2022-17352
1-1-2100

FLÖDE I TVÄRSEKTIONER – Justerad Stockholmsmodell

Justerad Stockholmsmodell	Flux (l/s/m)	W (m)	Q (m3/s)
Sek_1	263	10,9	2,87
Sek_2	208	9,6	2,00
Sek_3	168	16,8	2,82
Sek_4	207	10,5	2,18
Sek_5	225	10,1	2,26
Sek_6	368	8,6	3,16
Sek_7	517	8,2	4,25
Sek_8	871	8,2	7,14



PM

Handläggare
Joanna Kleinrock
Josefin Persson
Edgar Fernandez
Emilia Mellin
E-post
josefin.persson@afry.com
Datum
2025-09-12
Projekt ID
D0141893

Kund
Svenska Kraftnät

Bilaga 6 – Råcksta skyfallsmodell – dokumentation

Innehåll

1	Modelluppbyggnad indata	2
1.1	Beräkningsnät.....	2
1.2	Höjdmodellen	2
1.3	Nätverksmodell	2
1.4	Markens råhet/strömningsmotstånd.....	2
1.5	Infiltration	3
1.6	Randvillkor	3
1.7	Osäkerheter	3
2	Modellkalibrering	5
3	Justerad Stockholmsmodell.....	10

PM

1 Modelluppbyggnad indata

1.1 Beräkningsnät

Beräkningsnätet är det samma som i Stockholmsmodellen. Det är konstruerat enligt följande:

- Ett Grid-nät med en upplösning på 2x2 meter.
- DHI:s flodmodul har använts.
- Nätet är implementerat i MIKE 21.

1.2 Höjdmodellen

Höjdmodellen har upprättats baserat på följande underlag:

- Stockholms stads höjdmodell med en upplösning på 2x2 meter. AFRY behåller samma upplösning som Stockholmsmodellen.
- Komplettering i modellens ytterkanter med Lantmäteriets höjdmodell, upplösning på 2x2 meter (hämtad via SCALGO Live i januari 2025).

1.3 Nätverksmodell

Stockholm Vatten och Avfalls (SVOA) modell med ledningar och brunnar har använts för att inkludera effekten av ledningsnätet på dräneringsytan. Ledningsnätet simuleras i en 1D modell. I Stockholmsmodellen är Nälsta dike och Bällstaån simulerade med tvärsektioner i en 1D-modell. Tvärsektionerna har kopplats till 2D-modellen på båda sidor av ån.

1.4 Markens råhet/strömningsmotstånd

Ytans råhet (flödesmotstånd) styr vattnets hastighet på markytan och påverkar därmed översvämningsförloppet. Variationen i råhet (Mannings tal) med markanvändningen inom modellområdet har bestämts genom att ansätta värden enligt Tabell 3.1. Manningstal är i överensstämmelse med Stockholms stads modell för den befintliga situationen. För framtida situationer har Mannings tal justerats i områden med ny bebyggelse.

Tabell 3-1 Mannings tal för olika markanvändning (MSB, 2023).

Markanvändning	Manningstal M [$\text{m}^{1/3}/\text{s}$]
Skog, åkermark med buskar	5
Övrig öppen mark med låg vegetation	20
Kalfjäll (berg i dagen)	30
Taktytor	60
Vattenytor (hav, sjö, vattendragsyta)	50
Vägar	70

PM

1.5 Infiltration

Infiltration över permeabla ytor beskrevs i modellen utifrån parametrar för respektive mark- och jorddjup. Här definierades infiltrationshastighet, effektiv porositet, infiltrationslagrets celldjup, perkolationshastighet till undre jordlager och initial vattenmängd. Utgångspunkten för att beskriva infiltration var SGU:s jordartskarta. Vid regnets start antas att marken klarar av att fördröja det vatten som utgör förregnet (1mm), innan regnintensiteten ökar kraftigt.

Infiltrationsparametrar har tagits från Stockholms stads modell.

