

Avsedd för
Stadsbyggnadskontoret i Göteborg

Dokumenttyp
Rapport

Datum
2014-03-06

Revision
2

HYDROMODELL FÖR GÖTEBORG

**KONSEKVENSER UTEFTER MÖLNDALSÅN OCH SÄVEÅN VID
EXTREMT HÖGVATTEN I HAVET ÅR 2100**

SIMULERINGSUPPDAG 2A



HYDROMODELL FÖR GÖTEBORG SIMULERINGSUPPDRAK 2A

Revidering **2**
Datum **2014-03-06**
Utfört av **Henrik Thorén, Jesper Aarosiin Hansen**
Kontrollerad av **Henrik Sønderup**
Godkänd av **Tora Lindberg**
Beskrivning **Konsekvenser utefter Mölndalsån och Säveån vid
extremt högvatten i havet år 2100**

Ref. 1320001782-003

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Bakgrund	1
2.	Beräkningar	2
3.	Modelluppbyggnad	4
3.1	Generellt	4
3.2	Simuleringsuppdraget	4
3.3	Mölnbalsån	7
3.3.1	MIKE Urban	7
3.3.2	MIKE 11	10
3.3.3	MIKE 21	12
3.3.4	Kopplad modell för Mölnbalsån	14
3.4	Säveån	17
3.4.1	MIKE 11	17
3.4.2	MIKE 21	18
3.4.3	Kopplad modell för Säveån	19
4.	Kalibrering	20
4.1	Mölnbalsån	20
4.1.1	MIKE Urban	20
4.1.2	MIKE 11	20
4.2	Säveån	23
5.	Resultat	24
6.	Diskussion och Slutsatser	27
7.	Rekommendationer	28

BILAGOR

Bilaga 1

Redovisning av kritiska objekt

Bilaga 2

Inventering av broar över Säveån

1. BAKGRUND

Syftet med detta simuleringsuppdrag är att kartlägga Göteborgsområdets sårbarhet för översvämningar utefter Säveån och Mölndalsån, orsakade av hög vattennivå i havet/Göta Älv i kombination med höga flöden i åarna i framtiden. Scenariot som undersöks bygger på en nederbördsrik höst i avrinningsområdena till Säveån och Mölndalsån, då flödet i åarna uppnår framtida högvattenföring (år 2100). Samtidigt ligger medelvattennivån i havet år 2100 65 cm högre i förhållande till dagens medelvattennivå. Utöver dessa förutsättningar ingår i scenariot även att det inträffar en havsnivåtopp (peak) där vattennivån i havet under 12 timmar stiger till den framtida extremvattennivån +2,55 m och därefter åter sjunker till utgångsnivån.

Som utgångspunkt för detta uppdrag används den modell som utvecklades i simuleringsuppdrag 1b. Tillämpningsområdet utvidgas till Område B, vilket inkluderar hela Område C. Område B omfattar även de lågliggande områdena omkring Säveån upp till von Utfallsgatan och Mölndalsån upp till Mölndals Centrum. Även de lågliggande områdena omkring Fattighusån, Stora Hamnkaneln och Rosenlundskanalen är inkluderade i MIKE 21-modellen i detta simuleringsuppdrag.

Beräkningstekniskt görs två separata modelluppsättningar, en för Säveån och en för Mölndalsån, bestående av delmodeller för avloppssystemet, vattendragen och terrängen.

2. BERÄKNINGAR

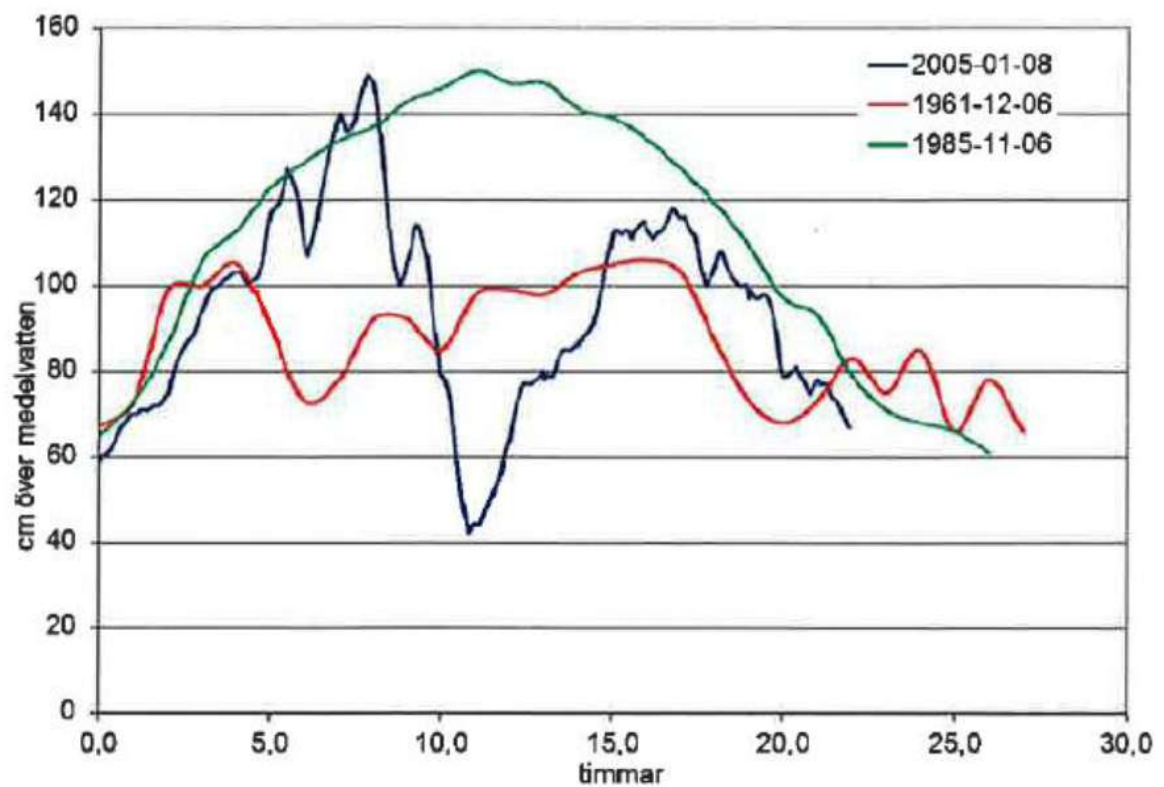
Scenariot som ska simuleras i simuleringsuppdrag 2a utspelas år 2100, se Tabell 1. Scenariot bygger på att det har varit en nederbördsrik höst i avrinningsområdena till Mölndalsån och Säveån. I [ParameterLista-rev2] är flödesvärde för Mölndalsån och Säveån hämtat för "Högvattenförling vinter år 2100", vilket har beteckningen "HQ år 2100". För Mölndalsån innebär detta att ån har en vattenförling på 26 m³/s och för Säveån 70 m³/s.

Scenario	Älv nivå	Beskrivning	Regn
HQ2100PEAK	Rosenlund tidsserie	Modifierad tidsserie för havsnivåpeak antas enligt kurva från 1985-11-06. För Mölndalsån och Säveån ansätts högvattenförling år 2100 enligt [ParameterLista-rev2] på 26 respektive 70 m ³ /s	Inget regn

Tabell 1 Simuleringsfallet som ska genomföras i simuleringsuppdrag 2a

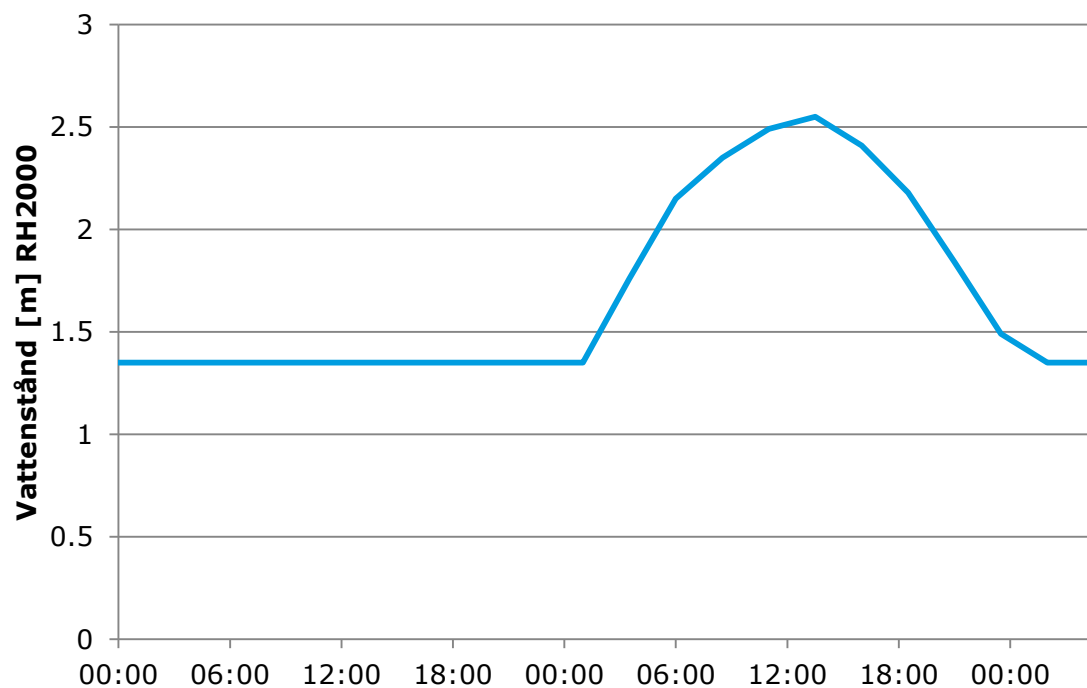
Vattennivån i havet varierar under simuleringen och den hänvisas här efter som "havsnivåpeak". Havsnivåpeaken är en modifierad peak från en verklig högvattensituation den 6:e november 1985, se Figur 1. Denna peak startar på 65 cm över medelvattenståndet och den maximala nivån är ca. 150 cm över medelvattenståndet. Den havsnivåpeak som används vid simulering startar på +1,35 m, vilket motsvarar den verkliga peakens startvärde på 65 cm plus den framtida havsnivå stigningen till år 2100 på 70 cm. Den maximala nivån ansätts till "Framtida extremvattenstånd (200 års värde) – år 2100" på +2,55 m, vilken har beteckningen "HHW år 2100", se figur 2. I havsnivåpeaken hålls vattenståndet konstant till +1,35 m i 24 timmar och under 12 timmar stiger den till +2,55 m. Därefter sjunker vattenståndet tillbaka till +1,35 m under 12 timmar och den hålls konstant till +1,35 m under 4,5 timme.

Inledande simuleringar visade att översvämningarna längs Mölndalsån uppnådde sitt "steady-state" på mindre än 4 timmar med konstant höglöde i ån. Med "steady-state" menas att översvämningarna varken ökar eller minskar i omfattning. Därför startas simuleringen för Mölndalsån 20 timmar senare än vad som visas i figur 2. Därmed hinner modellen simulera uppkomna översvämningar innan havsnivåpeaken startar. Orsaken är att beräkningstiden därmed kan reduceras från ca. 70 timmar till 43 timmar. För Säveån simuleras hela förloppet enligt figur 2, eftersom hela förloppet endast har en beräkningstid på 16 timmar, dessutom tar det längre tid för modelluppsättningen för Säveån att nå sitt "steady-state".



Figur 1 Uppmätt havsvattenstånd i Torshamnen vid tre olika tillfällen. (Klimatanalys för Västra Götalands län, SMHI 2011)

Havsnivåpeak - Rosenlund



Figur 2 Den modifierade tidsserien för havsnivåpeak enligt kurva från 1985-11-06 som används som randbetingelse i Göta Älv

3. MODELLUPPBYGGNAD

3.1 Generellt

För modelluppbyggnad används en eller flera delmodeller. Modellerna kan kopplas ihop två-och-två eller tre-och-tre. Det är ändamålet med simuleringsuppdraget som avgör vilken typ av modell som ska användas.

Ledningsnätsmodell (1D)

För att beskriva urbana avrinningsområden och vattenföring i avloppsledningar används en **MIKE Urban** modell. En MIKE Urban modell innehåller hydrologiska avrinningsområden. Dessa avrinningsområden byggs företrädesvis upp utifrån fastighetskartan, eftersom de flesta fastigheter har en och samma kopplingspunkt till de kommunala avloppsledningarna. Större fastigheter kan ha flera anslutningspunkter till de kommunala avloppsledningarna. Om information finns angående anslutningspunkterna kan därmed större fastigheter delas upp utifrån hur stor andel av fastigheten som är anslutet till varje punkt.

I MIKE Urban modellen kan även avloppssystemet beskrivas. I modellen beskrivs nedstigningsbrunnar, avloppsledningar, utlopp, bräddavlopp, pumpstationer, spjäll och backventiler.

Vattendragsmodell (1D)

För att beskriva vattenföring i vattendragen används en **MIKE 11** modell. I MIKE 11 modellen beskrivs vattendragets sträckning och med jämna mellanrum definieras vattendragets tvärsnittsyta. Till modellen kan uppströms- och nedströmsrandvillkor kopplas, såsom flöde eller vattennivå.

