



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Översvämningskartering utmed Fyrisån

**Med detaljerad översvämningskartering för det
identifierade området med betydande
översvämningsrisk, Uppsalaområdet**

Sträckan från Vattholma till utloppet i Mälaren

2022-06-03

Arbetet är utfört på uppdrag av
Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 651 81 Karlstad, Tel 0771-240 240,
av Norconsult AB, Box 8774, 402 76 Göteborg, Tel 010-141 80 00

Att mångfaldiga det innehåll i denna rapport som tillhör Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, helt eller delvis, är tillåtet förutsatt att MSB anges som källa.

Lantmäteriet har rättigheterna till bakgrundskartorna i rapporten.

MSB diariennr MSB 2013-02653
Konsult ärendenr 1080250

Innehållsförteckning

| | |
|--|-----------|
| Innehållsförteckning | 4 |
| 1. Inledning | 7 |
| 2. Allmänt om översvämningsskartering | 8 |
| 2.1 Flöden och återkomsttid | 8 |
| 2.2 Uppdatering av den översiktliga översvämningsskarteringen | 9 |
| 2.3 Framtagning av nya detaljerade översvämningsskartering för Alingsås och Göteborgsområdet..... | 10 |
| 2.4 Användning av översvämningsskarteringen | 10 |
| 2.5 Immateriella rättigheter | 10 |
| 3. Beräkningar - förutsättningar och genomförande..... | 11 |
| 3.1 Beräkning av flöden | 11 |
| 3.2 Modellbeskrivning av vattendraget..... | 13 |
| 3.3 Hydrauliska beräkningar..... | 14 |
| 3.3.1 Antaganden..... | 14 |
| 3.3.2 Kalibrering..... | 15 |
| 3.4 Framtagning av översvämningsskartering | 15 |
| 4. Resultat | 16 |
| 4.1 Modell- och vattenståndsberäkningar | 16 |
| 4.1.1 50-årsflöde för de detaljerade områdena..... | 16 |
| 4.1.2 100-årsflöde..... | 16 |
| 4.1.3 200-årsflöde | 16 |
| 4.1.4 Beräknat högsta flöde | 17 |
| 4.2 Diskussion | 17 |
| 5. Litteraturförteckning | 19 |
| Bilaga 1: Beskrivning av översvämningsskikt producerade med endimensionell (1D) hydraulisk modell som levereras i digitalt format | 20 |
| ArcGIS format: | 21 |
| Bilaga 2: Detaljerad översvämningsskartering för identifierat område med betydande översvämningsskikt. Skartering utförd med tvådimensionell (2D) hydraulisk modell. | 22 |
| Bilaga 3: Kartor med utbredningsområden för hela vattendraget, skartering med både endimensionell och tvådimensionell hydraulisk modell. | 23 |
| Bilaga 4: Kompletta flödestabeller..... | 31 |

Till denna rapport hör GIS-skikt där översvämningszonerna finns i format för ArcGIS för GIS-användning. GIS-skikten laddas ner via översvämningsportalen <https://gisapp.msb.se/apps/oversvamningsportal/>

Sammanfattning

Norconsult AB har av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) fått en beställning av en uppdaterad översvämningskartering av Fyrisån.

Kartläggningen är detaljerad och kan användas för planering av räddningstjänstens insatsarbete och som underlag vid kommunens riskhantering och samhällsplanering.

Slutprodukten är GIS-skikt med översvämningszoner vid 100-årsflöde, 200-årsflöde och beräknat högsta flöde (BHF). För Uppsala som har identifierats enligt förordningen (2009:956) om översvämningsrisker finns också skikt med översvämningszoner för 50-årsflödet, 100-årsflödet och 200-årsflödet har anpassats till förväntade flöden vid slutet av seklet.

BHF-flödet är beräknat enligt Flödeskommitténs riktlinjer för dammdimensionering (dammar i Flödesdimensioneringsklass 1) [2].

Översvämningszonerna levereras som kartsikt i digital form för hantering i Geografiska InformationsSystem (GIS). Kartsikten levereras i format för ArcGIS.

Ur tvärsektionsfilen kan information om nivåer för vattenstånd för respektive flöde utläsas för de delar av vattendraget som karteras med endimensionell modell (1D-modell).

För den enligt förordningen (2009:956) om översvämningsrisker identifierade tätorten har en tvådimensionell modell använts (2D-modell). Uppgifter om vattenstånd, flödesriktning samt vattenhastighet för respektive flöde anges i en rasterfil.

Alla skikt levereras i koordinatsystemet SWEREF99 och i höjdsystemet RH2000.

Den hydrauliska beräkningsmodell som tas fram under karteringsarbetet kan användas under en pågående översvämningsberäkning för att beräkna aktuella vattenståndsnivåer för kritiska områden utmed vattendraget.

1. Inledning

Rapporten innehåller de enligt förordningen (2009:956) om översvämningsrisker detaljerade hotkartorna för den identifierade tätorten med betydande översvämningsrisk, Uppsala. Rapporten innehåller även den för vattendraget uppdaterade översiktliga översvämningskarteringen.

Översvämningskarteringen omfattar enbart naturliga flöden, det vill säga inte flöden uppkomna genom till exempel dammbrott och isdämningar. I arbetet med översvämningskarteringen ingår normalt inga inmätningar i fält, utan som underlag till arbetet används tillgängliga högflödesuppgifter, tillgängligt kartmaterial samt insamlade beskrivningar och ritningar över framför allt broar och dammar. De vattennivåer som erhålls ur de hydrauliska beräkningarna läggs ut på en digital höjdmodell och översvämningsens utbredning skapas. Utbredningarna redovisas som ett separat skikt för varje flöde. För karteringen av Fyrisån har platsbesök med ekolodning genomförts längs med vattendraget på sträckan Ulva kvarn till Kvarnfallet.

Karteringsarbetet består av flera delmoment som omfattar flödesberäkningar, hydrauliska modellberäkningar och GIS-hantering. Flödesberäkningarna har utförts av SMHI. De hydrauliska beräkningarna och GIS-arbete har utförts av Jacob Friman. Magnus Jewert har samordnat projektet och svarat för rapporten.

2. Allmänt om översvämningsskartering

För att kunna beräkna vattennivåer och utbredningen av en översvämning för ett flöde med en viss återkomsttid används en hydraulisk beräkningsmodell. Modellen innehåller information om flöden, höjddata och strukturer i vattendraget såsom broar och dammar samt andra fysiska strukturer som påverkar vattnets rörelser. Modellen innehåller också uppgifter om vattendragets övriga egenskaper som lutning och bottenfriktion samt landskapets topografi, geometri och friktion. Slutligen kalibreras modellen mot tidigare mätningar av vattenstånd och vattenföring.

Kartläggning av översvämmat område sker med hjälp av GIS. I skarteringen används Lantmäteriets digitala höjddata (Höjddata, grid 1+) [1] för beskrivning av topografin. Vattennivåerna längs hela vattendragssträckan interpoleras fram mellan tvärsektionerna. Genom att jämföra nivåer hos den simulerade vattenytan med nivåer i Höjddata, grid 1+ får man fram det översvämmade området.

2.1 Flöden och återkomsttid

Som mått på översvämningssrisken används ofta begreppet återkomsttid, vilket betecknar den genomsnittliga tiden mellan två översvämningar av samma omfattning. Begreppet återkomsttid ger dock en falsk känsla av säkerhet, eftersom det anger sannolikheten för ett enda år och inte den sammanlagda sannolikheten för en period av flera år.

Tabell 1 visar den sammanlagda sannolikheten för att ett flöde med en viss återkomsttid ska överskridas under en längre tidsperiod. Ett flöde med återkomsttiden 100 år har till exempel 40 procent sannolikhet att inträffa under en 50-årsperiod och ett flöde med återkomsttiden 10 000 år har 1 procent sannolikhet att inträffa under en 100-årsperiod.

Tabell 1

Sannolikhet för ett visst flöde uttryckt i procent under en period av år.

| Flöde | Period av år | | | | | |
|-----------------|--------------|-------|--------|--------|--------|----------|
| | 10 år | 50 år | 100 år | 200 år | 500 år | 1 000 år |
| 20-årsflöde | 40 | 92 | 99 | 100 | 100 | 100 |
| 50-årsflöde | 18 | 64 | 87 | 98 | 100 | 100 |
| 100-årsflöde | 10 | 40 | 63 | 87 | 99 | 100 |
| 200-årsflöde | 5 | 22 | 39 | 63 | 92 | 99 |
| 1 000-årsflöde | 1 | 5 | 10 | 18 | 39 | 63 |
| 10 000-årsflöde | 0,1 | 0,5 | 1 | 2 | 5 | 9,5 |

Det är svårt att beräkna flöden med mycket långa återkomsttider (1 000 år eller mer) och osäkerheten blir stor. Normalt finns det mindre än 100 års observationer att utgå ifrån och i reglerade system är de observerade vattenföringsserierna kortare.