1.6 Randvillkor

Randvillkoren för modellen har definierats för att representera den yttre påverkan som påverkar systemet. Dessa inkluderar:

- Flödesgränser vid modellens kanter, där inflöde och utflöde av vatten regleras.
- Vattennivåer vid specifika punkter för att simulera påverkan från närliggande vattendrag.
- Meteorologiska data, såsom nederbörd och avdunstning, som appliceras över modellområdet för att representera klimatpåverkan.

Stockholms stads dagvatten- och skyfallsmodell består av kopplade 1D- och 2D-komponenter, med olika randvillkor tillämpade på respektive del av modellen. I en kopplad modell är det möjligt att dela upp regnbelastningen över ledningsnätet och markytan separat, genom att applicera en del av nederbörden direkt till ledningsnätet och resterande del på markytan. Detta tillvägagångssätt säkerställer att ledningsnätet utnyttjas till maximal kapacitet. Den modelltekniska fördelningen görs genom att avrinningsområdena som belastar ledningsnätet tilldelas en reducerad intensitet. Den återstående vattenvolymen, dvs. 100-årsregn med KF minus 10-årsregn, fördelas på markytan i 2D-modellen. För övriga områden sker all nederbördsbelastning i 2D-modellen, där även markens infiltrationskapacitet beaktas. Flödet från 2D modellen är kopplat till Nälsta dike och Bällstaåns tvärsektioner. Flödet rinner till diket (1D modellen) om det finns kapacitet vid det specifika tillfälet, om inte belastar det fortsatt 2D modellen.

Nälsta dike och Bällstaån har simulerats med samma förutsättningar som använts i Stockholmsmodellen. 100-årsregn med klimatkfaktor 1,25 har redovisat maximalt översvämningsdjup före och efter exploatering. Tidsserier har tagits från Stockholms stads modell.

1.7 Osäkerheter

Vid modellering av hydrologiska och hydrauliska processer finns det alltid osäkerheter som kan påverka resultaten. Dessa osäkerheter kan uppstå från flera källor, inklusive:

- Ingångsdata: Kvaliteten och noggrannheten hos de data som används, såsom höjdmodeller, markanvändningsdata och meteorologiska data.
- Modellparametrar: Valet av parametrar som infiltrationshastighet, råhetskoefficienter och andra modellinställningar kan introducera osäkerheter.

PM

- Randvillkor: Antaganden om randvillkor, såsom inflöden och utflöden, kan påverka modellens resultat.
- Klimatförändringar: Framtida klimatförändringar och deras påverkan på nederbördsmonster och flöden är svåra att förutsäga exakt.
- Modellstruktur: Förenklingar och antaganden som görs i modellens struktur kan leda till avvikelser från verkligheten.

För att hantera dessa osäkerheter är det viktigt att genomföra känslighetsanalyser och validera modellen mot observerade data där det är möjligt.

Osäkerheter som bedömts vara av vikt beskrivs i följande:

Infiltration: Det finns osäkerheter i de angivna infiltrationsparametrarna, eftersom dessa bygger på generaliseringar. Parametrarna som redovisas i Tabell 3.1 baseras på litteraturkällor som MSB rekommenderar (MSB, 2023) och SGU:s jordartskarta. Markens förmåga att infiltrera vatten är mycket platsspecifik och påverkas av årstid, temperatur och väderförhållanden under den period då ett skyfall inträffar. För att minska osäkerheterna kring infiltrationen skulle infiltrationsförsök kunna genomföras inom avrinningsområdet. De framtagna parametrarna bedöms dock vara tillräckligt tillförlitliga för att kunna dra slutsatser från skyfallsmodelleringen som inkluderar infiltrationsmodulen.

Höjdmodell och Grid: Höjdmodellen har en upplösning på 1x1 meter och ett grid på 2x2 meter, vilket innebär att varje beräkningscell motsvarar en yta på 4 m². Detaljer mindre än 4 kvadratmeter inkluderas inte, vilket kan påverka tolkningen av rinnvägar och den avrinnande volymen. Upplösningen bedöms dock som tillräckligt bra för att dra slutsatser från skyfallsmodelleringen.