Urban översvämningsmodell (2D)

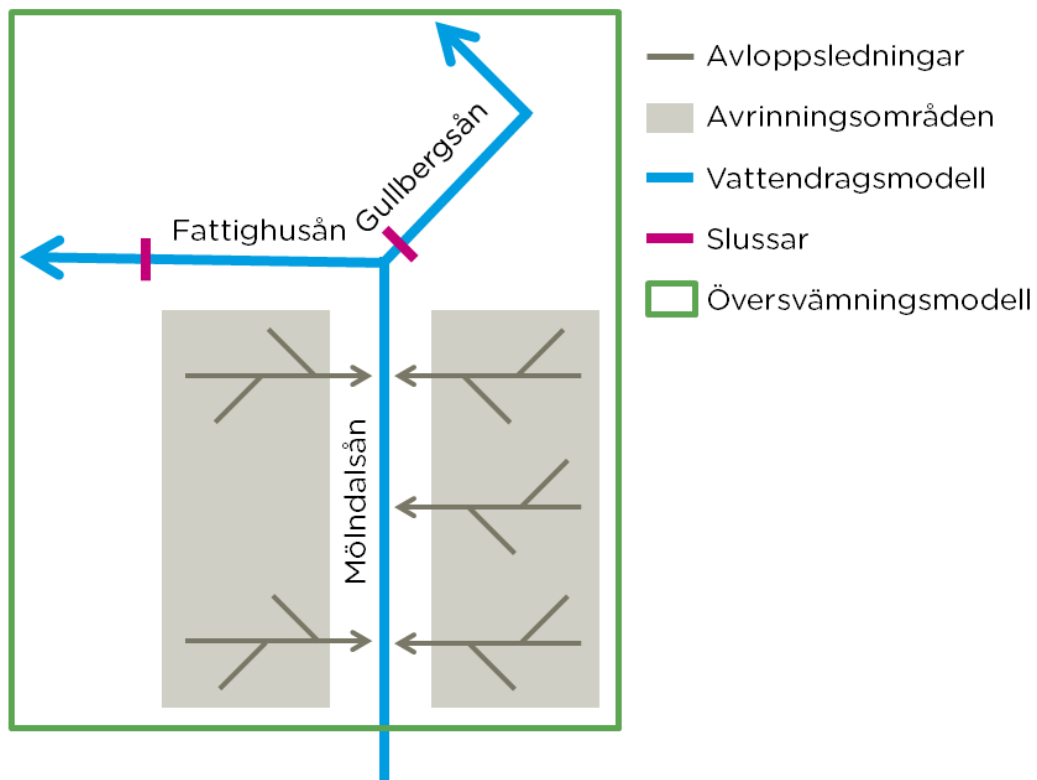
För att beskriva vattenströmning på markytan används en **MIKE 21** modell. Till skillnad mot ledningsnätsmodellen och vattendragsmodellen beskriver MIKE 21 modellen strömning i två riktningar. MIKE 21 modellen byggs upp utifrån en höjdmodell, som innehåller information angående terrängens plushöjd på olika platser. MIKE 21 modellen som används är en s.k. Classic Grid, vilket betyder att modellen är uppbyggd av celler i ett raster. För varje cell finns den genomsnittliga höjden som täcks av cellområdet.

Kopplad modell

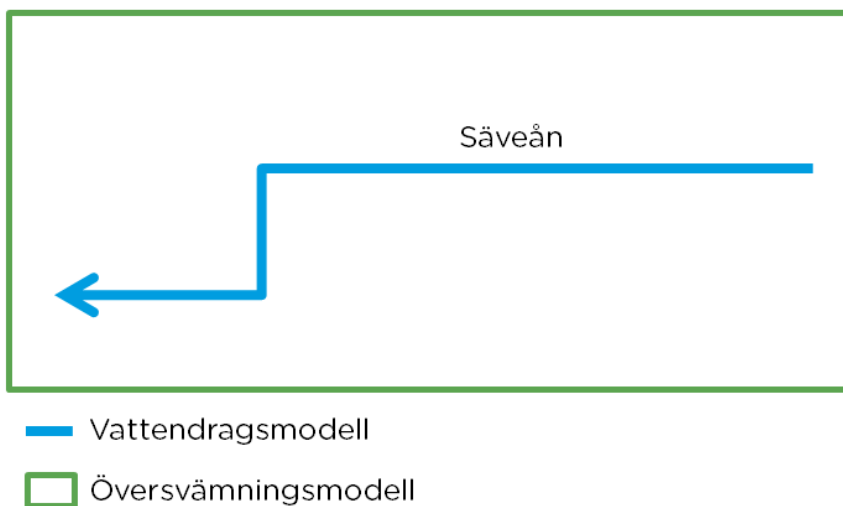
MIKE Urban, MIKE 11 och MIKE 21 kan kopplas ihop genom ett verktyg som kallas **MIKE Flood**. Två eller tre modeller kan kopplas ihop till en MIKE Flood modell. Då ska utväxlingspunkter definieras, som beskriver hur vattnet transporteras mellan modellerna.

3.2 Simuleringsuppdraget

I simuleringsuppdrag 2a byggs två modelluppsättningar upp, en för Mölndalsån och en för Säveån. För Mölndalsån används en ledningsnätsmodell, vattendragsmodell och en urban översvämningsmodell för att kartlägga översvämningsrisken längs ån, se principiell skiss i figur 3. För Säveån används en vattendragsmodell och en urban översvämningsmodell, se figur 4.

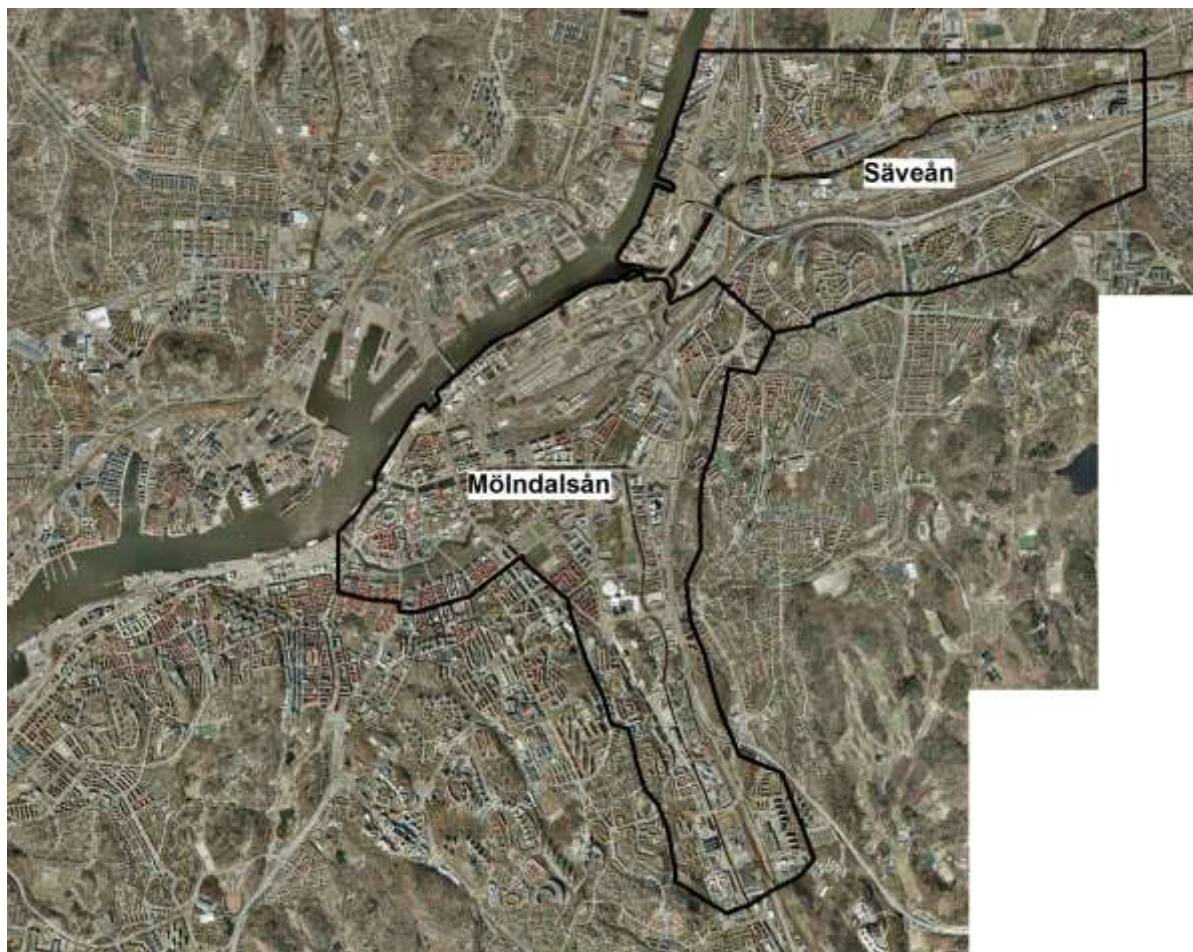


Figur 3 Princip skiss av modelluppsättning för Mölndalsån



Figur 4 Princip skiss av modelluppsättning för Sävåsån

En översikt av modellområdena för Mölndalsån och Sävåsån presenteras i figur 5. Det ska observeras att modelluppsättningarna överlappar varandra något, men det är efter gränserna i Figur 5 som resultaten från de två simuleringarna klipps ut och analyseras.



Figur 5 Översikt av modellområde (Område B) för Mölndalsån och Sävveån.

I Område B utgörs markanvändningen till 63 % av hårdgjord yta och 20 % av byggnader. Endast 17 % är naturyta. I figur 6 kan den geografiska fördelningen av de olika typerna av markanvändning utläsas.

Markanvändningskategori	Area	Andel
Byggnader	273,7 ha	20 %
Hårdgjord yta	883,0 ha	63 %
Naturyta	232,0 ha	17 %
Totalt	1388,7 ha	100 %

Tabell 2 Area och andel av olika markanvändningskategorier i Område B



Figur 6 Översikt av markanvändning i Område B. Naturyta är markerat med grön färg, byggnader är markerat med mörkgrå färg och hårdgjord yta är markerat med ljusgrå färg.

3.3 Mölndalsån

3.3.1 MIKE Urban

För Område B längs Mölndalsån mottogs Kretslopp och Vattens ledningsdatabas den 6 november 2013. För den del av Område C som ansågs relevant att använda i Område B har brunnar, ledningar, pumpar och bräddavlopp importerats från ledningsdatabas för Område C, se figur 7. Därmed importerades redan kvalitetssäkrade bottennivåer, marknivåer, ledningsdimensioner och pumpkapaciteter automatiskt för detta område och dessutom är det exakt samma modell som redan har använts i tidigare simuleringsuppdrag.



Figur 7 Översikt av källan till ledningsnätsupplysningar i MIKE Urban modellen. Ledningarna har importerats från modellen för Område C och för övrigt har Kretslopp och Vattens ledningsdatabas använts. Den infällda bilden visar hela modellområdet för MIKE Urban modellen.

I Kretslopp och Vattens ledningsdatabas saknades vattengångar för brunnar som i ledningsdatabasen är definierade som underjordiska kammare. Därför mottogs den 27 november 2013 ett dokument med skärmdumpar från Kretslopp och Vattens GIS-system. I detta material kunde vattengångarna för de flesta brunnar hämtas och beskrivas i MIKE Urban-modellen. De brunnar som ändå saknade vattengångar i detta utdrag har interpolerats fram med det inbyggda verktyget i MIKE Urban. Brunnarnas terrängnivå är hämtad från topografisk data ingående i GIS-modellen över området.

Ledningarna tillsammans med deras dimension importerades i MIKE Urban-modellen från ledningsdatabasen. MIKE Urban kopplar automatiskt ledningarna till brunnarna baserat på var de är ritade från och till. Ledningarnas material definierades i MIKE Urban utifrån materialangivelsen i ledningsdatabasen till Betong, Lergods, Gjutjärn och Plast. Eftersom övrig information har saknats, har tvärsnittsformen antagits vara cirkulär för alla ledningar.

Både brunnar och ledningar har i MIKE Urban-modellen definierats att antingen tillhöra spillvatten, dagvatten eller det kombinerade avloppssystemet. Detta underlättar visualiseringen av brunnar och ledningar, främst då spillvatten- och dagvattenledningarna ligger tätt inpå varandra men också då avloppssystem skiftar.

Den 20 november 2013 mottogs tre dokument med skärmdumpar från Kretslopp och Vattens GIS-system. Detta material beskrev var högvattenluckor och bräddpunkter var placerade. Det mottogs även en tabell med bräddnivåer för alla bräddavlopp. Detta material användes för att definiera högvattenluckor och bräddavlopp i MIKE Urban-modellen, se tabell 3.

Även bräddpunkterna lades in i MIKE Urban-modellen utifrån från detta material. Namn och bräddnivå hämtades från en tabell som fanns i ett av dokumenten. Längden på skibordet var också beskrivet i ett av dokumenten. Om information angående skibordslängden saknades antogs längden av bräddkanten till 1 m, se tabell 4.