Översvämningsskartorna har producerats för tre nivåer samt en fjärde nivå för Uppsala. Dessa nivåer motsvarar ett flöde med 100 års återkomsttid (100-årsflödet), 200 års återkomsttid (200-årsflödet) respektive beräknat högsta flöde (BHF-flödet). För tätorten Uppsala har även ett flöde med 50 års återkomsttid (50-årsflödet) använts.

100-årsflödet och 200-årsflödet har klimatanpassats för den flödessituation som förväntas gälla vid slutet av seklet.

Beräkning av 50-årsflöde, 100-årsflöde och 200-årsflöde görs normalt genom statistisk analys av observerade vattenföringsserier.

När det gäller beräknat högsta flöde blir en sådan uppskattning alltför osäker då det inte finns tillgång till tillräckligt långa observationsserier. Istället har framtagning av beräknat högsta flöde skett i enlighet med Flödeskommitténs riktlinjer för dammdimensionering (dammar i Flödesdimensioneringsklass I, nedan benämnt FDK I), [2], beräknat i en hydrologisk modell. Beräkningen bygger på en systematisk kombination av kritiska faktorer som bidrar till ett flöde (regn, snösmältning, hög markfuktighet, högt vattenstånd i sjöar samt magasinsfyllning i reglerade vattendrag). Någon återkomsttid kan inte anges för detta flöde, den ligger dock i storleksordningen cirka 10 000 år.

2.2 Uppdatering av den översiktliga översvämningsskarteringen

Sedan de översiktliga översvämningsskarteringarna framställdes har en rad olika förutsättningar ändrats samtidigt som efterfrågan på översvämningsskarteringar har ökat. Efter att Klimat- och sårbarhetsutredningen presenterades har ett omfattande arbete pågått med att anpassa samhället till ett förändrat klimat, bland annat har nya klimatscenarier och modeller utvecklats. En detaljerad höjddata (Höjddata, grid 1+) har tagits fram för det karterade området och har använts i arbetet. De hydrauliska modellerna har förbättrats vilket ger noggrannare resultat. Kompletterande underlag har hämtats in i form av ekolodad bottendata för sträckan från Ulva kvarn till Kvarnfallet.

För karteringen av Fyrisån har en endimensionell modell använts förutom för Uppsala där en tvådimensionell modell har använts. De endimensionella sträckorna karteras med ett 100-årsflöde, 200-årsflöde och det beräknade högsta flödet. 100-årsflödet och 200-årsflödet har klimatanpassats för den flödessituation som förväntas gälla vid slutet av seklet. För den tvådimensionella sträckan karteras också ett 50-årsflöde för dagens klimat.

2.3 Framtagning av nya detaljerade översvämningsskartor för Alingsås och Göteborgsområdet

Fyrisån rinner genom tätorten Uppsala för vilka en detaljerad översvämningsskartering har framställts med en tvådimensionell modell.

Flöden för vilka utbredningsområden skarteras är i detta fall 50-årsflöde (dagens klimat), 100-årsflöde (klimatanpassat), 200-årsflöde (klimatanpassat) och beräknat högsta flöde (dagens klimat).

Den tvådimensionella modellen beräknar vattennivåer och utbredning i ett rutnät. Resultatet presenteras i en rasterfil (se bilaga 2). Rasterfilen innehåller även information om vattendjup och vattenhastighet.

2.4 Användning av översvämningsskarteringen

Kartläggningen är detaljerad och kan användas för insatsplanering av räddningstjänstens arbete och som underlag vid kommunens riskhantering och samhällsplanering.

Den hydrauliska datamodellen kan användas under en pågående översvämning. Den kalibreras efter de aktuella flödena så att vattenstånd för den pågående översvämningen kan beräknas för det kritiska området utmed vattendraget.

100-årsflödet och 200-årsflödet har anpassats till ett förväntat klimat vid slutet av seklet vilket måste tas hänsyn till vid användning av informationen.

2.5 Immateriella rättigheter

MSB har upphovsrätt till de av MSB framtagna översvämningsskarteringarna som skyddas av upphovsrättslagen (1960:729). Innehållet i rapporten och GIS-skikt får mångfaldigas, helt eller delvis, förutsatt att MSB anges som källa. Allt ansvar vid nyttjandet av rapporterna och GIS-skikten vilar på användaren.

Rättigheter till underlagskartor i rapporten tillhör Lantmäteriet och får inte nyttjas utan Lantmäteriets tillstånd.

3. Beräkningar - förutsättningar och genomförande

3.1 Beräkning av flöden

Flöden för respektive återkomsttid beräknas med hjälp av flödesdata från en hydrologisk station i vattendraget eller med modellberäknade flödesdata.

50-årsflödet, 100-årsflödet och 200-årsflödet

SMHI förvaltar ett rikstäckande observationsnät med hydrologiska stationer för vilka historiska flödes- och vattenståndsserier har tagits fram. Flöden med en återkomsttid på 50, 100 och 200 år har tagits fram med individuella beräkningar för varje plats och bygger på frekvensanalys av vattenföringsserierna från stationsnätet. Saknas mätstation i det karterade vattendraget har statistik från närbelägna stationer i liknande vattendrag använts. Beräkningsmetodiken uppfyller kraven som ställs på dimensioneringsunderlag för klass II-dammar enligt Flödeskommitténs riktlinjer [2].

Osäkerheten i de framtagna flödena blir större med ökad återkomsttid.

Klimatkompenserade flöden

100-årsflödet och 200-årsflödet har klimatanpassats för att motsvara förväntade flöden med samma återkomsttid vid slutet av seklet. Klimatpåverkan har beräknats enligt en metodik beskriven av Andréasson m.fl. [3]. Beräkningarna har gjorts med 16 regionala klimatscenarier för perioden fram till 2050 och 12 motsvarande scenarier fram till slutet av seklet. Dessa har skalats ner med bästa tillgängliga teknik och därefter anpassats till hydrologisk modellering.

De hydrologiska beräkningarna har gjorts med en nationellt täckande och regionalt kalibrerad hydrologisk modell bestående av 1001 delområden där förändringar av flöden mellan valda tidsperioder beräknats. Resultaten för det delavrinningsområde som bedömts som mest representativt för den aktuella punkten har sedan redovisats och rapporterats.

Beräknat högsta flöde

Beräknat Högsta Flöde (BHF) beräknas med en hydrologisk modell avsedd för högvattenföringar. Vid SMHI:s beräkningar används normalt HBV-modellen [4] Beräkningsmetodiken motsvarar den teknik som används för vattenkrafts- och gruvindustrins dimensionering av högriskdammar (klass 1) [5].

Flöden använda i karteringen

Flödena i karteringen har tagits fram för nedanstående platser i Tabell 2. I bilaga 7 finns en utökad tabell som innehåller värden för 100-årsflöden och 200-årsflöden i dagens klimat. I den utökade tabellen anges även om de klimatanpassade 100- och 200-årsflödena når ett maxvärde under någon klimatperiod innan slutet av seklet.

Flöden med en återkomsttid på 50, 100 och 200 år är framräknade med hjälp av frekvensanalys på vattenföringsserier och baseras främst på serien från Vattholma (stationsnummer 61-50110), men stationerna Ulvunge (61-910), Sävja (61-2243), Ulva Kvarndamm (61-2246) och Nedre Uppsala (61-143), samt stationer från närliggande vattendrag ligger även till grund för beräkningen.

Beräknat högsta flöde har erhållits genom beräkning i HBV-modellen [4].

Flödena samt deras hydrografer har använts som inflöde till den hydrauliska modellen och arealviktats för att utnyttjas vid skattning av tillrinnande biflöden.

Tabell 2

På följande platser har 50-årsflöden, 100-årsflöden, 200-årsflöden och beräknade högsta flöden enligt Flödeskommitténs riktlinjer för dammar i Flödesdimensioneringsklass I beräknats.

| Plats för beräknat flöde | 50-årsflöde [m ³ /s] | 100-årsflöde vid slutet av seklet [m ³ /s] | 200-årsflöde vid slutet av seklet [m ³ /s] | BHF [m ³ /s] |
|--|------------------------------------|---|---|----------------------------|
| Huvudfåra i Fyrisån | | | | |
| Vattholma | | 22 | 24 | 70 |
| Ulva kvarndamm | | 78 | 85 | 240 |
| Islandsfallet (tätort Uppsala) | 90 | 99 | 108 | |
| Mynningen i Mälaren | | 158 | 172 | 508 |
| Biflöden | | | | |
| Vendelån ovanför Vattholmaån (Fyrisån) | 37 | 43 | 47 | 140 |
| Sävjaåns mynning i Fyrisån | 67 | 74 | 80 | 259 |
| Randvillkor (Mälaren) RH 2000 | [1,20] möh | [1,30] möh | [1,30] möh | [1,40] möh |

3.2 Modellbeskrivning av vattendraget

I översvämningskarteringen av Fyrisån har både endimensionella och tvådimensionella hydrauliska modeller använts.