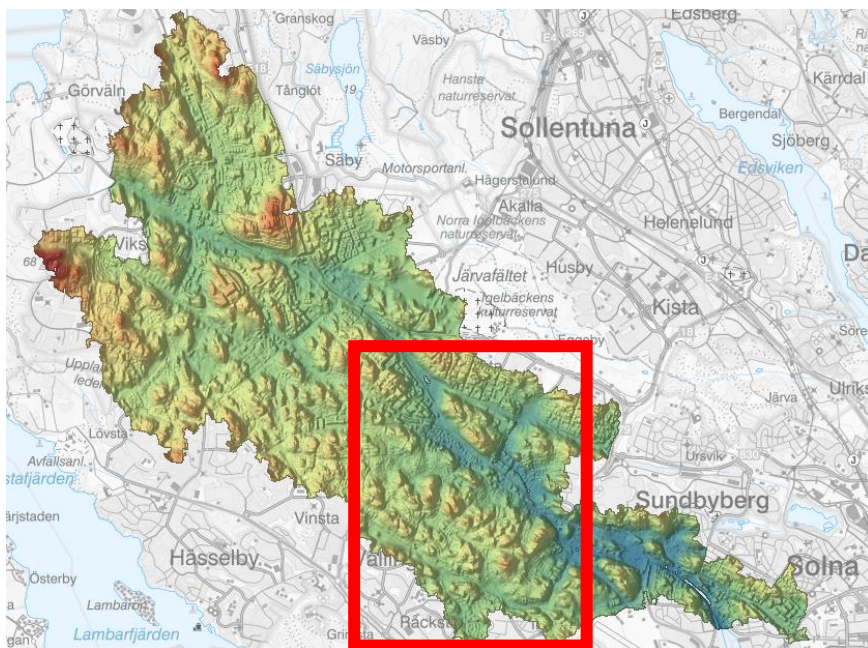
Ledningsnät: Den befintliga ledningsnätets struktur i området norrut baseras på underlag från SVOA och har inte justerats i AFRYs modell. Notering har gjorts om att vissa ledningar och brunnar har bristfälliga data som kräver manuell tolkning och bearbetning. Den bristfälliga datan syftar främst på att ledningar har bakfall samt brunnsdjup som inte är sannolika. Detta kan medföra en risk att vissa objekt i ledningsnätetsmodellen kan innehålla felaktig information.

Organiskt/inorganiskt material: I skyfallsmodelleringen beaktas inte organiskt material på markytan, vilket potentiellt kan blockera befintliga trummor och bäckstråk, särskilt vid höga flöden.