Placering	Namn
Ledning	AD53221
Ledning	AD29995
Ledning	AD18484
Ledning	AD19972
Ledning	AD19916
Ledning	AD18482

Tabell 3 Sammanställning av inlagda högvattenluckor

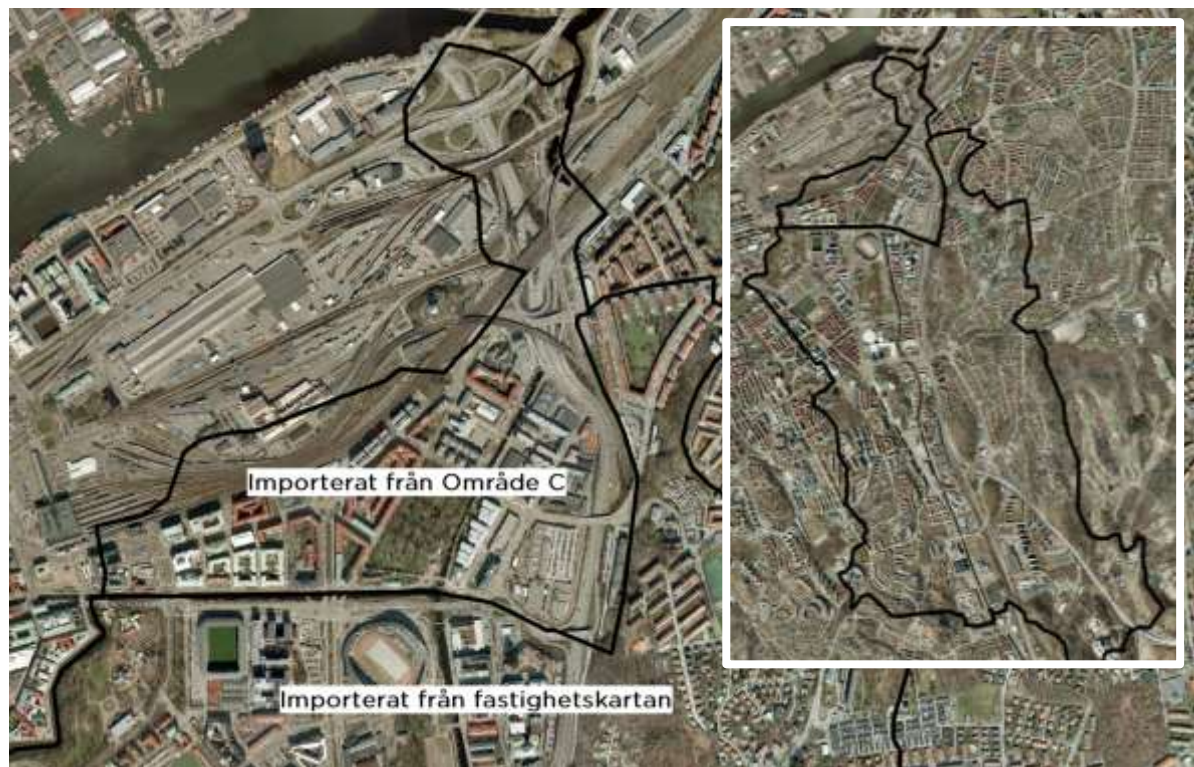
Namn	Placering	Bräddnivå	Längd	Kommentar
5453	Övre Buråsliden	+12.40	1,0 m	Antagen skibordslängd
5456	Varbergsgatan	+2.99	6,0 m	
5457	Falkenbergsgatan	+3.74	3,0 m	
5458	Nordgårdsgatan	+4.27	7,4 m	
5459	Milepålegatan	+2.61	3,0 m	
5462	Fredriksdalsgatan	+25.8	1,0 m	Antagen skibordslängd
5540	Eklandagatan-Utlandagatan	+35.80	1,0 m	Antagen skibordslängd
5575	Södra Vägen	+6.29	1,0 m	Antagen skibordslängd
5576	Korsvägen-Skånegatan	+3.70	4,0 m	
5577	Skånegatan-Vallhallagatan	+2.87	4,5 m	
5578	Berzeliegatan-Sten Sturegatan	+2.91	2,5 m	
5579	Tritongatan-Fabriksgratan	+1.85	0,6 m	
5585	Södra Vägen	+6.40	1,0 m	Antagen skibordslängd
5595	Olof Wijksgatan-Södra Vägen	+6.51	1,0 m	Antagen skibordslängd
5596	Orangerigatan-Delsjövägen	+8.18	2,5 m	
-	Ågången	+0.55	2,0 m	Antagen skibordslängd

Tabell 4 Sammanställning av inlagda bräddavlopp

Avrinningsområdena är dels importerade från modellen för Område C och dels uppbyggda utifrån fastighetskartan och dessa är avgränsade med hjälp av mottagen digital information angående vattendelare och topografisk data i form av hydrologiska avrinningsområden (mottagen från SBK). Vid avgränsningen har fastighetsgränserna beaktats. Fastighetskarta och vattendelare mottogs den 29 november 2013. Vilka avrinningsområden som har importerats från Område C och vilka som är uppbyggda utifrån fastighetskartan framgår av figur 8.

För de avrinningsområden som har importerats från modellen för Område C har även andelen hårdgjorda ytor importerats. För de avrinningsområden som har byggts upp utifrån fastighetskartan har andelen hårdgjorda ytor beräknats utifrån digital information angående hus och vägar i Område B, se tabell 5. Den digitala informationen om hus och vägar mottogs från SBK den 16 januari 2014.

Det ska observeras att avrinningsområdena inte har någon modellteknisk funktion i simuleringsuppdrag 2a, eftersom simuleringarna genomförs utan nederbörd i simuleringsuppdrag 2a. Avrinningsområdena är uppbyggda i MIKE Urban-modellen eftersom de i simuleringsuppdrag 3a ska användas vid simuleringar under regnväder.



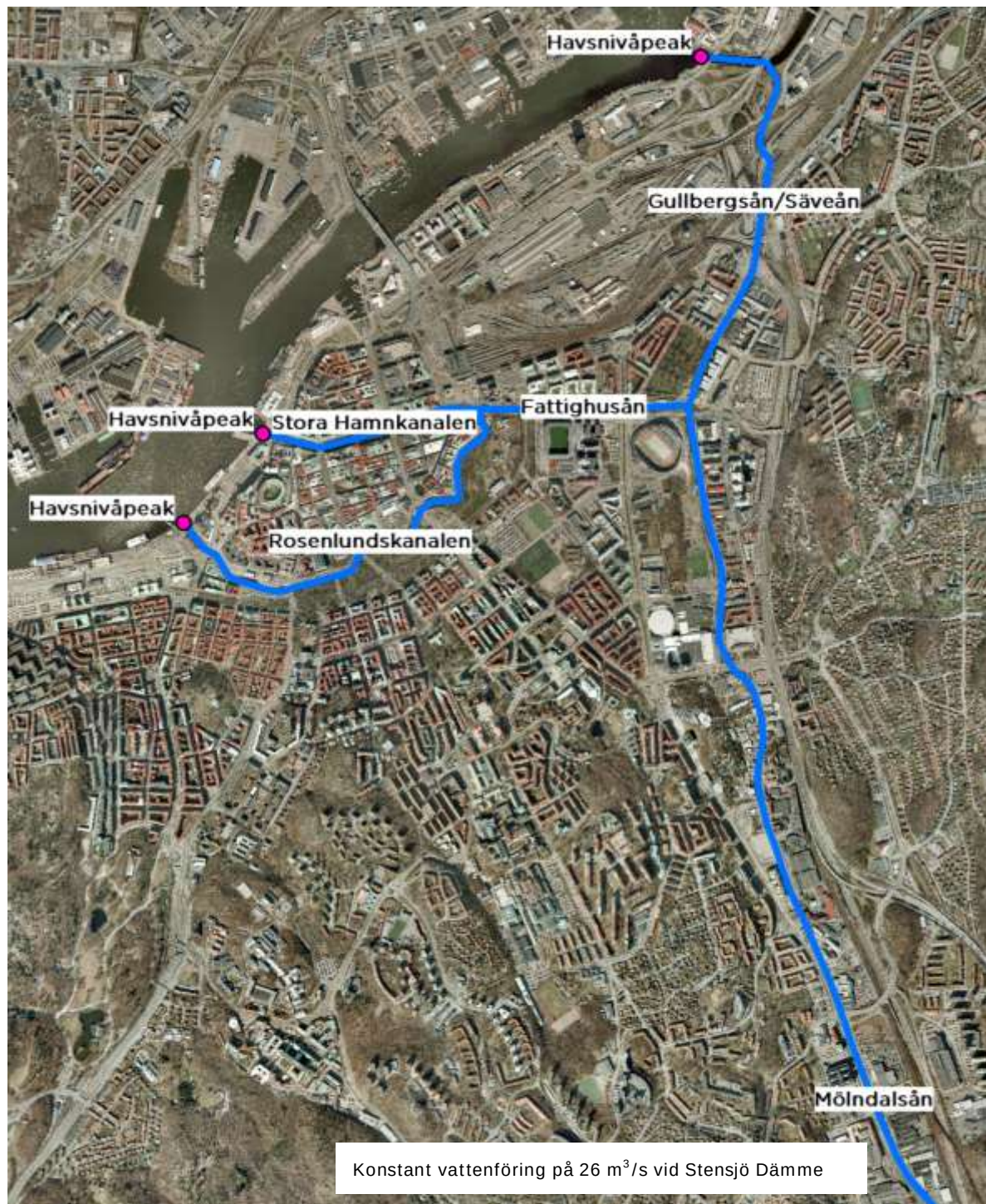
Figur 8 Översikt av källa till avrinningsområden i MIKE Urban-modellen. Avrinningsområdena har importerats från modellen för Område C och för övrigt har Stadbyggnadskontorets fastighetskarta från 2013-11-29 använts. Den infällda bilden visar hela modellområdet för avrinning i MIKE Urban-modellen.

Markanvändning	Avströmningskoefficient
Hus	90 %
Väg	80 %
Övrigt	10 %

Tabell 5 Använda avströmningskoefficienter vid beräkning av andel hårdgjorda ytor för avrinningsområdena.

3.3.2 MIKE 11

MIKE 11-modellen för Mölndalsån täcker Mölndalsån i Göteborgs kommun och delar av Mölndals kommun, Gullbergsån, Fattighusån/Stora Hamnkanalen, Rosenlundskanalen och Stora ån. Modellerna för Mölndalsån, Gullbergsån, Fattighusån/Stora Hamnkanalen, Rosenlundskanalen är baserade på MSB's modell för den nedre delen av Mölndalsån, medan Stora ån är baserat på Trafikverkets modell som är uppbyggd i samband med Västlänken, se figur 9.



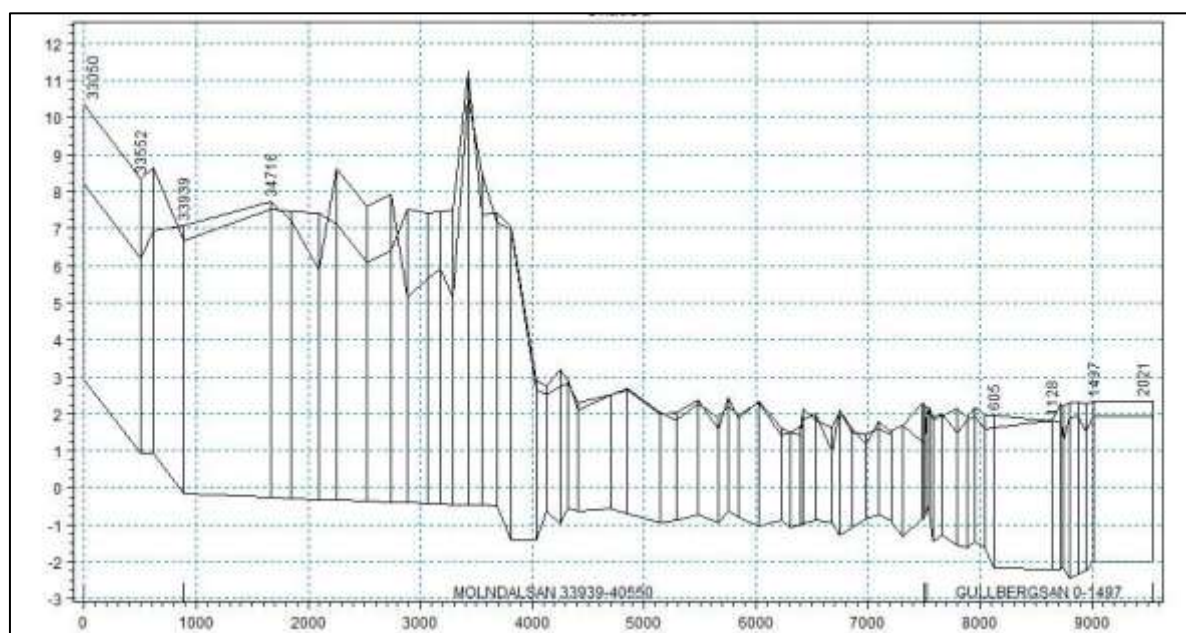
Figur 9 Översikt av vattendragen i MIKE 11 modellen för modelluppsättningen av Mölndalsån

I förhållande till MSB's modell är vattendragen konverterade till SWEREF99 12 00, för att kunna kopplas till MIKE Urban-modellen och MIKE 21-modellen. Alla tvärsnitt i vattendraget samt beskrivningen av broar och slussen i Fattighusån är baserat på modellerna från MSB och Trafikverket. Därutöver har det nya dämnet vid Gårda lagts in baserat på dimensioner av slussportarna. Det har förutsatts att dämnet är helt öppet när uppströms vattennivå är högre än nedströms, medan det är helt stängt när nedströms vattennivå är högre än uppströms. Detta bedöms vara ett rimligt antagande vid hög vattenföring i Mölndalsån. Innanför det område som MIKE 21-modellen täcker, har alla tvärsnitt blivit anpassade så de endast beskriver själva ån, medan de ursprungligt breda tvärsnitten från MSB modellen, som också beskriver terrängen i närheten av ån, har bevarats i uppströms del av Mölndalsån som ligger utanför Göteborgs kommun.