I endimensionella hydrauliska modeller beskrivs vattendraget med hjälp av tvärsektioner som läggs vinkelrätt tvärs över huvudfåran och eventuella förgreningar. Tvärsektionerna ska täcka in den översvämmade sektionen vid höga flöden och måste därför sträcka sig tillräckligt långt utanför den normala å- eller älvsektionen. Vattendragets råhet (friktion) beskrivs med en råhetsparameter (vanligen ett s.k. Mannings tal), vilken justeras när modellen kalibreras in mot kända flöden och vattennivåer.

I tvådimensionella hydrauliska modeller beräknas hur vattnet transporteras och hur nivån varierar, inte bara i en dimension (längs vattendraget), utan fördelat över ett tvådimensionellt modellområde. Istället för att använda tvärsektioner beskrivs geometrin med ett beräkningsnät (rutnät) som anger bottenivåer och marknivåer för vattendragsfåran respektive för den omgivande terrängen. Under simuleringen räknar modellen ut hur vattnet flödar från vattendragets normala fåra upp över den omgivande terrängen när vattennivån stiger, samt tillbaka till fåran när vattennivån sjunker. Med en tvådimensionell modell beräknas nivåer och utbredning samtidigt. Förutom maximala vattennivåer räknar modellen också ut flödes hastigheten i två dimensioner, vilket innebär att skillnader i flödes hastighet mellan fåran och översvämmat område kan beskrivas.

Fördelen med tvådimensionella modeller framför endimensionella är möjligheten att på ett mer korrekt sätt beskriva översvämningsförlopp i flack terräng som i till exempel deltan eller i kraftigt meandrande vattendrag.

Karteringen av Fyrisån innehåller segment med både endimensionella och tvådimensionella beräkningar. För de områden som har identifierats ha betydande översvämningsrisk enligt förordningen (2009:956) om översvämningsrisk har tvådimensionella beräkningar använts.

För beskrivning av Fyrisåns endimensionella sträckor har den laserskannade höjddatan kompletterats med ekolodad botten data. På sträckor där det saknats botten data har modellens tvärsektioner anpassats.

Uppskattning av bottenprofil och djup i tvärsektionerna har gjorts med hjälp av damm- och broritningar. Befintliga invallningar har tagits med vid uppsättningen av modellen.

För de områden med detaljerad översvämningskartering där en tvådimensionell modell använts beräknas nivåer och utbredning samtidigt med GSD-höjddata grid 1+ som underlag. Byggnader beskrivna i Fastighetskartan [6] har använts som underlag för att höja upp dessa i terrängmodellen och på så sätt beskriva vattnets rinnvägar kring byggnader.

Modellen över Säreån omfattar 40 km vattendrag. Totalt redovisas 149 tvärsektioner. I modellen finns fem dammar och 4 broar inlagda. För beskrivning av broar har sammanställningsritningar använts och för

beskrivning av dammar och deras avbördningsförmåga har dammprotokoll med mera använts. För dammarna i centrala Uppsala, Kvarnfallet och Islandsfallet har en kompletterande inmätning av tröskelnivå och bredd genomförts av Norconsult. För de två längst uppströms liggande dammarna, Ekeby kvarn och Vattholma/Hamnardammen har dammprotokoll och annat underlag varit bristfälliga och dammarnas skibordsnivåer och bredd på utskov har därför bedömts utifrån höjddata och ortofoto.

3.3 Hydrauliska beräkningar

För vattenståndsberäkningarna har Norconsult använt de hydrodynamiska modellverktygen MIKE Hydro River och MIKE21. Modellerna är utvecklade av DHI. MIKE Hydro River är en endimensionell modell som bygger på Saint-Venants ekvationer medan MIKE21 är tvådimensionell modell som bygger på Navier-Stokes ekvationer. För en ingående beskrivning av modellerna hänvisas till MIKE 1D Reference Manual [7] och MIKE 21 FM User Guide [8].

3.3.1 Antaganden

Följande antaganden har gjorts vid beräkningarna:

- Alla dammar och broar står kvar vid höga flöden.
- Simuleringarna bygger på att vattnet är rent. I verkligheten följer träd, buskar och jord med.
- Simuleringarna förutsätter att alla vägbankar är täta. I verkligheten kan de vara genomsläppliga eller så kan det finnas trummor som vattnet kan rinna igenom. Här spelar kommunens lokalkännedom en viktig roll.
- Vid dammar har antagits att tappning motsvarande produktionstappning sker upp till dämmningsgräns, däröver antas att alla utskov är helt öppna.
- Ingen tappning sker genom kraftverkens turbiner vid de flöden som har simulerats.
- Vid det simulerade 50-årsflödet har Mälarens nivå vid antagits vara +1,20 meter (MHW¹ dagens klimat), vid det simulerade 100-årsflödet och 200-årsflödet har Mälarens nivå antagits vara +1,30 meter (MHW¹ i slutet av seklet). Vid det simulerade BHF-flödet har Mälarens nivå antagits vara +1,40 meter (HHW² dagens klimat). Alla nivåer är angivna i höjdsystem RH2000.
- Den framtida ökningen av vattenstånd i Mälaren har tagits fram inom SMHI:s arbete med Mälarens framtida reglering på uppdrag av Stockholms Stad [10] och tar hänsyn till förväntade tillrinningsförändringar, havets nivå, planerad regleringsstrategi samt utbyggd avbördningskapacitet.
- Ingen hänsyn har tagits till vind- och vågpåverkan vid beräkning av vattenstånd.

¹ MHW: medelvärde av varje års högsta vattenstånd

² HHW: högsta uppmätta vattenstånd i en tidsserie, oavsett seriens längd

3.3.2 Kalibrering

Ett uppmätt högflöde har använts för att justera in modellerna. Vid modellens ”kalibreringspunkter”, som kan vara vattenstånd vid dammar eller broar, kalibreras vattenståndet in till minst $\pm 2,0$ decimeters noggrannhet. För Fyrisån har modellen kalibrerats mot uppmätt högflöde under vintern 2019 med en vattenföring på $57 \text{ m}^3/\text{s}$.

Uppmätta och beräknade nivåer för kalibreringspunkterna som använts presenteras i Tabell 3.

3.4 Framtagning av översvämningskartor

För de endimensionella delarna har det geografiska informationssystemet ArcGIS använts för interpolering av beräknade vattenstånd mellan tvärsektionerna för att beräkna översvämningsens geografiska utbredning. Vattnet tillåts översvämma sidofåror till huvudfårans vattennivå. För beskrivning av topografin har samma höjddata använts som vid konstruktionen av tvärsektioner.

För det område där en tvådimensionell modell har använts ingår både huvudfåra och eventuella sidofåror i översvämningsens utbredning. Beräkningscellerna i den tvådimensionella modellen har sidor med storlek på $4 \times 4 \text{ m}$. Detta har givit ett bra förhållande mellan beräkningscellers storlek och beräkningstider. Resultatet används sedan till att göra skikt mot GSD-höjddata grid 2+, och det slutgiltiga resultatet får en upplösning på $2 \times 2 \text{ m}$.

4. Resultat

Det geografiska informationssystemet ArcGIS har utnyttjats för interpolering av översvämningsskikt mellan tvärsektionerna.

Resultatet finns som GIS-skikt för respektive flöde med ett utbredningsområde per GIS-skikt samt ett temaskikt för respektive flöde. GIS-skikten finns i MSBs översvämningssportal. Uppgifter om vattennivåer i tvärsektionerna finns redovisade i ett separat GIS-skikt.

4.1 Modell- och vattenståndsberäkningar

Vid de simuleringar som genomförts har antagits att alla dammar och alla broar står kvar vid de beräknade flödena. Mycket höga flöden kan dock orsaka att vägbankar och broar rasar. De simuleringar som är gjorda bygger även på att vattnet är rent. I verkligheten följer buskar, träd och jord med i vattnet vid de högsta flödena, vilket kan ge extra dämningar. Vattendragsfåran kan även påverkas av erosion vilket kan förändra förutsättningarna för vattnets flöde genom vattendraget.

4.1.1 50-årsflöde för de detaljerade områdena

Med befintliga antaganden och ingångsdata överströmmas inga broar vid 50-årsflödet.

Inga dammar överströmmas vid detta flöde.

4.1.2 100-årsflöde

Med befintliga antaganden och ingångsdata överströmmas broar enligt Tabell 4 vid ett klimatanpassat 100-årsflöde.