PM

2 Modellkalibrering

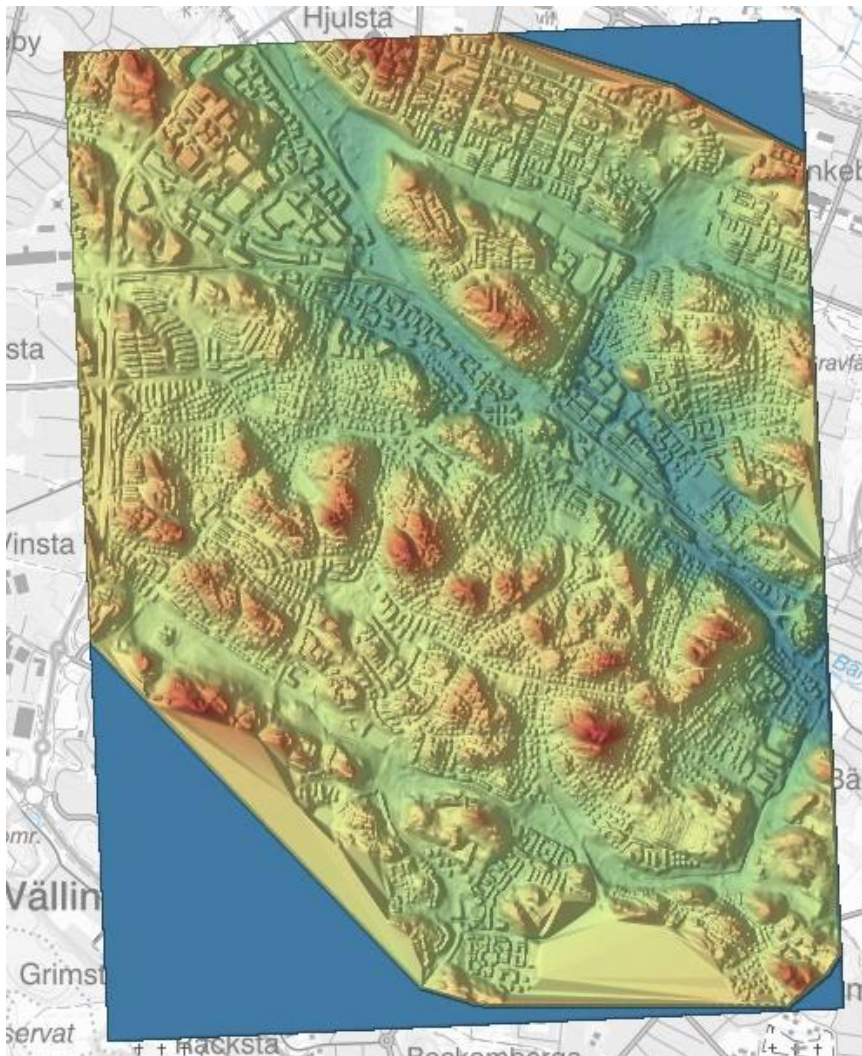
AFRY har från Stockholmsstad tillhandahållit en skyfallsmodell som ska användas för att utreda hur el-stationen i Råcksta påverkar intilliggande närområde i och kring Nälsta dike. Modellen kräver programmet MIKE+ för att simuleras och täcker en yta på ca 50 km² (se Figur 1). En modell av den storleken tar flera dagar att simulera. För att minska simuleringstiden valde AFRY att beskära modellen (se röd ruta i Figur 1). Den beskärda modellen inkluderar enbart den del av modellen som är aktuell för projektet.



Figur 1. Skyfallsmodell tillhandahållen från Stockholmsstad. Röd ruta markerar ungefärlig storlek på beskörd modell.

Stockholms originalmodell har en klippt ytterkant som vid beskärning av modellen försvinner och ersätts av en rektangulär modell (se Figur 2). Den nya rektangulära modellen triangulerade höjder mellan Stockholms-modellens klippning och den nya ytterkanten. Det gjorde att regn som föll i modellen rann in i felaktiga avrinningsområden. Generellt gjorde det att vattenvolymer i Nälsta dike blev större och situationen förvärrades.