MIKE 11-modellen beskriver Mölndalsån mellan stationering 33050 och 40570 (enligt MSB:s modell) samt hela Gullbergsån, Fattighusån, Rosenlundskanal och Stora ån. I tabell 6 finns en översikt av olika utvalda stationer i MIKE 11-modellen. En längdprofil längs Mölndalsån och Gullbergsån är presenterad i figur 10.

Vattendrag	Punkt	Station	Bottennivå (RH2000)
Mölndalsån	Uppströms rand	33050	2,93
Mölndalsån	Tillopp från Stora ån	33939	-0,17
Mölndalsån	Utlopp i Gullbergsån och Fattighusån	40570	-0,82
Gullbergsån	Gårda dämnet/tillopp från Mölndalsån	0	-0,45
Gullbergsån	Gullbergsvass	882	-2,17
Gullbergsån	Utlopp i Säveån	2021	-2,01
Fattighusån	Tillopp från Mölndalsån	0	-0,82
Fattighusån	Slussen	865	-2,07
Fattighusån	Utlopp i Göta Älv	2110	-3,00
Rosenlundskanal	Tillopp från Fattighusån	0	-2,90
Rosenlundskanal	Utlopp i Göta Älv	2206	-3,00
Stora ån	Utlopp i Mölndalsån	0	0,70
Stora ån	Utlopp i Göta Älv	7974	-1,24

Tabell 6 Sammanställning av utvalda stationer längs Mölndalsån



Figur 10 Längdprofil längs Mölndalsån och Gullbergsån

3.3.3 MIKE 21

För Område C har SBK i Göteborg rektifierat byggnader i en höjdmodell, som därefter har importerats till en MIKE 21-modell, se figur 11. Denna MIKE 21-modell användes i simuleringsuppdrag 1a och 1b. Ramböll har nu byggt upp en MIKE 21-modell för hela Område B, vilken inkluderar MIKE 21-modellen för Område C. För områdena utanför Område C har byggnaderna rektifierats i höjdmodellen och därefter har den konverterats till en MIKE 21-modell. Höjdmodellen är uppbyggd utifrån SBK:s laserscanning av Göteborg som mottogs den 6 november 2013. Denna laserscanning har en upplösning på 0,5 m i plan.

MIKE 21-modellen för Område B består därmed delvis av MIKE 21-modellen för Område C och delvis av en MIKE 21-modell som Ramböll har byggt upp, se figur 11. Den uppbyggda MIKE 21-modellen för Område B har en upplösning på 4 m i plan.

Byggnaderna har rektifierats in i MIKE 21-modellen med hjälp av digital information angående de individuella husens takhöjd. Detta möjliggör för vattnet att strömma runt byggnaderna.

Skyddsbarriärerna för Tingstadstunneln och Götatunneln är inlagda i MIKE 21-modellen manuellt, eftersom viss information går förlorad när höjdinformationen konverteras från 0,5 m till 4 meters upplösning. Information angående Trafikverkets skyddsbarriärer är hämtat från "Instruktioner - Åtgärder vid högt vatten och hård vind - version 0.9 - 2012-10-01". Där beskrivs var skyddsbarriärerna finns och att de ska skydda upp till +2,4 m RH2000.



Figur 11 Översikt av MIKE 21-modellen som används vid simulering av Mölndalsån. Området som är markerat med svart är importerat från MIKE 21-modellen som användes i simuleringsuppdrag 1a och 1b för Område C. Den blå linjen visar var nedströms vattennivå kopplas till MIKE 21-modellen som ett randvillkor.

3.3.4 Kopplad modell för Mölndalsån

För modelluppsättningen för Mölndalsån kopplas MIKE Urban, MIKE 11 och MIKE 21-modellen ihop till en modell som kan utväxla vatten med varandra. Först har MIKE Urban och MIKE 21 kopplats ihop via MIKE Urban. När en simulering startas från MIKE Urban skapas de nödvändiga filerna som behövs vid simulering mellan MIKE Urban och MIKE 21. Kopplingen mellan MIKE Urban och MIKE 11 samt mellan MIKE 11 och MIKE 21 utförs från DHI programmet MIKE Zero.

När MIKE Urban kopplas till MIKE 21, måste olika kopplingsparameterar definieras för varje nedstigningsbrunn. De använda kopplingsparametrarna är presenterade i tabell 7. Därmed kan vatten från MIKE 21-modellen rinna ner i MIKE Urban modellen via dessa kopplingspunkter som är 8 x 8 m. Om vattnet dämmer upp i ledningarna i MIKE Urban-modellen kan vatten från MIKE Urban pressas upp på MIKE 21-modellen.

Parameter	Konstant
Coupling Method	Orifice Equation
Max flow	0.5 m ³ /s
Inlet Area	5 m ²
Qdh faktor	0,05
Antal kopplade celler	4 st. (4 x 4 m)

Tabell 7 Parametrar för koppling mellan MIKE Urban och MIKE 21-modellen

När MIKE Urban och MIKE 21 är sammankopplade via MIKE Urban kan kopplingsfilerna öppnas i MIKE Zero. Här definieras vilken MIKE 11-modell som ska kopplas till MIKE Urban och MIKE 21.

MIKE Urban-modellen kopplas till MIKE 11-modellen via utloppen i MIKE Urban-modellen. Alla utlopp som har vattendragen i MIKE 11-modellen som recipient är kopplade och dessa har döpts om i MIKE Urban-modellen. Före namnet på varje brunn har versalen för recipienten plus ett löpnummer lagts till. Mölndalsåns utlopp heter därmed "M01", "M02" osv., se figur 12. Detta gör det enklare att söka upp utloppen då de ska kopplas till MIKE 11-modellen. Det skapar även en bättre översikt av vilka utlopp som är kopplade eller inte.



Figur 12 Översikt av utlopp till Mölndalsån, Gullbergsån, Fattighusån och Rosenlundschanalen i MIKE Urban-modellen. Dessa utlopp kopplas till MIKE 11-modellen.

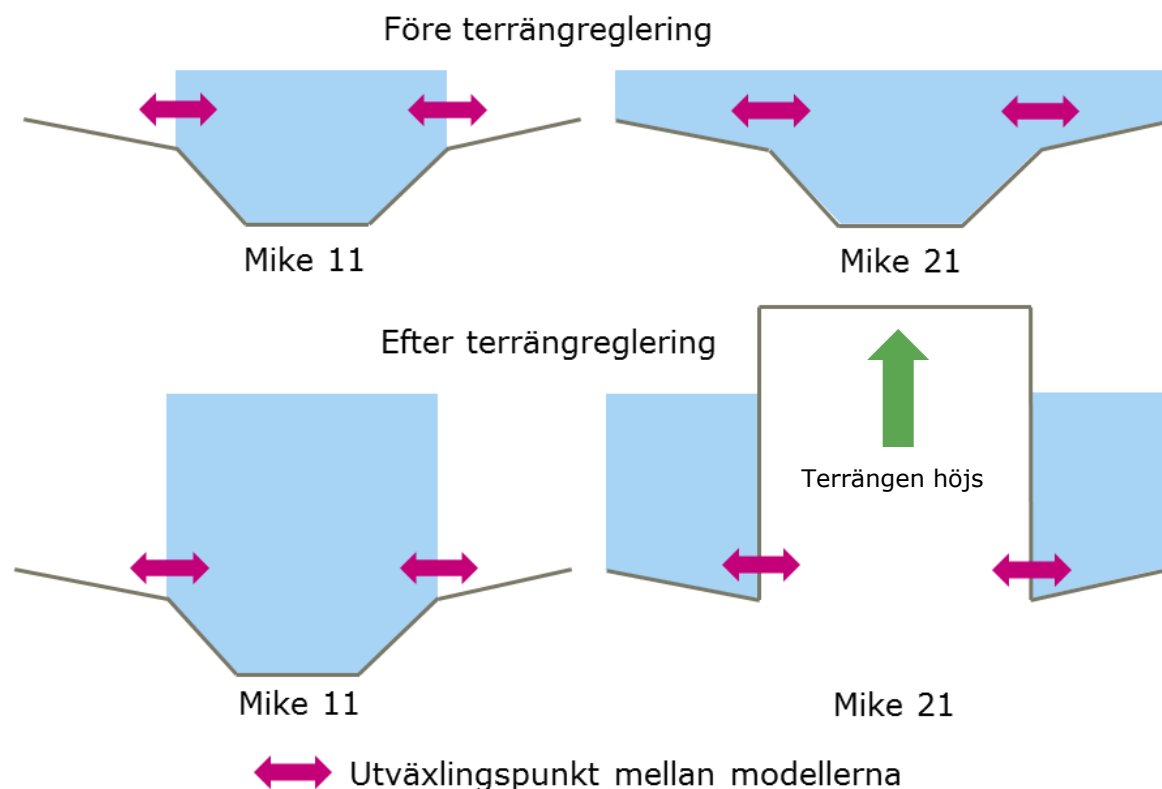
MIKE 11-modellen kopplas till MIKE 21-modellen med kopplingsceller längs vänster och högerkanten av vattendraget, sett i flödesriktningen. I MIKE Zero definieras mellan vilka stationer som de olika vattendragen i MIKE 11-modellen ska vara kopplade till MIKE 21-modellen, se tabell 8. Den del av vattendraget i MIKE 11-modellen som kopplas till MIKE 21-modellen måste ligga innanför MIKE 21-modellens avgränsningsområde. Kopplingen från Fattighusån är längs dess vänstra kant kopplade i två omgångar, eftersom den inte kan kopplas till MIKE 21-modellen där den är förbunden med Rosenlundschanalen. Gullbergsån är uppdelad i två sektioner både längs vattendragets vänstra och högra sida, eftersom det finns en lång kulvert under Olskroksmotet och här ska de två modellerna inte var ihopkopplade.

Vattendrag	Sida	Start stationer	Stop stationer
Mölndalsån	Västra	37085	40560
Mölndalsån	Östra	37085	40560
Fattighusån/ Norra Hamnkanalen	Södra	0	890
Fattighusån/Norra Hamnkanalen	Norra	927	1915
Fattighusån/Norra Hamnkanalen	Norra	0	1915
Rosenlundschanalen	Södra	10	1940
Rosenlundschanalen	Norra	10	1940
Gullbergsån	Västra	0	637
Gullbergsån	Östra	0	637
Gullbergsån	Västra	1255	2021
Gullbergsån	Östra	1255	1670

Tabell 8 Redovisning av vilka stationer som är kopplade mellan MIKE 11-modellen och MIKE 21-modellen i modelluppsättningen för Mölndalsån.

Cellerna i MIKE 21-modellen, mellan höger och vänster kant av vattendraget i MIKE 11-modellen höjs upp för att vattnet inte ska kunna lagras i MIKE 11 och MIKE 21-modellen samtidigt. Detta skulle kraftigt överskatta MIKE 11-modellens transportkapacitet och därmed underskatta över-

svämningsrisken. En principiell skiss finns i figur 13. Den översta MIKE 11-modellen visar en lägre vattennivå, eftersom vattnet i vattendraget lagras både i MIKE 11-modellen och i MIKE 21-modellen samtidigt. Vattendraget får därmed beräkningstekniskt dubbelt så stor kapacitet. För att undvika detta höjs alltså terrängen i vattendraget i MIKE 21-modellen, för att vattnet endast ska kunna lagras i MIKE 11-modellen.



Figur 13 Principiell skiss som visar hur vattnet kan sparas i MIKE 11-modellen och MIKE 21-modellen samtidigt. För att förhindra detta har terrängen i MIKE 21-modellen höjts på den ytan som MIKE 11-modellen beskriver.

Det har använts två olika typer av randvillkor för modelluppsättningen för Mölndalsån. Vattenföringen i Mölndalsån har vid Stensjön varit konstant $26 \text{ m}^3/\text{s}$. Vattennivån i utloppen till Göta Älv har varit satt till havsnivåpeaken som är beskriven i avsnitt 2. Detta gäller Rosenlundskanalen, Fattighusån/Stora Hamnkanalen och Säveån. Eftersom en del av Göta Älv är beskriven i MIKE 21-modellen har även denna haft ett randvillkor som motsvarar havsnivåpeaken, enligt figur 11. Vattennivån i Göta Älv har även haft en initial vattennivå på $+1,35 \text{ m RH2000}$ enligt beskrivning i avsnitt 2.