Tabell 4

Broar som överströmmas i Fyrisån vid klimatanpassat 100-årsflöde. Beskrivning av plats i den endimensionella modellen och beskrivning av plats.

| Punkt i 1D-modell | Beskrivning plats |
|-------------------|-------------------|
| 29 533 | Nybron |

Med befintliga antaganden och ingångsdata överströmmas dammarna i Vattholma/Hammardammen, Ekeby Kvarn, Ulva kvarndamm och Kvarnfallet vid ett klimatanpassat 100-årsflöde.

4.1.3 200-årsflöde

Med befintliga antaganden och ingångsdata överströmmas samma broar som vid 100-årsflöde.

Med befintliga antaganden och ingångsdata överströmmas dammarna i Vattholma/Hammardammen, Ekeby Kvarn, Ulva kvarndamm och Kvarnfallet vid ett klimatanpassat 200-årsflöde.

4.1.4 Beräknat högsta flöde

Vid beräknat högsta flöde överströmmas med befintliga ingångsdata samma broar som vid 200-årsflöde, samt broar angivna i Tabell 6 vid beräknat högsta flöde.

Tabell 5

Broar som överströmmas i Fyrisån vid beräknat högsta flöde. Beskrivning av plats i den endimensionella modellen och beskrivning av plats.

| Punkt i 1D-modell | Beskrivning plats |
|-------------------|-------------------|
| 26 743 | Väg 55 |
| 28 361 | Järnvägsbro |

Med befintliga antaganden och ingångsdata överströmmas samtliga dammarna vid beräknat högsta flöde.

4.2 Diskussion

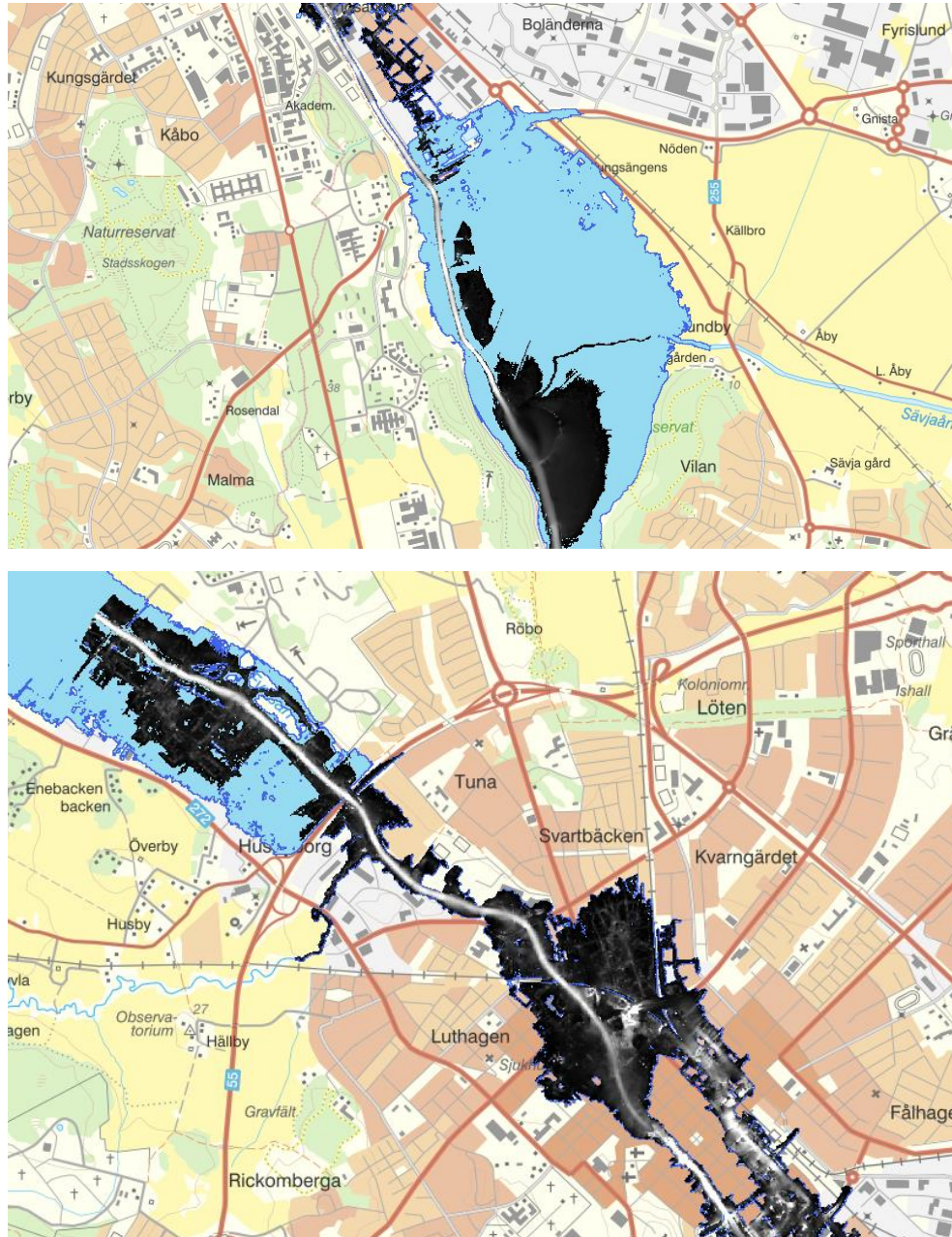
Översvämningskarteringen av Fyrisån består av delar både från en endimensionell modell samt en tvådimensionell modell som har kombinerats för att ta fram utbredningsskikt av de olika beräkningsscenarierna. Utöver utbredningsskikt har resultat även tagits fram i form av djup- och hastighetsskikt. De sistnämnda visar hur vattendjup och hastighet varierar inom den tvådimensionella modellen, medan utbredningsskikten visar vilka områden som riskerar att drabbas av översvämnings.

Vid jämförelse av skikten med vattendjup och hastighet från den tvådimensionella modellen med det kombinerade utbredningsskiktet kan en skillnad ses i utbredning på två områden. Nedströms Uppsala tätort, samt uppströms Uppsala tätort, se Figur 1. Skillnaden uppstår till följd av skillnader i de båda modellernas sträckning och beskrivning av strukturer.

Nedströms Uppsala uppstår skillnaden i utbredning till följd av användningen och placeringen av randvillkor. Båda modellerna använder ett randvillkor med fast vattennivå. En högre nivå vid det översvämmade området uppstår i den endimensionella modellen på grund av en trång sektion längre nedströms. Detta gör att utbredningsskikten skiljer sig längst ned i området för den tvådimensionella modellen som syns i den övre bilden i Figur 1.

Uppströms Uppsala beror skillnaden i utbredning på grund av hur strukturer beskrivs i de olika modellerna. I den tvådimensionella modellen beskrivs hela topografin i Uppsala, medan den endimensionella modellen beskrivs topografin i tvärsektioner. Vattnets flödesväg är i den endimensionella modellen fördefinierad till att följa Fyrisåns huvudfåra till skillnad från den tvådimensionella modellen där vatten kan flöda i hela modellområdet. I

centrala Uppsala uppstår en flödesväg parallellt med Fyrisån i den tvådimensionella modellen där vatten rinner nedströms längs med Kungsgatan. I den endimensionella modellen tvingas vattnet att rinna i huvudfåran, när denna inte räcker till tvingas vattennivån upp för att flödet ska kunna hanteras i tvärsektionerna som bidrar till en ökad utbredning uppströms.



Figur 1. Utklipp från resultat av översvämningskarteringen med beräknat högsta flöde av Fyrisån. Figuren visar skillnad i utbredning av skikt med vattendjup från den tvådimensionella modellen och det kombinerade utbredningsskiktet nedströms och uppströms centrala Uppsala.

5. Litteraturförteckning

- [1] <https://www.lantmateriet.se/sv/Kartor-och-geografisk-information/geodataprodukter/produktlista/markhojdmodell-nedladdning-grid-1/>
- [2] Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerade flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.
- [3] Andreasson m.fl 2011. Dammsäkerhet. Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring – metodutveckling och scenarier. Elforsk rapport 11:25
- [4] Bergström, S. 1992. The HBV Model – its structure and applications. SMHI RH, No. 4.
- [5] RIDAS, 2008. Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet. Reviderad 2008. Svensk Energi.
- [6] Lantmäteriet. GSD – Fastighetskartan, skala 1:20 000.
- [7] DHI (2017). MIKE 1D, DHI Simulation Engine for 1D river and urban modelling: Reference Manual. Hørsholm, Danmark: DHI
- [8] DHI (2012). MIKE 21 flow model FM, hydrodynamic module: User Guide. Hørsholm, Danmark: DHI.
- [9] Lantmäteriet. GSD - Terrängkartan, skala 1:50 000.
- [10] SMHI (2012). Sammanställning av MHW och HHW. Underlagsmaterial levererat till MSB.