PM

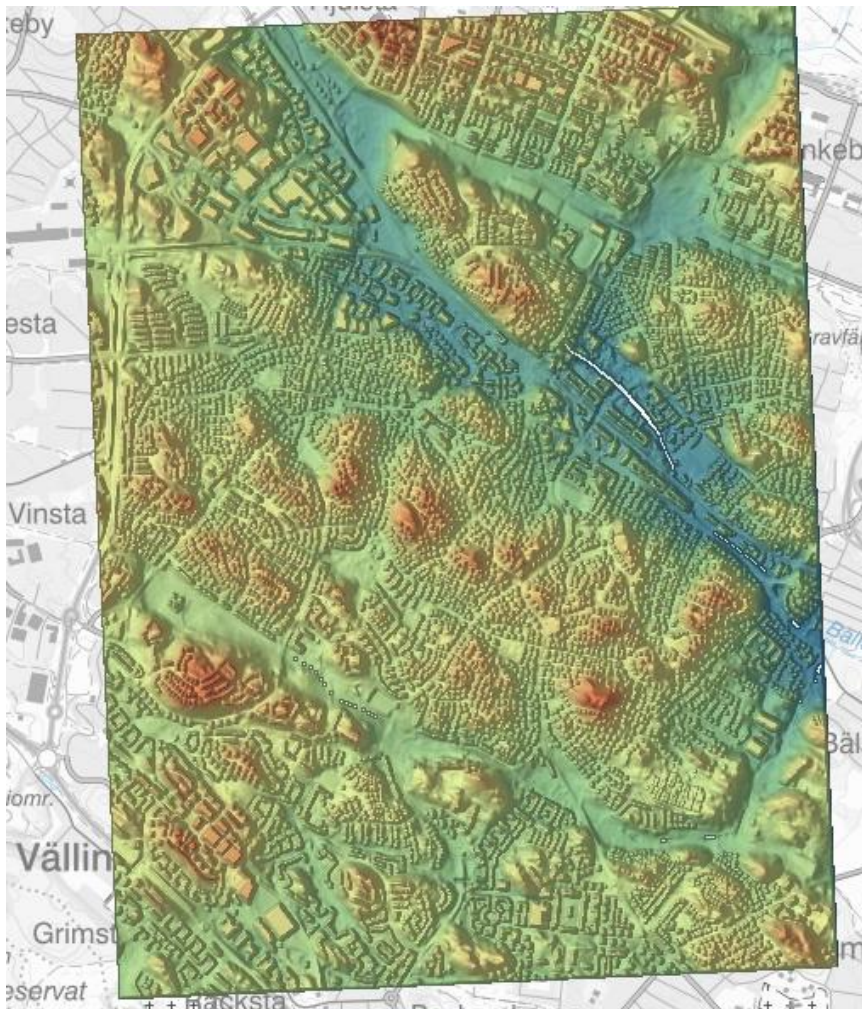


Figur 2. Preliminär domän för beskärdd modell för el-stationens område.

För att exkludera felkällan inkluderades höjddata från lantmäteriet för de områden som triangulerades felaktigt. Höjddatan resulterade i att avrinningsområden bevarades och vatten som faller i modellen rinner inom sina rätta avrinningsområden.

Ett alternativ till att inkludera ny höjddata där felaktig triangulering uppstod var att klippa den beskärda modellen i samma linje som originalmodellen var klippt i. Detta avslogs eftersom klippning ansågs ta för lång tid att genomföra.

PM



Figur 3. Beskärdd modell med inkluderad höjddata från Lantmäteriet.

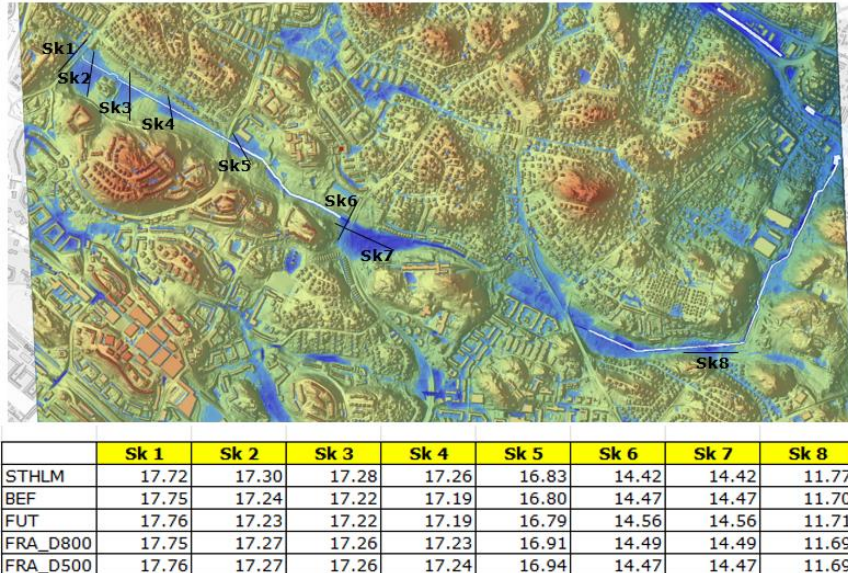
AFRYs modell för befintlig situation gav efter tillagd höjddata en differens på upp till cirka 7 centimeter i vattendjup jämfört med Stockholms originalmodell i samma undersökta sektioner. Differensen sågs genomgående för hela modellen. Den beskärda modellen ansågs därför vara tillräckligt nära Stockholms modell för att kunna analysera resultat eftersom analysarbetet kan genomföras relativt i AFRYs modeller.

AFRYs modell (baserad på stockholms skyfallsmodell) för befintlig situation kunde efter kalibreringen mot Stockholms originalmodell fortsätta användas för att simulera de tänkta justeringarna av mark för EI-station och kompensationsåtgärd i Nälsta dike.