Modell	Beskrivning	Placering	Typ	Värde
MIKE 11	Mölndalsån	Stensjön	Vattenföring	$26 \text{ m}^3/\text{s}$
MIKE 11	Rosenlundskanalen	Göta Älv	Vattennivå	$1,35 - 2,55 \text{ m}$
MIKE 11	Fattighusån/Stora Hamnkanalen	Göta Älv	Vattennivå	$1,35 - 2,55 \text{ m}$
MIKE 11	Gullbergsåns mynning i Säveån	Göta Älv	Vattennivå	$1,35 - 2,55 \text{ m}$
MIKE 21	Göta Älv	Göta Älv	Vattennivå	$1,35 - 2,55 \text{ m}$

Tabell 9 Använda randvillkor för de sammankopplade modellerna för Mölndalsån

3.4 Sävåån

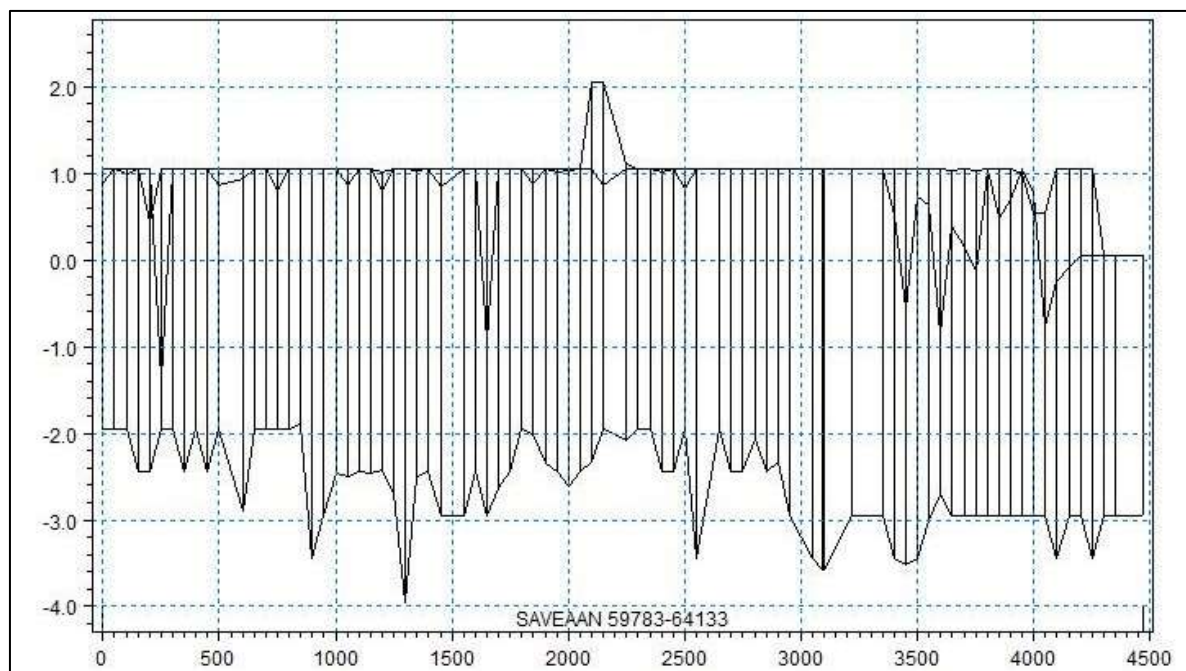
3.4.1 MIKE 11

En MIKE 11-modell för Sävåån är uppbyggd för sträckan mellan Lemmingsgatan och utloppet i Göta Älv. I modellen har samma stationsreferens använts som för MSB's MIKE 11-modell för Sävåån. MIKE 11-modellen täcker därmed sträckan från Sävåån station 59783 till 64133 som är presenterat i tabell 10.

Punkt	Station	Bottennivå (RH2000)
Lemmingsgatan	59783	-1.95
Tillopp från Gullbergsån	63900	-2.95
Utlopp i Göta Älv	64133	-2.95

Tabell 10 Sammanställning av utvalda stationer längs Sävåån

Modellen är uppbyggd utifrån uppmätt djupdata som mottogs den 6 november 2013 (DTMeko_GH88_05m_siff-110908.dwg). Tvärsnitt har lagts in för var femtionde meter av ån. Tvärsnitten är exporterade från 3D-modellen för de uppmätta djup som fanns i dwg-filen. En längdprofil av Sävåån presenteras i figur 14.



Figur 14 Längdprofil för Sävåån från öst mot väst, d.v.s Lemmingsgatan ligger till vänster i bild och utloppet i Göta älv till höger.

De importerade tvärsnitten har kompletterats med flödesbegränsande gång, väg-, tåg och spår-vägsbroar vilka är inlagda i modellen som hydrauliska strukturer, där hydraulisk förlust på grund av insnävning av vattendraget och utvidgning av tvärsnittet har medräknats.

En visuell inspektion har genomförts för hela den sträcka av Sävåån som är beskriven i MIKE 11-modellen har genomförts, se bilaga 2. Utifrån denna inspektion har de begränsande strukturerna identifierats och sedan beskrivits i modellen. Som underlag för beskrivningen har broritningar inhämtats från Trafikverket och Trafikkontoret. I tabell 11 finns en översikt av några av de inlagda strukturerna.

Bro	Station	Bottennivå (RH2000)	Bredd vinkelrätt mot flödesriktningen
E45 Gullbergsmotet	63908	-2.45	50
Kodammsbron	63580	-2.45	42
Pendeltåg och Spår- vagnsbro (3 broar)	63045	-2.80	45
Gamlestadsbron	62879	-2.95	26
Lemmingsgatan	59935	-1.95	22

Tabell 11 Sammanställning av inlagda broar längs Säveån

3.4.2 MIKE 21

För Område C har SBK i Göteborg rektifierat byggnader i en höjdmodell, som därefter har importerats till en MIKE 21-modell, se figur 15. Denna MIKE 21-modell används i simuleringsuppdrag 1a och 1b. Ramböll har nu byggt upp en MIKE 21-modell för hela Område B vilken inkluderar MIKE 21-modellen för Område C. För områden utanför Område C har byggnader rektifierats i höjdmodellen och därefter har denna konverterats till en MIKE 21-modell. Höjdmodellen är uppbyggd utifrån SBK:s laserscanning av Göteborg som mottogs den 6 november 2013. Denna laserscanning har en upplösning på 0,5 m i plan.

MIKE 21-modellen för Område B består därmed delvis av MIKE 21-modellen för Område C och delvis från en MIKE 21-modell som Ramböll har skapat, se figur 11. Den uppbyggda MIKE 21-modellen för Område B har en upplösning på 4 m i plan.



Figur 15 Översikt av MIKE 21-modellen som används vid simulering av Säveån. Området som är markerat med svart är importerat från MIKE 21-modellen som användes i simuleringsuppdrag 1a och 1b för Område C. Den blå linjen visar var nedströms vattennivå kopplas till MIKE 21-modellen som ett randvillkor

Byggnadernas har rektifierats in i MIKE 21-modellen med hjälp av digital information angående de individuella husens takhöjd. Detta gör att vattnet kan strömma runt byggnaderna.

Skyddsbarriärerna för Tingstadstunneln och Götatunneln har lagts in manuellt i MIKE 21-modellen, eftersom viss information går förlorad när höjdinformationen konverteras från 0,5 m till 4 meters upplösning. Information angående Trafikverkets skyddsbarriärer är hämtad från "Instruktioner - Åtgärder vid högt vatten och hård vind - version 0.9 - 2012-10-01". Där beskrivs var skyddsbarriärerna finns och att de ska skydda upp till +2,4 m.

3.4.3 Kopplad modell för Sävåån

MIKE 11-modellen kopplas till MIKE 21-modellen med kopplingsceller längs vänster och höger kanten av vattendraget, sett i åns flödesriktning. I MIKE Zero definieras mellan vilka stationer som de olika vattendragen i MIKE 11-modellen ska vara kopplad till MIKE 21-modellen, se tabell 12. Den del av vattendraget i MIKE 11-modellen som kopplas till MIKE 21-modellen måste ligga innanför MIKE 21-modellens avgränsningsområde.

Vattendrag	Sida	Start stationer	Stop stationer
Sävåån	Södra	59783	64133
Sävåån	Norra	59783	64133

Tabell 12 Redovisning av vilka stationer som är kopplade mellan MIKE 11-modellen och MIKE 21-modellen i modelluppsättningen för Sävåån.

Det har använts två olika typer av randvillkor för modelluppsättningen för Sävåån. Vattenföringen i Sävåån har vid Lemmingsgatan varit konstant $70 \text{ m}^3/\text{s}$. Vattennivån i utloppet till Göta Älv har satts till havsnivåpeaken som är beskriven i avsnitt 2. Eftersom en del av Göta Älv är beskriven i MIKE 21-modellen har även denna haft ett randvillkor som motsvarar havsnivåpeaken. Vattennivån i Göta Älv har även haft en initial vattennivå på $+1,35 \text{ m}$ RH2000 enligt beskrivning i avsnitt 2.

Modell	Beskrivning	Placering	Typ	Värde
MIKE 11	Sävåån	Göta Älv	Vattennivå	$1,35 - 2,55 \text{ m}$
MIKE 21	Göta Älv	Göta Älv	Vattennivå	$1,35 - 2,55 \text{ m}$
MIKE 11	Sävåån	Lemingsgatan	Vattenföring	$70 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabell 13 Använda randvillkor för de sammankopplade modellerna för Sävåån

4. KALIBRERING

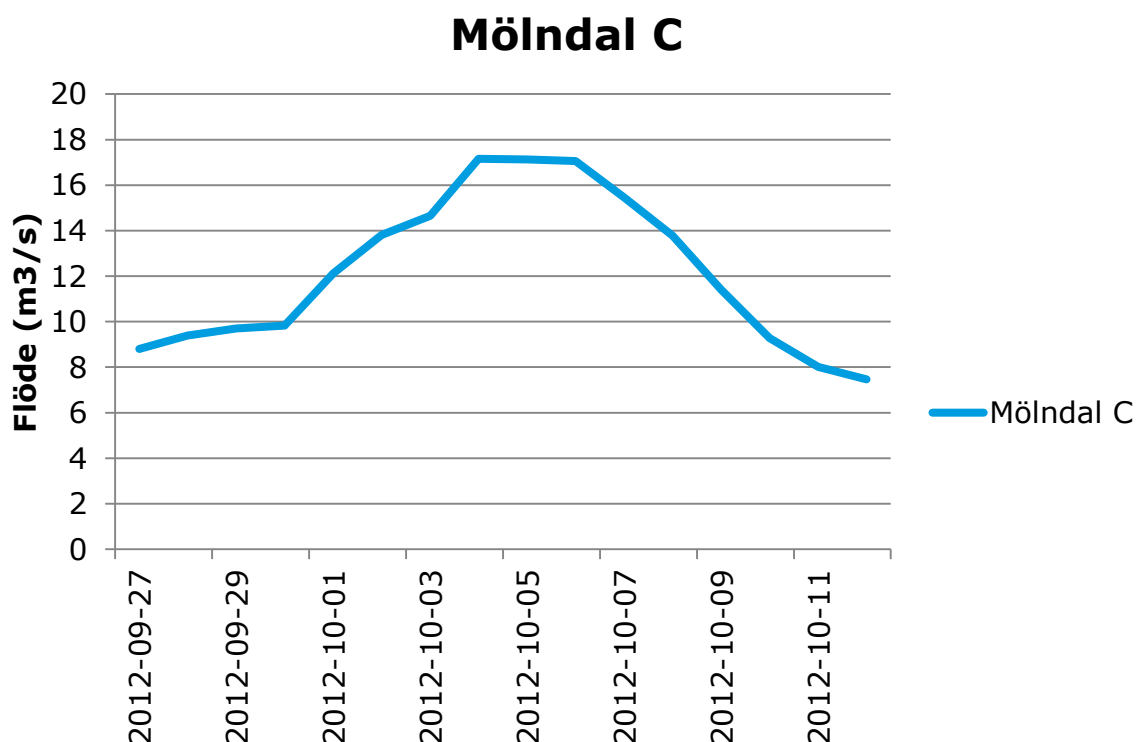
4.1 Mölndalsån

4.1.1 MIKE Urban

Avrinningsområdena i MIKE Urban-modellen är inte kalibrerade. Kalibreringen av avrinningsområdena kommer att genomföras i simuleringsuppdrag 3a, då simuleringar med modelluppsättningen för Mölndalsån ska genomföras vid regn. Från den utförda flödesmätningen i simuleringsuppdrag 1a, finns två mätpunkter vid Ullevi som kan användas för att kalibrera spillvattensystemet och det kombinerade avloppssystemet i Område B längs Mölndalsån. Det finns för tillfället inga utförda flödesmätningar i dagvattenledningarna som har Mölndalsån som recipient. Därför kalibreras spillvattensystemet och det kombinerade avloppssystemet först och deras procentuella avvikelse på andelen hårdgjorda ytor vid regn kommer att appliceras på avrinningsområdena till dagvattenledningarna. Detta görs alltså inom ramen för simuleringsuppdrag 3a.

4.1.2 MIKE 11

För MIKE 11-modellen längs Mölndalsån, Fattighusån/Stora Hamnkanalen och Gullbergsån finns både information angående flöde och vattennivå vid mindre flödeshändelser. MIKE 11-modellen är kalibrerad utifrån en flödesserie mellan den 27 september och 12 oktober i 2012. Resultaten visade god överensstämmelse mellan simulerade vattennivåer och uppmätta vattennivåer. I denna period finns en flödespeak på 17,15 m³/s. Det uppmätta flödet är använt som övre randbetingelse i MIKE 11-modellen, enligt figur 16. I figur 17 till och med figur 20 presenteras uppmätt och simulerad vattennivå och längdprofil för Mölndalsån.