Bilaga 1: Beskrivning av översvämningsskikt producerade med endimensionell (1D) hydraulisk modell som levereras i digitalt format

Översvämningsskarteringarna levereras som digitala geografiska data i koordinatsystem SWEREF99 TM och höjdsystem RH2000. Data levereras som shapefiler (.shp), tabfiler (.tab) samt i gridformat (.adf). Vid användning och bearbetning av data nyttjas förslagsvis GIS-programvaran ArcGIS.

För vattendrag som karterats med 1D-hydraulisk modell levereras ett ytskikt per flödesscenario och ett linjeskikt per karterat vattendrag. Dessutom levereras tre rasterfiler per flödesscenario. Totalt levereras 17 olika skikt per kartering.

För rasterfilerna vilka tillsammans med utbredningsskikten motsvarar den detaljerade översvämningsskarteringen för identifierade områden med betydande översvämningrisk, se vidare i bilaga 2.

Ytskikten består av temafilmer.

Filerna "Tema_Qxxx" redovisar endast översvämningssytan för respektive flödesscenario. Detta för att möjliggöra att snabbt få en överblick och visualisera den markyta som hotas av en översvämning för respektive flöde.

Linjeskiktet "T_sektion_1D" redovisar tvärsektionerna utmed vattendraget. Varje tvärsektion redovisar vattennivåerna för respektive flöde och innehåller medelvärden för hela tvärsnittet gällande vattennivå och vattenhastighet för respektive flödesscenario.

ArcGIS format:

| Ytskikt | Filnamn |
|--|---------------|
| Översvämningsytan för 50-årsflöde (Gridcode=1). Area (m ²) | Tema_Q50.shp |
| Översvämningsytan för 100-årsflöde* (Gridcode=1). Area (m ²) | Tema_Q100.shp |
| Översvämningsytan för 200-årsflöde* (Gridcode=1). Area (m ²) | Tema_Q200.shp |
| Översvämningsytan för beräknat högsta flöde. (Gridcode=1). Area (m ²) | Tema_Qbhf.shp |

*Klimatanpassat flöde för slutet av seklet.

| Linjeskikt | Filnamn |
|---|------------------|
| Tvärsektioner för respektive vattendrag | T_sektion_1D.shp |

Tvärsektionsfilen **T_sektion_1D** innehåller följande information per sektion:

| Attribut | Beskrivning |
|------------|---|
| ID | Unikt ID för varje tvärsektion |
| Vattendrag | Namn på huvudfåra |
| Biflöde | Namn på biflöde |
| Avst | Avstånd längs vattendraget med startvärde = noll vid källan (m) |
| Bredd | Tvärsektionens bredd (m) |
| 50_Z | 50-årsflödets höjdvärde i RH 2000 (m.ö.h.) |
| 100_Z | 100-årsflödets höjdvärde i RH 2000 (m.ö.h.)* |
| 200_Z | 200-årsflödets höjdvärde i RH 2000 (m.ö.h.)* |
| BHF_Z | Höjdvärdet för beräknat högsta flöde i RH 2000 (m.ö.h.) |
| 50_V | 50-årsflödets hastighet, sektionsmedelvärde (m/s) |
| 100_V | 100-årsflödets hastighet, sektionsmedelvärde (m/s)* |
| 200_V | 200-årsflödets hastighet, sektionsmedelvärde (m/s)* |
| BHF_V | Hastigheten för beräknat högsta flöde, sektionsmedelvärde (m/s) |

*Klimatanpassat flöde för slutet av seklet.

Bilaga 2: Detaljerad översvämningsskartering för identifierat område med betydande översvämningssrisk. Skartering utförd med tvådimensionell (2D) hydraulisk modell.

Rasterfilerna redovisar data från den detaljerade översvämningsskarteringen enligt förordningen (2009:956) om översvämningssrisk för identifierade områden med betydande översvämningssrisk.

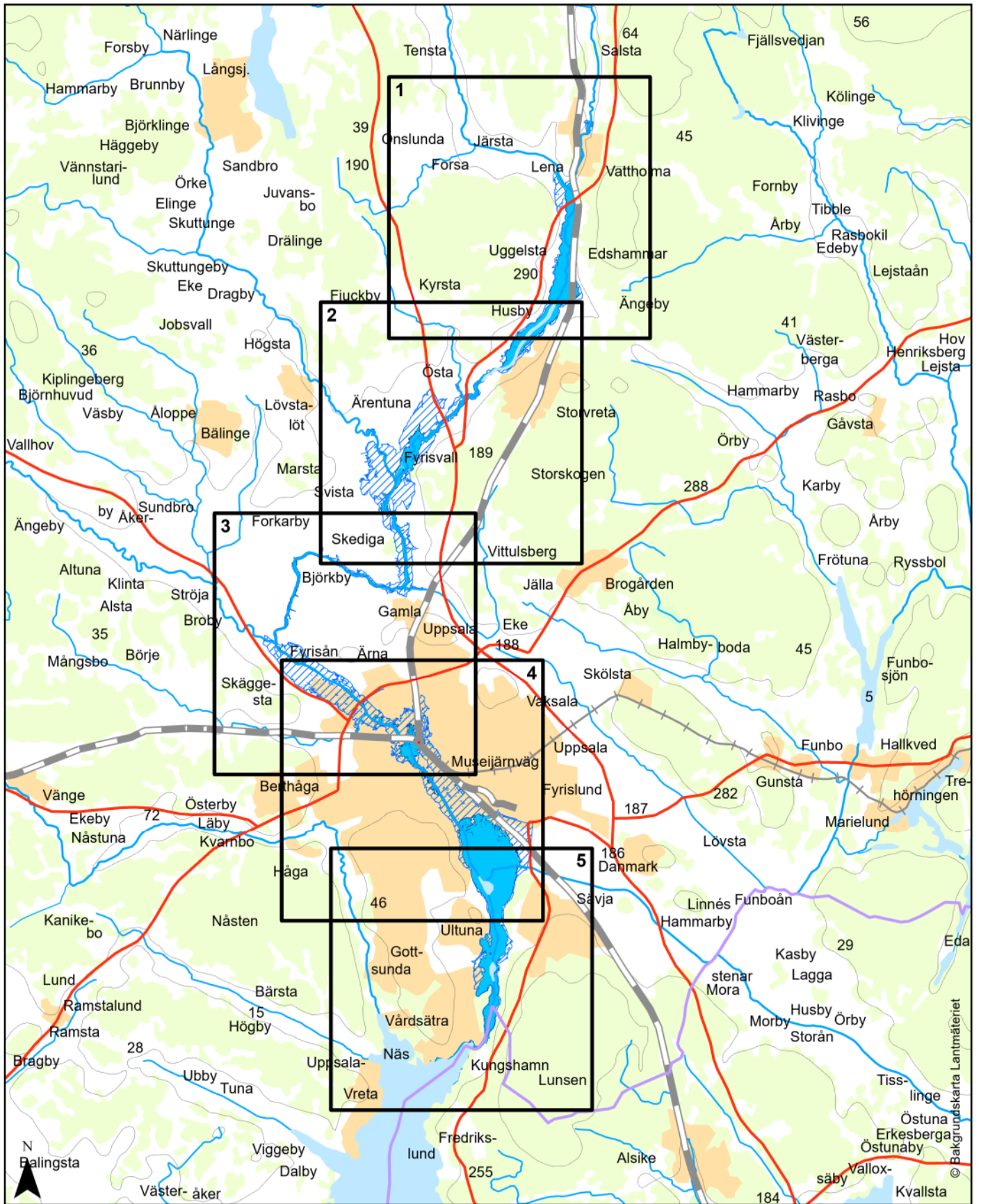
Tre rasterfiler per flödesscenario levereras i gridformat (.adf) som kan läsas av GIS-programvaran ArcGIS.