Framtida scenarion togs fram utifrån AFRYs nu beskärda och kalibrerade modell för EI-station utan kompensationsåtgärd samt EI-station med kompensationsåtgärd och trummstorlek 800mm. Modellerna gav förväntade resultat men där kompensationsåtgärden inte helt gav det önskade resultatet. Ytterligare en modell togs fram där trummstorleken minskades till 500 mm.

Sammanställning av resultat för de ovan nämnda modellerna visas i figuren nedan för respektive scenario.

PM



Figur 4. Resultat för beskärdd modell med inkluderar höjddata från Lantmäteriet.

Modell-förklaring:

- STHLM: Stockholms originalmodell
- BEF: Mindre domänmodell för befintlig situation
- FUT: Mindre domänmodell för framtida situation utan åtgärd
- FRA_800: Mindre domänmodell för framtida situation med kompensationsåtgärd (trumma D800 mm)
- FRA_500: Mindre domänmodell för framtida situation med kompensationsåtgärd (trumma D500 mm)

Figurerna nedan, Figur 5 till Figur 7, visar vattenbalansen för simuleringar.

PM

Volume Balance Summary - Bef situation

A: Initial volume in model area					0.00	m ³
Final volume in wet area					630960.45	m ³
Final volume in dry area					4296.99	m ³
B: Final volume in model area					635257.44	m ³
Source inflow	0.00	m ³				
River inflow target	1163599.72	m ³				
River inflow correction	-0.00	m ³				
Urban inflow target	272729.70	m ³				
Urban inflow correction	0.00	m ³				
Source outflow			0.00	m ³		
River outflow target			1112657.86	m ³		
River outflow correction			-14.71	m ³		
Urban outflow target			239896.54	m ³		
Urban outflow correction			-67.84	m ³		
C: Total volume from source					83857.56	m ³
D: Total volume from precipitation/evaporation					693465.57	m ³
E: Total volume from boundaries					-142065.69	m ³
F: Continuity balance (B-A-C-D-E)					0.00	m ³

Figur 5. Vattenbalans befintlig situation

Volume Balance Summary - Fut situation

A: Initial volume in model area					0.00	m ³
Final volume in wet area					630693.32	m ³
Final volume in dry area					3990.00	m ³
B: Final volume in model area					634683.32	m ³
Source inflow	0.00	m ³				
River inflow target	1165012.66	m ³				
River inflow correction	-0.00	m ³				
Urban inflow target	271405.03	m ³				
Urban inflow correction	0.00	m ³				
Source outflow			0.00	m ³		
River outflow target			1113843.31	m ³		
River outflow correction			-7.46	m ³		
Urban outflow target			238817.22	m ³		
Urban outflow correction			-47.72	m ³		
C: Total volume from source					83812.34	m ³
D: Total volume from precipitation/evaporation					693362.92	m ³
E: Total volume from boundaries					-142491.94	m ³
F: Continuity balance (B-A-C-D-E)					0.00	m ³

Figur 6. Vattenbalans framtida situation utan åtgärd

PM

Volume Balance Summary - MUR_FRAMTIDA DIKE SV REGN

A: Initial volume in model area					0.00	m ³
Final volume in wet area					627067.90	m ³
Final volume in dry area					3966.22	m ³
B: Final volume in model area					631034.12	m ³
Source inflow	0.00	m ³				
River inflow target	1149445.35	m ³				
River inflow correction	0.00	m ³				
Urban inflow target	271940.34	m ³				
Urban inflow correction	0.00	m ³				
Source outflow			0.00	m ³		
River outflow target			1101677.04	m ³		
River outflow correction			-74.45	m ³		
Urban outflow target			237417.53	m ³		
Urban outflow correction			-24.42	m ³		
C: Total volume from source					82390.01	m ³
D: Total volume from precipitation/evaporation					693235.06	m ³
E: Total volume from boundaries					-144590.94	m ³
F: Continuity balance (B-A-C-D-E)					0.00	m ³