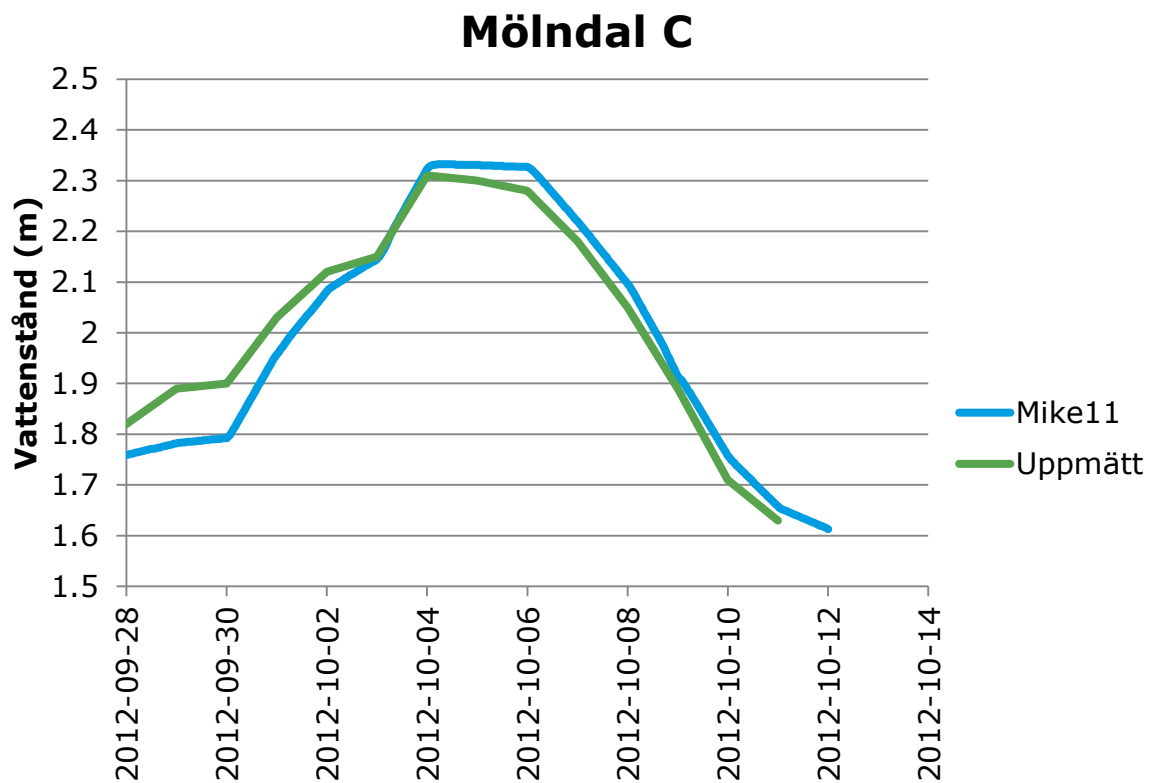


Figur 16 Uppmätt flöde vid Mölndal C mellan 27 september och 12 oktober 2012

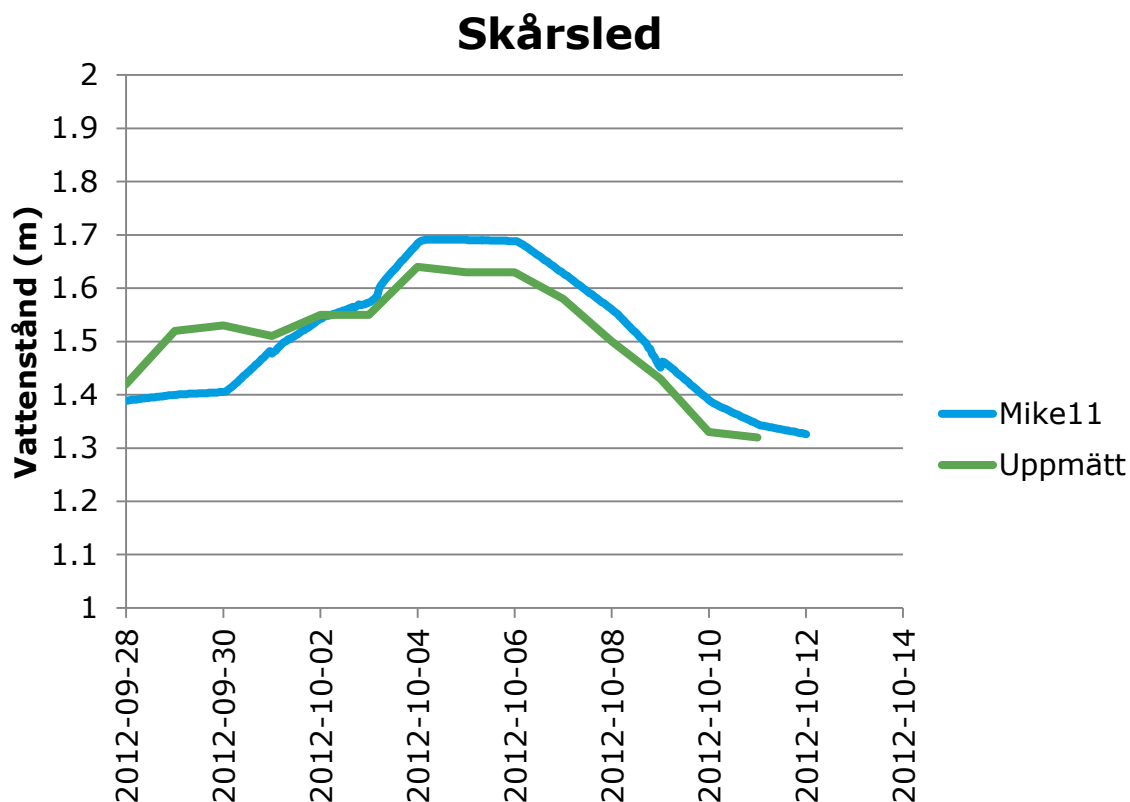
De simulerade vattennivåerna har jämförts med de uppmätta nivåerna för mätstationerna:

- Mölndal C
- Skårsled
- Levgrensvägen

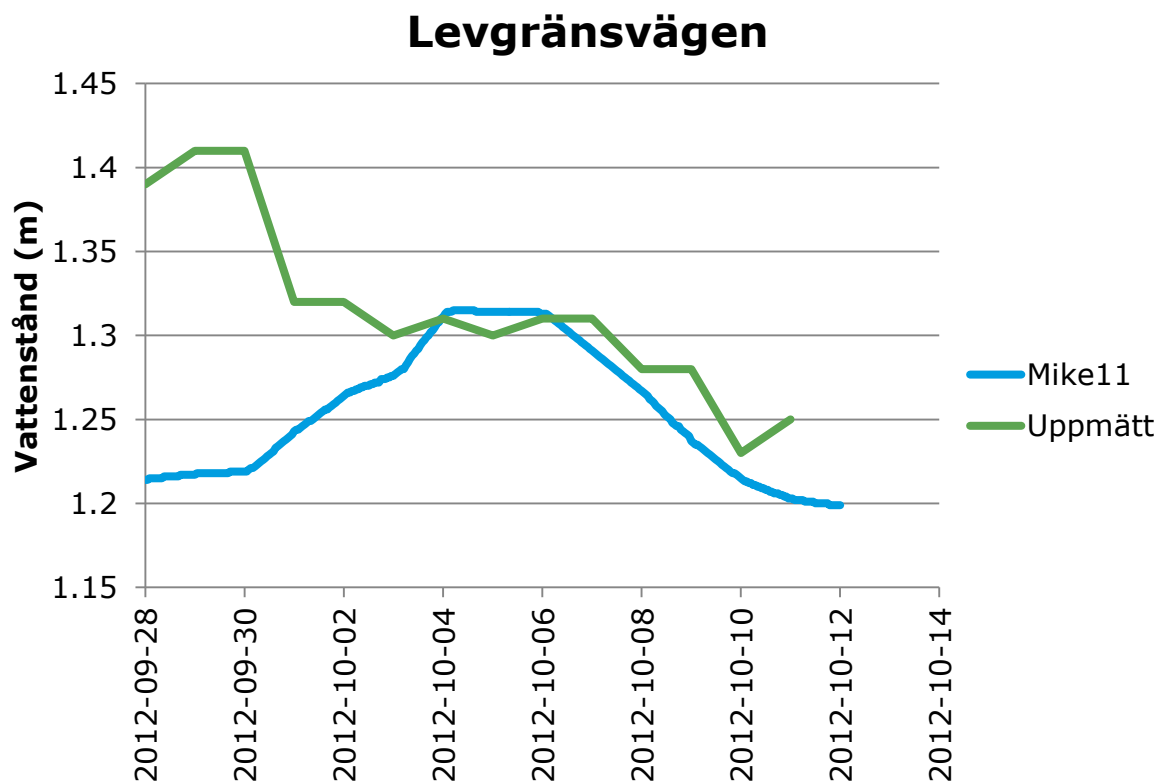
Den skillnad som observeras i starten av perioden i Levgrensvägen beror troligtvis på slussarna öppnas på grund av den stigande vattenföringen i ån och därmed sjunker vattennivån med omkring 10 cm. Utöver det är överensstämmelsen god mellan uppmätt och simulerad vattennivå.



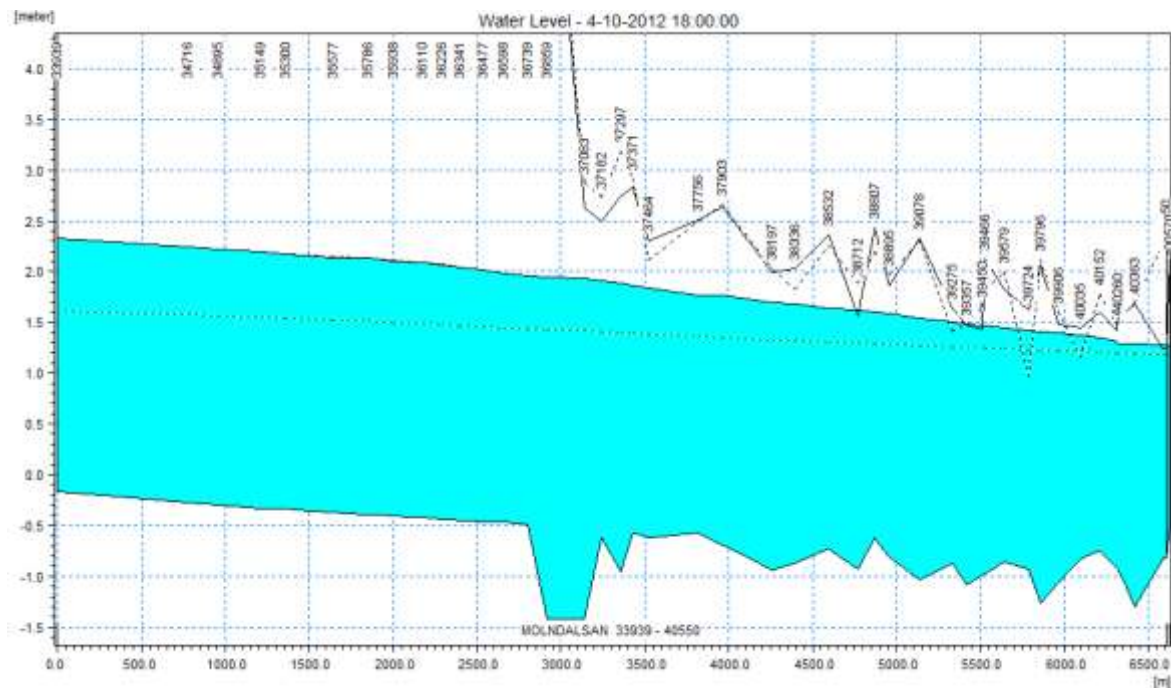
Figur 17 Uppmätt och simulerad vattennivå vid Mölndal C under kalibreringsperioden



Figur 18 Uppmätt och simulerad vattennivå vid Skårsled under kalibreringsperioden



Figur 19 Uppmätt och simulerad vattennivå vid Levgränsvägen under kalibreringsperioden



Figur 20 Längdprofil vid den maximala vattennivån (blåa fält) under kalibreringsperioden. Streckad linje= vattennivå vid start.

4.2 Säveån

För Säveån har ingen kalibrering genomförts eftersom underlag i form av vattenföring och vattennivå inte har funnits tillgänglig. Då MIKE 11-modellen är uppbyggd utifrån nyligen uppmätt djupdata och inte utifrån fastställda bottennivåer och tvärsnitt i dikningsföretagets underhållsplan eller dikningsförrättning, borde MIKE 11-modellen ha en god överensstämmelse med den verkliga ån.

5. RESULTAT

Vid scenario HQ2100PEAK översvämmas stora ytor längs hela Mölndalsån i Göteborgs kommun. Översvämningarna är som störst i de nedströms delarna av ån, men de är ändå fördelade utmed hela ån, se kartbilaga 1320001782-08-21. Längs Säveåns övre del, mellan Lemmingsgatan och Gamlestadsvägen, bildas inga omfattande översvämningar eftersom terrängen runt om ån ligger betydligt högre än ån, se kartbilaga 1320001782-08-22. Istället drabbas Marieholms industriområde av en omfattande översvämning, mellan Gamlestadsvägen/Alingsåsleden och Göta Älv. I Område B blir 270 ha översvämmat av 2,4 miljoner m³ vatten, se tabell 14. Av de totalt 125 kritiska objekten översvämmas 66 stycken, av vilka 62 stycken översvämmas över den kritiska nivån, se tabell 15.