Data levereras i referenssystem SWEREF99TM och höjdsystem RH2000. Rasterfilernas upplösning är 2 x 2 m.








| Rasterdata | Filnamn |
|--|----------------|
| Vattendjup (m) för 50-årsflödet | q_50_djup |
| Vattenhastighet (m/s) för 50-årsflödet | q_50_hastigh |
| Vattenytans nivå (m.ö.h.) för 50-årsflödet | q_50_moh |
| Vattendjup (m) för 100-årsflödet* | q_100_djup |
| Vattenhastighet (m/s) för 100-årsflödet* | q_100_hastigh |
| Vattenytans nivå (m.ö.h.) för 100-årsflödet* | q_100_moh |
| Vattendjup (m) för 200-årsflödet* | q_200_djup |
| Vattenhastighet (m/s) för 200-årsflödet* | q_200_hastigh |
| Vattenytans nivå (m.ö.h.) för 200-årsflödet* | q_200_moh |
| Vattendjup (m) för bhf-flödet | q_bhf_djup |
| Vattenhastighet (m/s) för bhf-flödet | q_bhf_hastigh |
| Vattenytans nivå (m.ö.h.) för bhf-flödet | q_bhf_moh |

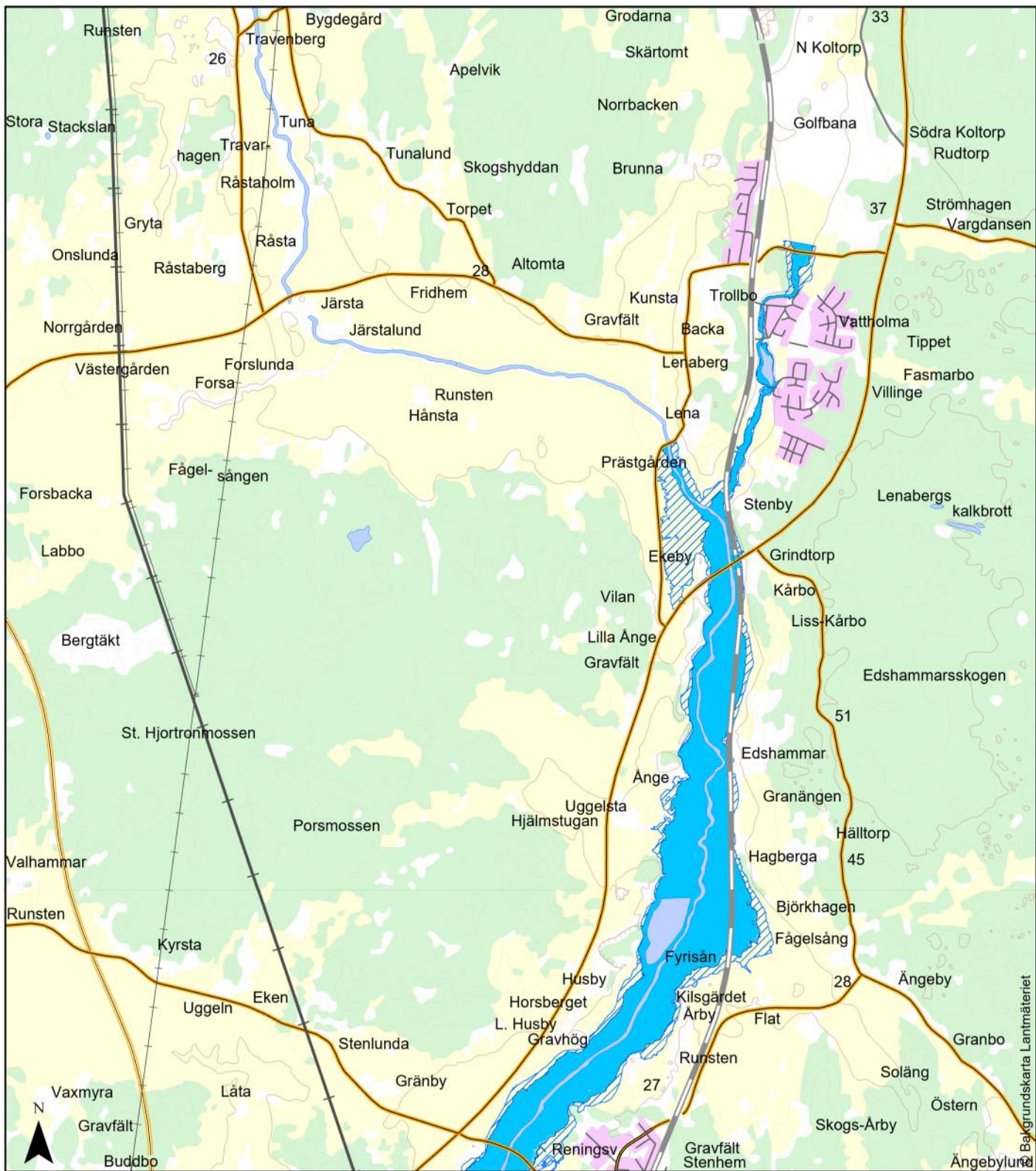
*Klimatanpassat flöde för slutet av seklet.

Bilaga 3: Kartor med utbredningsområden för hela vattendraget, kartering med både endimensionell och tvådimensionell hydraulisk modell.



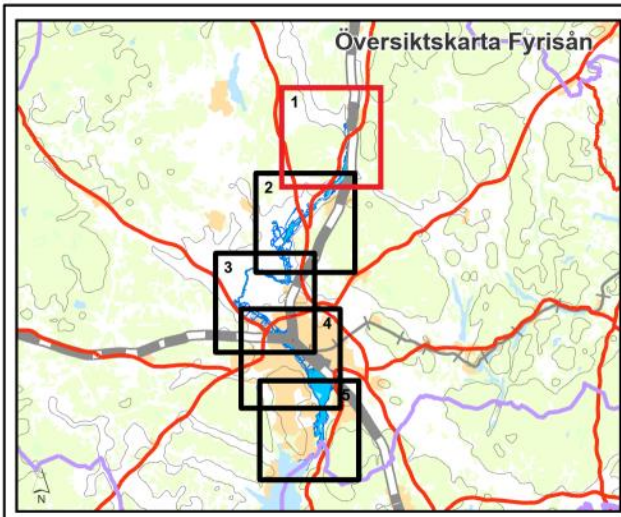
0 1,75 3,5 7 10,5 14 km Skala 1:125 000

| | | | | |
|---|---|---|--|--------------------------|
| Översvämningsskartering Fyrisån Kartöversikt  | Teckenförklaring:  Vattenyta, normalvattenstånd  100-årsflöde*  200-årsflöde*  Beräknat högsta flöde | Uppdragsgivare:  | Konsult:  | |
| | * klimatanpassat flöde för år 2098 | | Koordinatsystem plan: SWEREF99 TM höjd: RH 2000 | Datum: 2021.12.07 |
| | | | Bilaga 3 | Karta 1/1 |
| | | | | |



Bakgrundskarta Lantmäteriet

0 0,5 1 2 3 4 5 km Skala: 1:40 000



Teckenförklaring:

- Vattenyta, normalvattenstånd
- 100-årsflöde*
- 200-årsflöde*
- Beräknat högsta flöde

* klimatanpassat flöde för år 2098

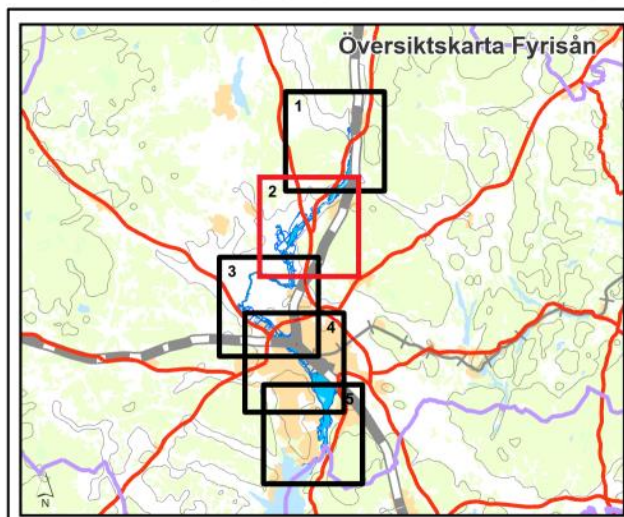
Översvämningsskartering

Fyrisån

| | |
|-----------------------|-------------|
| Uppdragsgivare: | Konsult: |
| | |
| Koordinatsystem plan: | SWEREF99 TM |
| höjd: | RH 2000 |
| Datum: | 2021.12.10 |
| Bilaga 3 | Karta 1/5 |



0 0,5 1 2 3 4 5 km Skala: 1:40 000



Teckenförklaring:

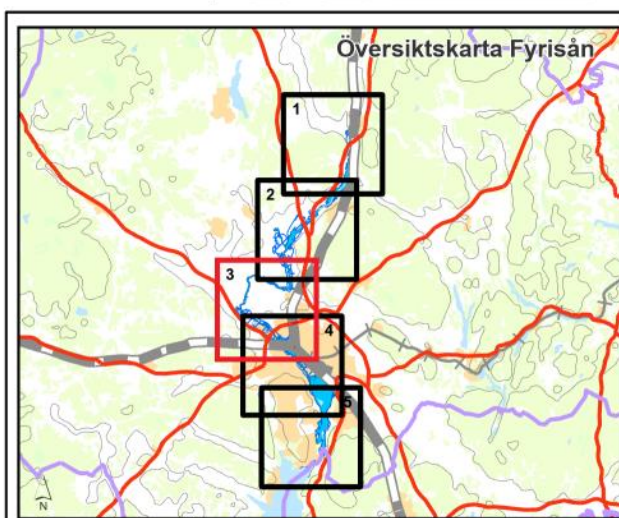
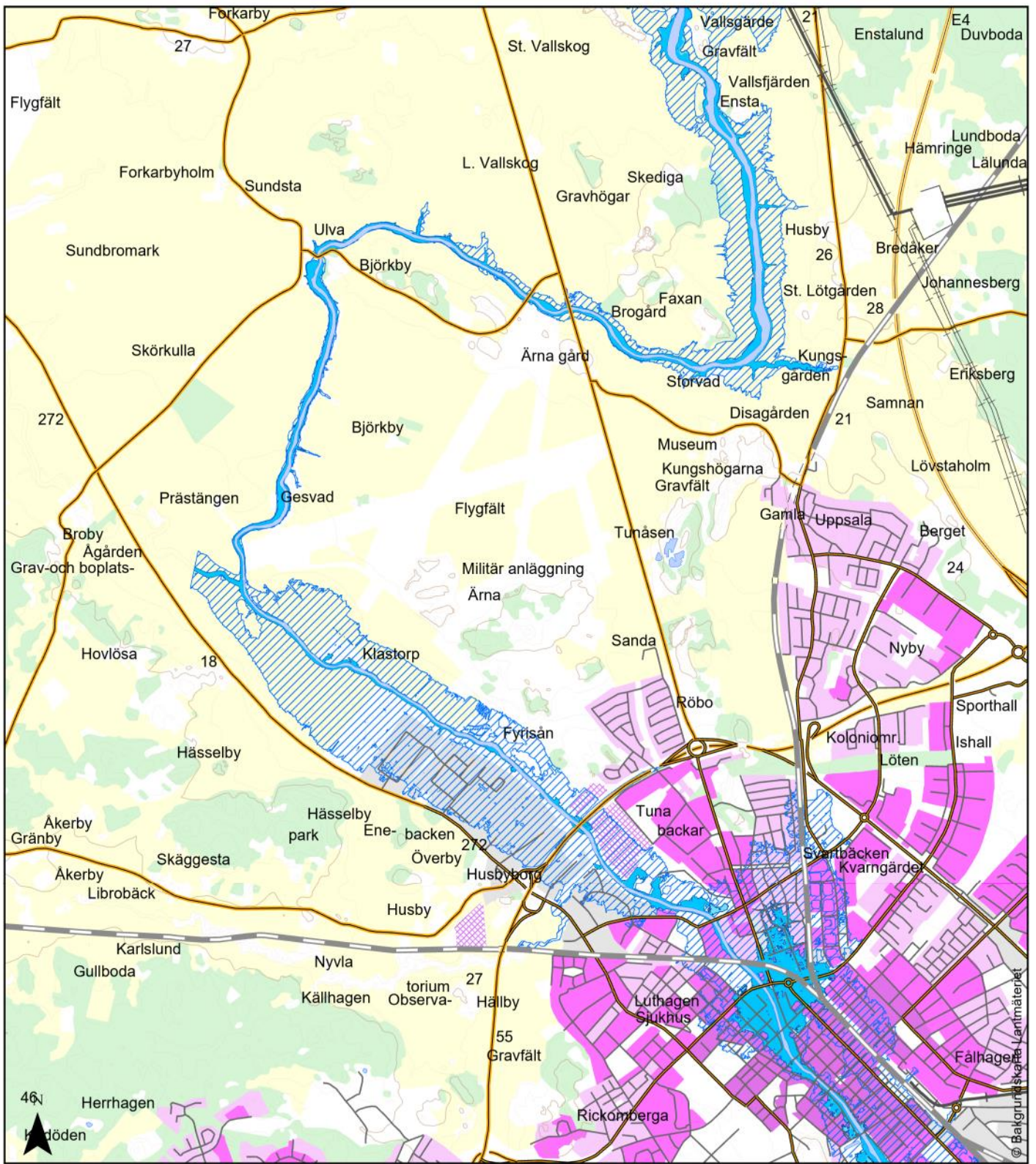
- Vattenyta, normalvattenstånd
- 100-årsflöde*
- 200-årsflöde*
- Beräknat högsta flöde

* klimatanpassat flöde för år 2098

Översvämningskartering

Fyrisån

| | |
|-----------------------|-------------|
| Uppdragsgivare: | Konsult: |
| | |
| Koordinatsystem plan: | SWEREF99 TM |
| höjd: | RH 2000 |
| Datum: | 2021.12.10 |
| Bilaga 3 | Karta 2/5 |



Teckenförklaring:

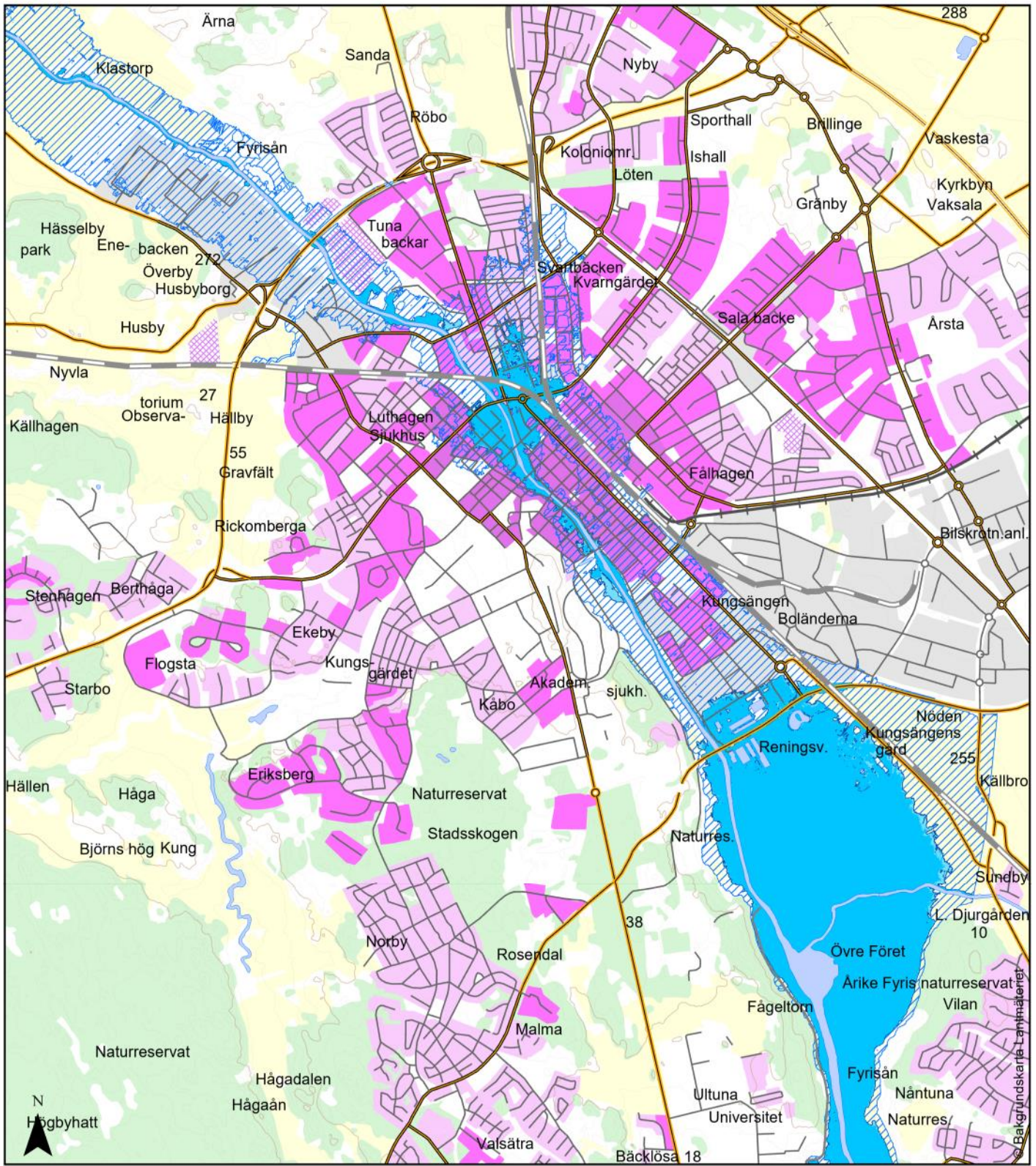
- Vattenyta, normalvattenstånd
- 100-årsflöde*
- 200-årsflöde*
- Beräknat högsta flöde