Figur 7. Framtida situation med åtgärd

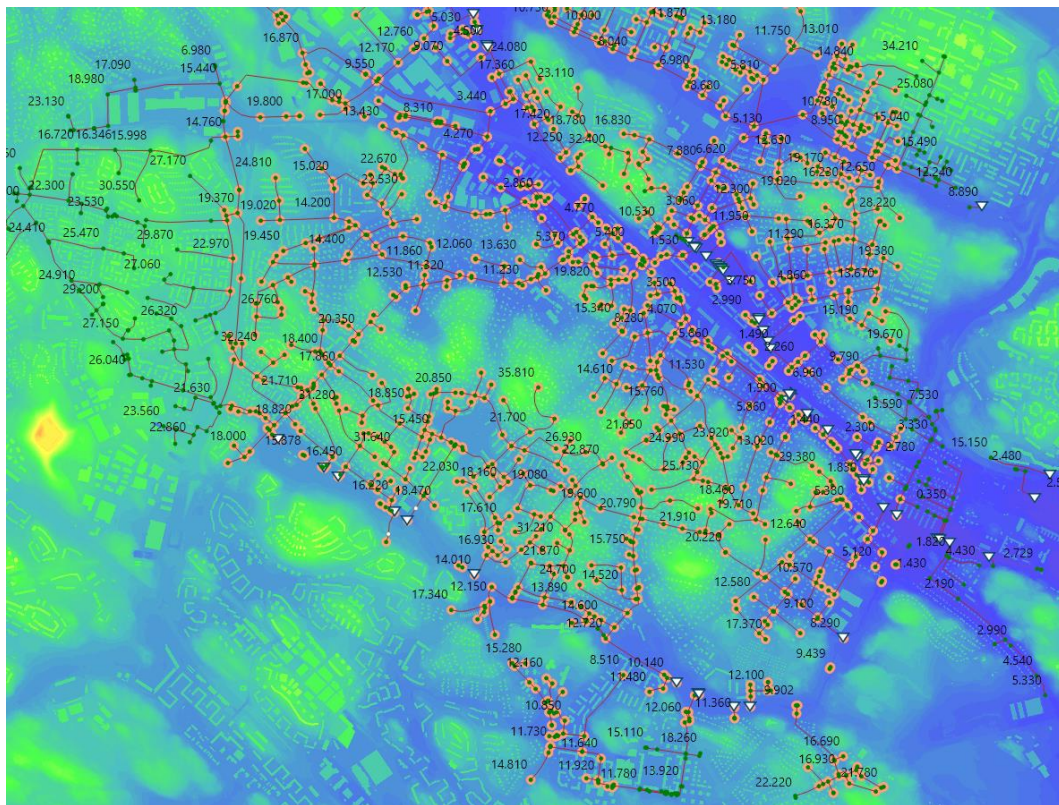
3 Justerad Stockholmsmodell

Den justerade Stockholmsmodellen är framtagen baserat på den ursprungliga Stockholmsmodellen. Den ursprungliga modellen omfattar dagvattennätet, tillrinningsområden samt definitioner för nederbörd, infiltration och ytans skrovlighet inom det modellerade området.

Inom ramen för AFRYs studie undersöktes möjligheten att simulera vattendrag och kanaler (river-komponenten) direkt i två dimensioner (2D). Modelländringen innebär att utsläppspunkter kopplas direkt till 2D och integreras med den digitala höjdmodellen (DEM). Närlästa dike definieras i modellen inte som endimensionell (1D).

Modellen för 2D-simulering av kanaler, diken och vattendrag illustreras i figuren nedan.

PM



Figur 8. Justerad Stockholmsmodell i MIKE+.

Resultatet visar att det kan förekomma mindre avvikelser jämfört med den endimensionella (1D) modellen av vattendragen. Dessa skillnader beror främst på begränsningarna i de tvärsektioner som används i den ursprungliga modellen.

Den tvådimensionella (2D) modellen ger en mer realistisk representation, men medför en osäkerhet kopplad till den faktiska kapaciteten hos de befintliga dikena. För fortsatt arbete i nästa skede kan en förbättring göras av modellens noggrannhet. En uppdatering av den digitala höjdmodellen samt en mer detaljerad topografisk beskrivning av dikesbottnar rekommenderas.