Scenario	Översvämmad yta	Volym översvämmat vattnet
HQ2100PEAK	2 691 000 m ²	2 420 000 m ³

Tabell 14 Översvämmad yta och volym av det översvämmade vattnet i Område B

Status	HQ2100PEAK
Kritiskt översvämmad	62
Översvämmad	4
Inte översvämmad	59
Totalt	125

Tabell 15 Sammanfattning av antal översvämmade kritiska objekt

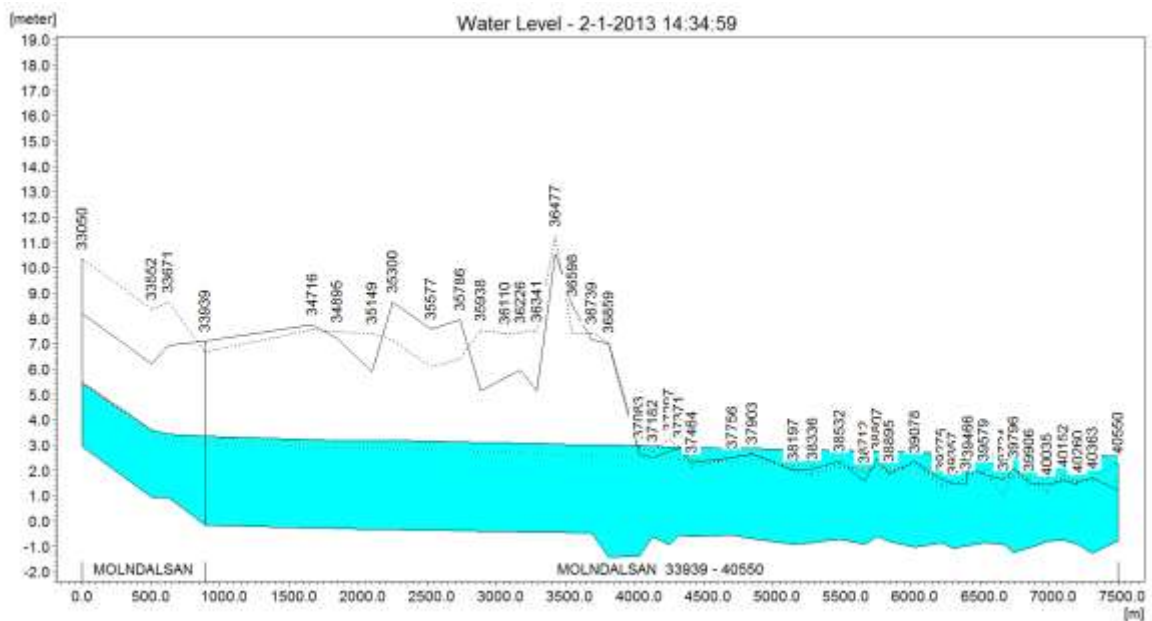
Längs Mölndalsån skapas mindre översvämningar längs Grafiska vägen, medan Mölndalsvägen på den motsatta sidan klarar sig utan översvämning. Översvämningarna på den östra sidan sträcker sig 50-100 m från Mölndalsån. Mellan Vörtgatan och Sankt Sigfridsgratan sträcker sig översvämningarna ungefär 150-200 m från ån på den östra sidan. Längs den västra sidan av ån börjar nu mindre översvämningar att förekomma längs Mölndalsvägen. I höjd med Vörtgatan sträcker sig en översvämning från åns västra kant hela vägen ner till Mölndalsvägen. Mellan Getebergsgatan och Vörtgatan klarar sig den västra sidan från översvämningar, medan den östra sidan översvämmas upp till 150 m från ån.

Mellan Örgrytevägen och Getebergsgatan översvämmas en stor del av den nedre delen av Liseberg. Översvämningarna täcker hela Lisebergsteatern och kaninlandet. På den östra sidan sträcker sig översvämningarna upp till Balder. Mellan Vallhallagatan och Örgrytevägen sträcker sig översvämningen upp till väggen mot Valhallabadet och på den östra sidan sträcker sig översvämningarna 100-150 m upp längs lokalvägarna. Mellan Ullevigatan och Vallhallagatan översvämmas fotbollsplanen och friidrottsanläggningen längs åns västra sida. Det bildas också översvämningar mellan Ullevi och Mölndalsån, men de är inte särskilt djupa. Översvämningarna sträcker sig 100-150 m bort från ån längs den östra sidan. Översvämningarna omringar SOS larmcentral vid Åvägen. Djupa översvämningar bildas på Åvägen, Drakevägen och Fabriksgatan runt larmcentralen. Även gång- och cykeltunneln under Ullevigatan översvämmas strax öster om Mölndalsån.

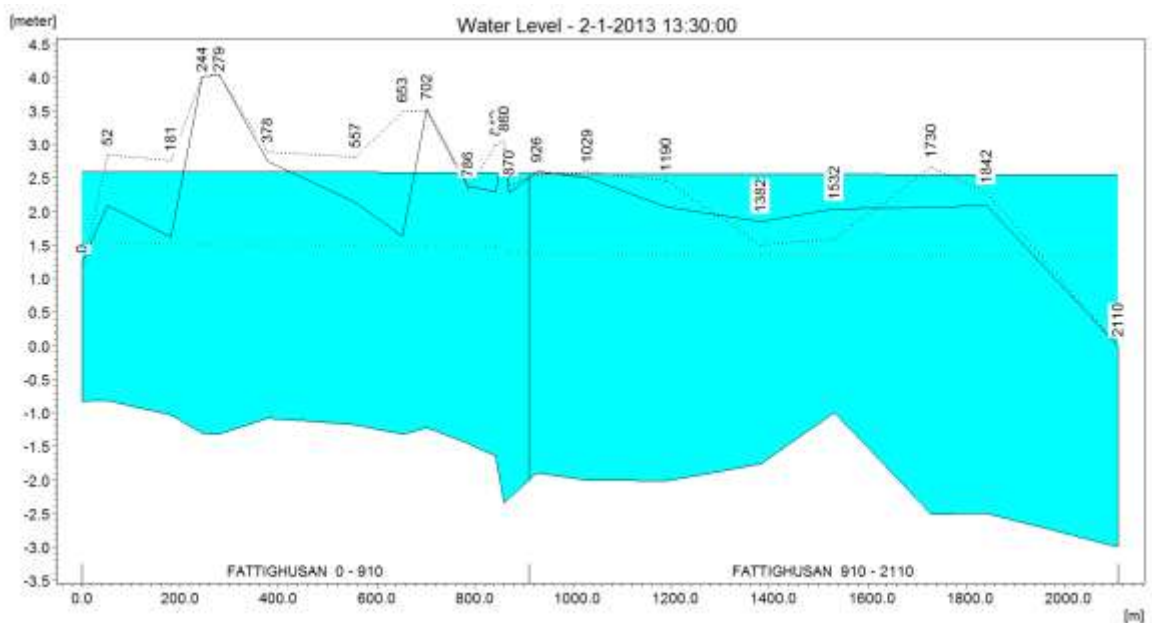
Längs Säveån bildas begränsade översvämningar längs ån mellan Lemmingsgatan och Gamlestadsvägen. Det enda anmärkningsvärda är att nedströms delen av ån väster om Brodalen översvämmas, men detta är ett naturområde och inga byggnader drabbas av översvämning. Det är istället Marieholms industriområde som drabbas av omfattande översvämningar mellan Gamlestadsvägen/Alingsåsleden och Göta Älv. I princip hela området drabbas av minst en översvämning på 10-20 cm, men i stora delar av området är översvämningen djupare än 1 m. Den primära orsaken till översvämningen i området är att de största delarna av Marieholms industriom-

råde ligger under den framtida extremvattennivån på +2,55 m RH2000. Pumpstationen vid Kodammarna blir översvämmad liksom Tingstadstunneln.

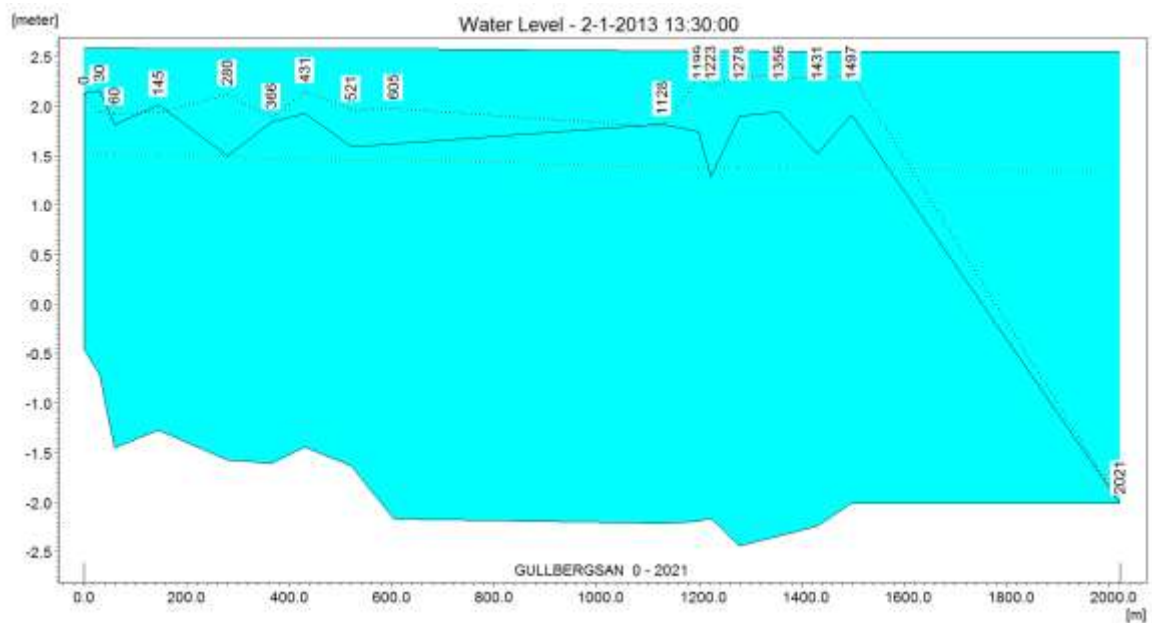
Gradienten på vattennivån i både Mölndalsån och Säveån är relativt liten, vilket betyder att översvämningarnas omfattning styrs till stor del av vattennivån i recipienten, se figur 21 till och med figur 24. Även gradienten på vattennivån i Fattighusån och Gullbergsån är liten.



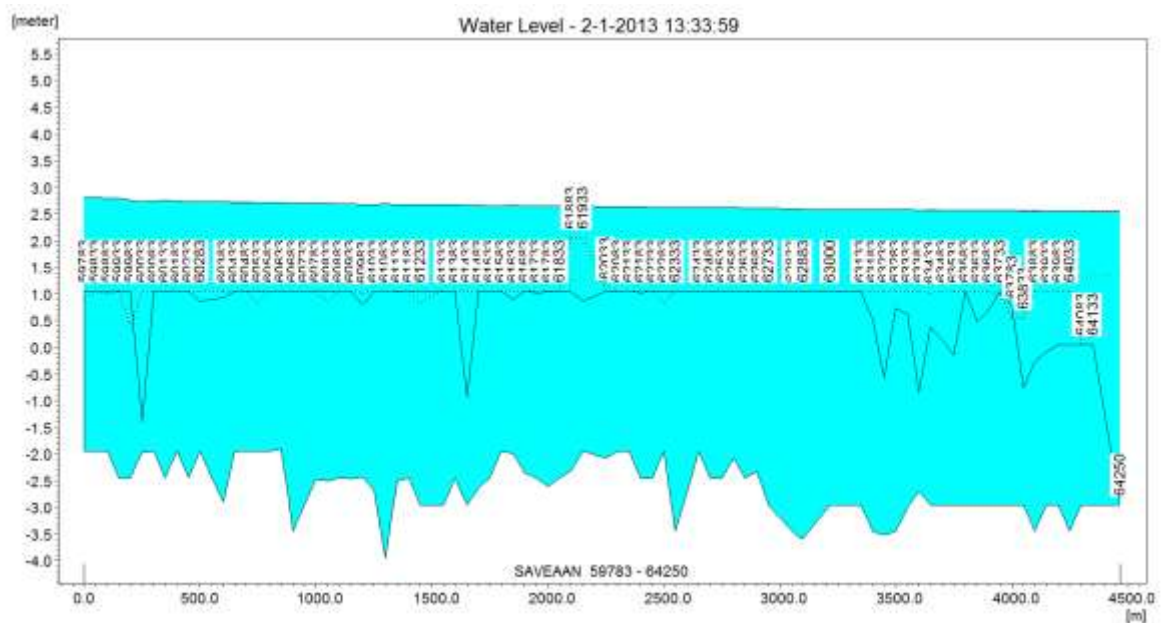
Figur 21 Längdprofil längs Mölndalsån vid den maximala vattennivån (blåa fält) under HQ2100PEAK. Streckad linje= vattennivå vid start.



Figur 22 Längdprofil längs Fattighusån/Stora Hamnkanalen vid den maximala vattennivån (blåa fält) under HQ2100PEAK. Streckad linje= vattennivå vid start.



Figur 23 Längdprofil längs Gullbergsån vid den maximala vattennivån (blåa fält) under HQ2100PEAK. Streckad linje= vattennivå vid start



Figur 24 Längdprofil längs Såveån vid den maximala vattennivån (blåa fält) under HQ2100PEAK. Streckad linje= vattennivå vid start.

6. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Längs Mölndalsån skapas översvämningar i de låglänta områdena runt ån. Översvämningarna sträcker sig mellan 50-200 m från ån och båda sidorna av ån drabbas på olika ställen längs ån. Byggnader och lokalvägar omkring Mölndalsån översvämmas och flera av broarna över ån kan inte användas eftersom vägarna är översvämmade.