* klimatanpassat flöde för år 2098

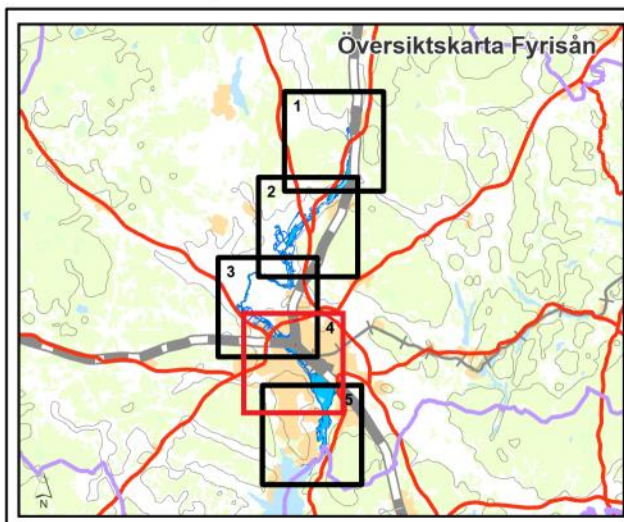
Översvämningsskartering

Fyrisån

| | |
|-----------------------|-------------|
| Uppdragsgivare: | Konsult: |
| | |
| Koordinatsystem plan: | SWEREF99 TM |
| höjd: | RH 2000 |
| Datum: | 2021.12.10 |
| Bilaga 3 | Karta 3/5 |



0 0,5 1 2 3 4 5 km Skala: 1:40 000



Teckenförklaring:

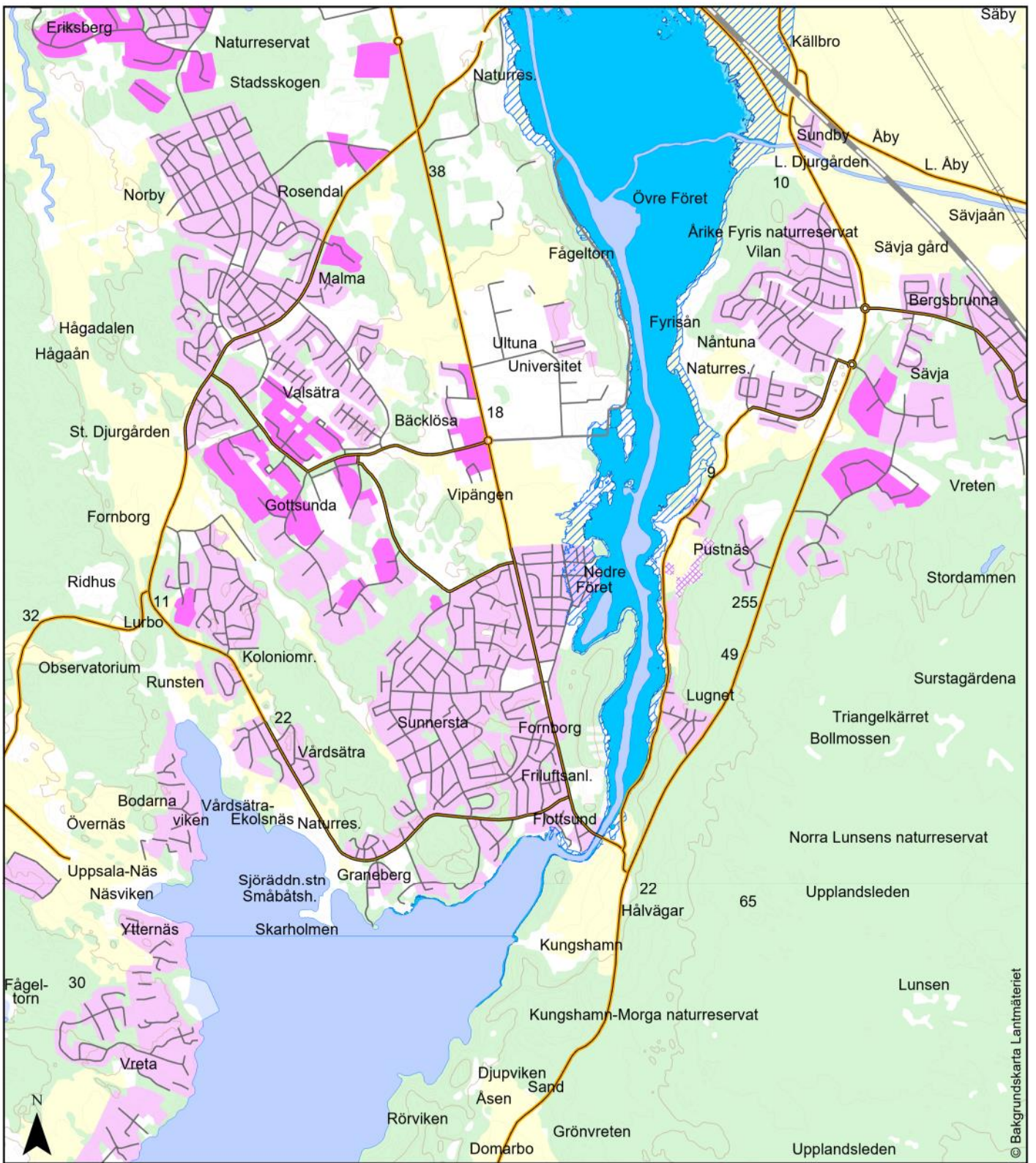
- Vattenyta, normalvattenstånd
- 100-årsflöde*
- 200-årsflöde*
- Beräknat högsta flöde

* klimatanpassat flöde för år 2098

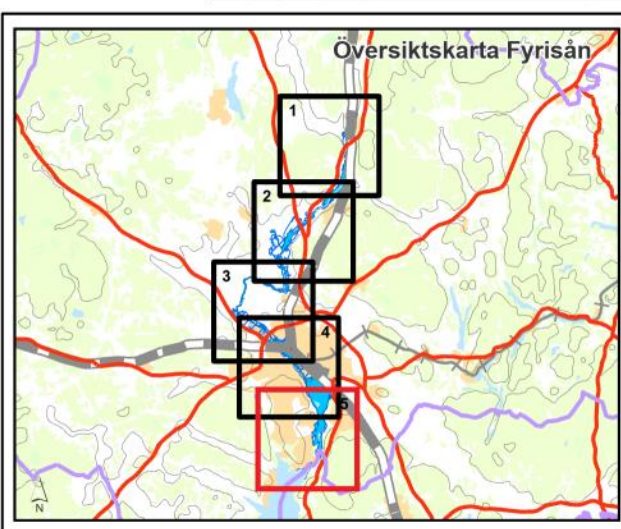
Översvämningskartering

Fyrisån

| | |
|-----------------------|-------------|
| Uppdragsgivare: | Konsult: |
| | |
| Koordinatsystem plan: | SWEREF99 TM |
| höjd: | RH 2000 |
| Datum: | 2021.12.10 |
| Bilaga 3 | Karta 4/5 |



© Bakgrundskarta Lantmäteriet



Teckenförklaring:

- Vattenyta, normalvattenstånd
- 100-årsflöde*
- 200-årsflöde*
- Beräknat högsta flöde

* klimatanpassat flöde för år 2098

Översvämningsskartering

Fyrisån

| | |
|--------------------------------|------------------------|
| Uppdragsgivare: | Konsult: |
| | |
| Koordinatsystem plan: höjd: | SWEREF99 TM RH 2000 |
| Datum: | 2021.12.10 |
| Bilaga 3 | Karta 5/5 |

Bilaga 4: Komplet flödestabell.

Tabellen innehåller samtliga flöden som har tagits fram i arbetet med karteringen. Observera att inga översvämningsskator har producerats för 100-årsflödet och 200-årsflödet i dagens klimat. Kolumnerna för 100-årsflöde högsta och 200-årsflöde högsta visar om dessa flöden når ett max-värde före slutet av seklet.

| Plats för beräknat flöde | Dagens klimat | | | | Med hänsyn till klimatscenarier | | | |
|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
| | 50-årsflöde [m ³ /s] | 100-årsflöde [m ³ /s] | 200-årsflöde [m ³ /s] | BHF [m ³ /s] | 100-årsflöde högsta [m ³ /s] | 100-årsflöde [m ³ /s] | 200-årsflöde högsta [m ³ /s] | 200-årsflöde [m ³ /s] |
| Vattholma | | 24 | 26 | 70 | | 22 | | 24 |
| Ulva kvarndamm | | 81 | 88 | 240 | | 78 | | 85 |
| Islandsfallet (tätort Uppsala) | 90 | 101 | 110 | | 105 | 99 | 144 | 108 |
| Mynningen i Mälaren | | 155 | 169 | 508 | | 158 | | 172 |
| Vendelån ovanför Vattholmaån | 37 | 42 | 46 | 140 | | 43 | | 47 |
| Sävjaåns mynning i Fyrisån | 67 | 75 | 82 | 259 | | 74 | | 80 |