Längs Säveån skapas de största översvämningarna på Marieholms industriområde, mellan Gamlestadsvägen/Alingsåsleden och Göta Älv. Den primära orsaken till att detta område översvämmas är att terrängen här till största delen ligger under den framtida extremvattennivån på +2,55 m RH2000.

Resultaten av detta scenario visar att gradienten vid den maximala vattennivån i Mölndalsån, Fattighusån/Stora Hamnkanalen och Gullbergsån och Säveån är liten, vilket innebär att översvämningarnas omfattning avgörs primärt av vattennivån i Göta älv trots högvattenföring i vattendragen. Mindre områden längs Mölndalsån och delar av Marieholms industriområde drabbas av översvämningar redan innan vattennivån stiger till den framtida extremnivån i Göta Älv, men i övrigt är det vattennivån i Göta Älv som styr översvämningarnas omfattning i detta scenario.

I modelluppsättningen för Mölndalsån genererar en avloppsledning vatten i MIKE Urban och MIKE 21-kopplingen. Det rör sig om ca. 800 l/s, vilket för nuvarande simuleringsuppdrag kan ses som försumbart för resultatet. Detta kommer dock ha större betydelse för resultatet i simuleringsuppdrag 3a och då behöver en lösning hittas för detta fel. Supporten på DHI är underrättad och arbetar för att hitta en lösning.

7. REKOMMENDATIONER

Analysen av översvämmade objekt kan vara missvisande om det kritiska objektet är stort. Till exempel översvämmas SOS larmcentralen fullständigt, men den pekas inte ut i analysen eftersom koordinaten för det som ett kritiskt objekt är placerat mitt på byggnaden och inte på gatan utanför larmcentralen där översvämningen uppkommer. Därför rekommenderas att koordinaten för de stora kritiska objekten flyttas så den har möjlighet att visas som översvämmad om det finns en översvämning runt huset som innehåller ett kritiskt objekt.

Den digitala informationen angående markanvändning i Göteborgs kommun är grovt indelad. Därför överskattas andelen hårdgjorda ytor och naturområden underskattas. Detta bör tas i beaktande vid den framtida Cost-Benefit analysen. Eventuellt bör en känslighetsanalys utföras, där inflytandet av fördelningen mellan olika markanvändning analyseras.

BILAGA 1

REDOVISNING AV KRITISKA OBJEKT

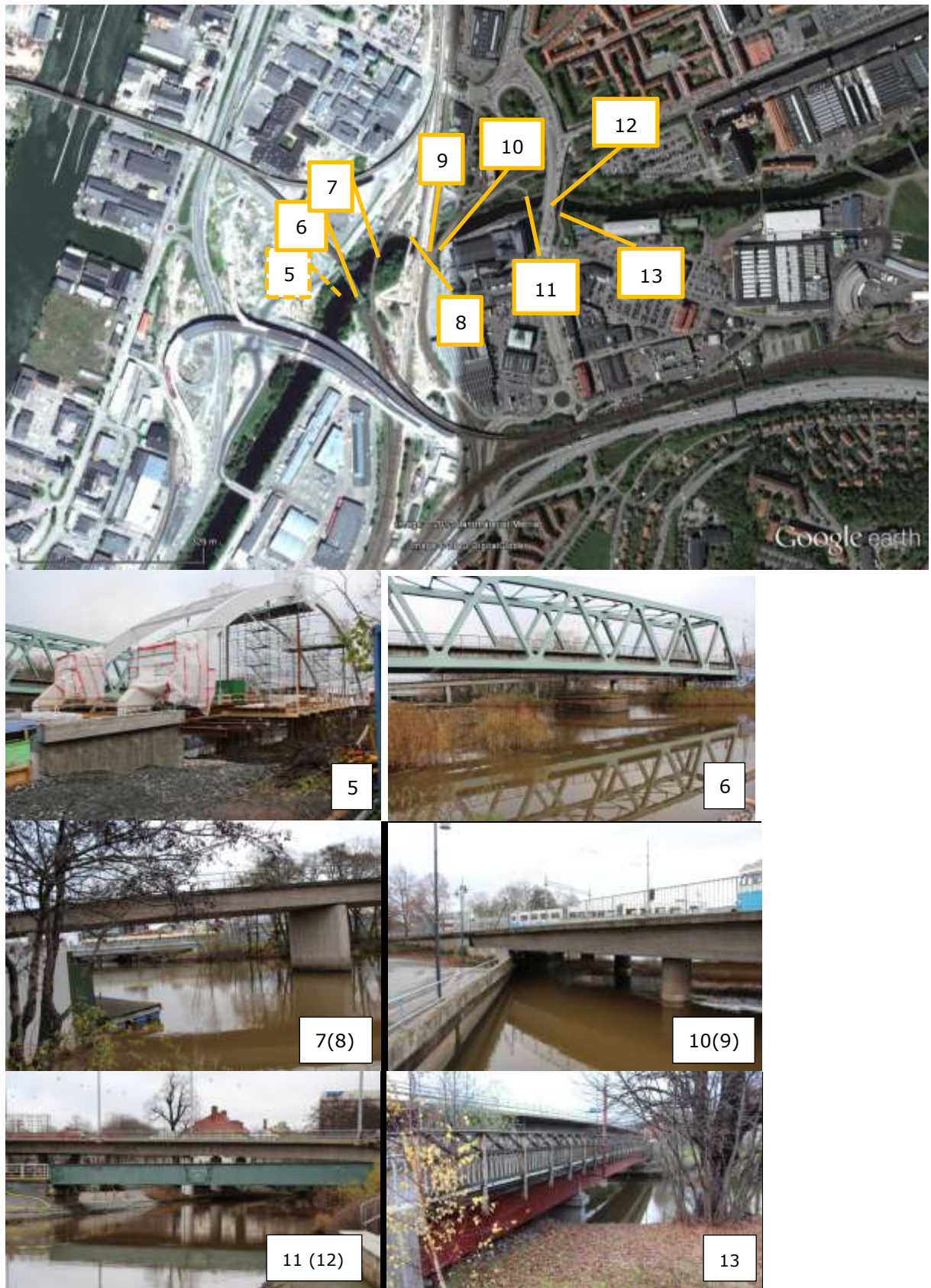
BILAGA 2

INVENTERING AV BROAR ÖVER SÄVEÅN

I november 2013 genomförde Ramböll en visuell inventering av broar och andra strukturer längs med Säveån, från mynningen i Göta älv upp till järnvägsbron i höjd med Utby, Österlyckan. Inventerade delsträckor 1-5 med numrering av broar/strukturer visas i Figur 25 - Figur 29.



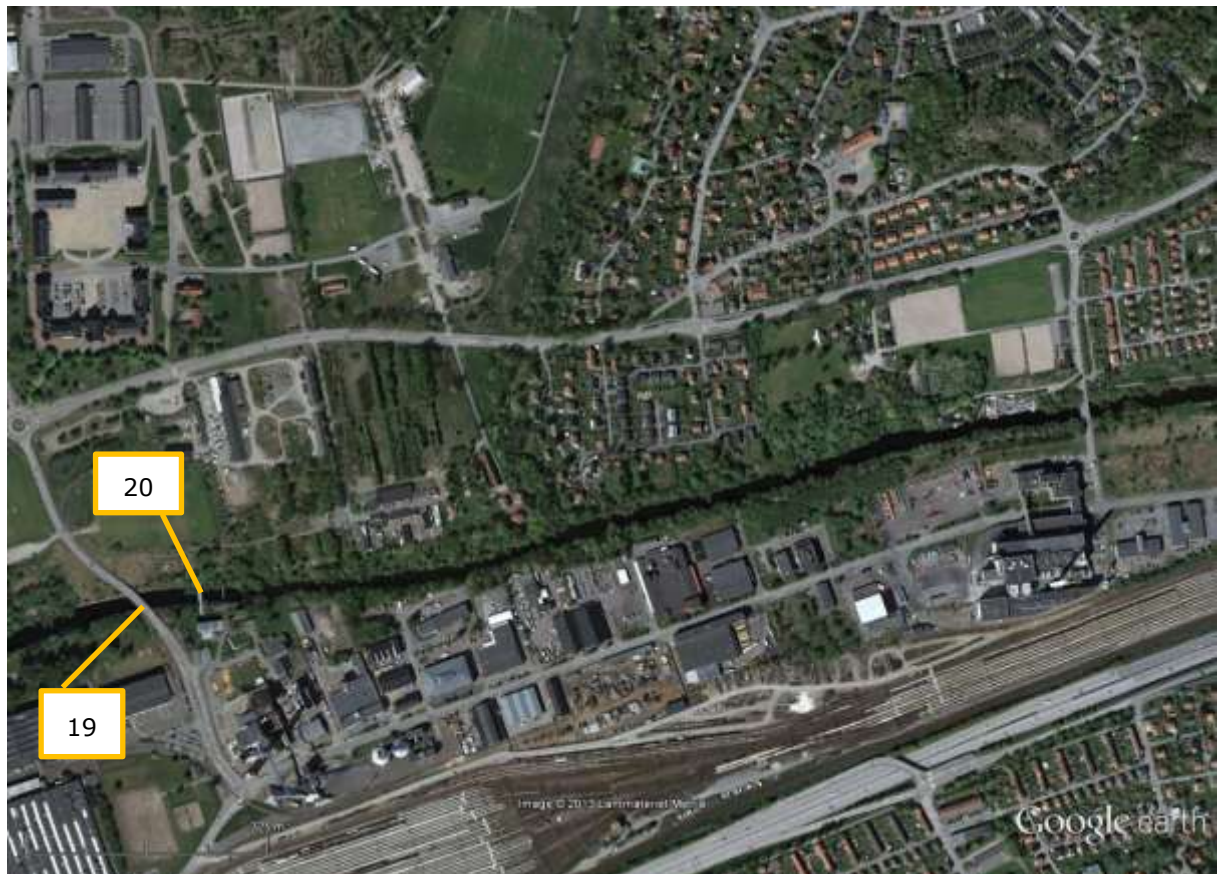
Figur 25. Inventering av broar längs Säveån, delsträcka 1. 1) Vägbro Gullbergs strandgata. 1b) Trol. tidigare brofundament. 2) Vägbro E45 Gullbergsmotet. 3) Vägbro Kodammsbron. 4) Vägbro Röde orm



Figur 26. Inventering av broar längs Sävån, delsträcka 2. 5) Ny järnvägsbro? 6) Järnvägsbro 1. 7) Järnvägsbro 2. 8) Pendeltågsbro. 9) Spårvägsbro 1. 10) Spårvägsbro 2. 11) Gång och cykelbro "Gamlestadsbro". 12) Vägbro Gamlestadsvägen. 13) Gång och cykelbro, träbro.



Figur 27. Inventering av broar längs Säveån, delsträcka 3. 14) Gångbro SKF. 15) Vägbro Schönfeltsgatan SKF. 16) Vägbro SKF. 17) Gångbro ledningar SKF. 18) Utlöpp?



Figur 28. Inventering av broar längs Säreån, delsträcka 4. 19) Vägbro Kvibergs broväg. 20) Ledningsbro.



Figur 29. Inventering av broar längs Säveån, delsträcka 5. 21) Vägbro Lemmingsgatan. 22) Järnvägsbro Utby Österlyckan.

Utgående från inventeringen valdes de broar ut som primärt bedömdes ha betydande effekt på flöde och dämning (i en högflödessituation) och därmed effekt på simuleringarna av översvämningar längs Säveån. Främst är det lägre broar med flera och/eller kraftiga brofundament som står i å-fåran som är viktiga att implementera i modellen.

Broritningar eftersöktes i Trafikverkets databas BaTMan samt hos Trafikkontoret, Göteborg Stad. Relevant information om höjder och dimensioner kunde hittas för följande broar, vilka har implementerats i modellen:

1, 2, 3, 10, 11 och 21

Pendeltågs- och spårvägsbroarna nr 8, 9 och 10 i Gamlestaden ligger väldigt tätt och det var mycket svårt att i fält komma intill och se hur det faktiskt ser ut med fundamenten under respektive bro. Eftersom dessa 3 broar ligger tätt och tillsammans utgör ett hinder för flödet så har de lagts in som en samlad struktur i modellen. Då ritningar saknats avseende bro nr 8 och 9 (förutom landfästena för bro nr 9) har information om höjder och dimensioner i stället uppskattats från foton som togs i samband med inventeringen.

Under järnvägsbro nr 6 finns gamla brofundament från en tidigare bro av betydande storlek mitt i ån som utgör ett hinder för flödet. Eftersom inga ritningar har kunnat hittas så har dimensioner i stället uppskattats från foton som togs i samband med inventeringen.

Vid det pågående bygget med järnvägsbro nr 5 sågs två grupper med ett 10-tal träpålar nedslagna i å-fåran. Dessa bedömdes vara av tillfällig karaktär under byggnationen och troligtvis kommer inga fundament att finnas i vatten när bron är klar. Därför gjordes bedömningen att det är den strax uppströms belägna bro nr 6 med tillhörande äldre fundament som utgör begränsande tvärsnitt här.

För att få bättre kunskaper om broarna nr 5, 6, 8 och 9 rekommenderas inmätning. Detta har dock inte ingått i föreliggande studie.

Övriga inventerade broar och strukturer har bedömts ha ringa eller underordnad betydelse för simulering av översvämningar längs Säveån. Om modellen längre fram används i andra syften än övergripande översvämningsberäkningar så kan dock situationen vara en annan och en ny värdering av strukturer och ev utlopp/tillflöden kan behövas.