

Uppsala kommun

► Analys av översvämningssrisker i Fyrisån

Uppdragsnr.: 108 47 83 Revision: 2 Datum: 2023-10-31



Uppdragsgivare: Uppsala kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Johanna Andersson
Konsult: Norconsult AB, Infanterigatan 21, 831 32 Östersund
Uppdragsledare: Jacob Friman
Granskare: Magnus Jewert
Handläggare: Joel Cronander

Revision	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
1	2023-10-05	Granskningshandling	J. Cronander	M. Jewert	J. Friman
2	2023-10-31	Färdig handling	J. Cronander, J. Friman	J. Andersson, I. Persson, P. Ponzio	J. Friman

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

► Sammanfattning

Fyrisån och Uppsala är utpekade som känsliga för översvämningsrisker till följd av höga vattenflöden och en översvämningskartering har genomförts av MSB (MSB, 2022). I detta projekt har resultatet från MSB:s översvämningskarteringar kompletterats med ytterligare ett högflöde. De flöden som har studerats har återkomsttider på 100-, 200- och 1 000 år, samt det som kallas för Beräknat högsta flöde (BHF) som uppskattas ha en återkomsttid på 10 000 år.

För arbetet har två olika modeller använts. En endimensionell modell som beskriver Fyrisån på sträckan från Vattholma till mynningen i Ekoln samt en tvådimensionell modell som beskriver Fyrisån genom Uppsala tätort. Från beräkningarna har översvämningskikt tagits fram som beskriver vattendjup, vattenutbredning och vattenhastighet på den modellerade sträckan.

I den endimensionella modellen har en känslighetsanalys genomförts för att studera effekterna av bottenivåer i Fyrisån på sträckan mellan Islandsfallet och mynningen i Ekoln baserat på tidigare uppskattade bottenivåer och uppgifter om bottenivåer hämtade från tjänsten C-MAP Genesis – Social maps. Dämningseffekterna från Flottsundsbron och Tullgarnsbron har även kontrollerats. Resultatet från känslighetsanalysen visar att fallförlusterna nedströms Islandsfallet är större än vad som först antagits. Dämningseffekterna i både Tullgarnsbron och Islandsfallet har bedömts som mycket små vid 100- och 200-årsflöden, medan det vid BHF uppstår stora begränsningar för flödet vilket leder till omfattande översvämningsrisker uppströms dessa.

► Innehåll

1	Inledning	4
1.1	Syfte	4
1.2	Organisation	4
1.3	Underlag från beställare	4
1.4	Begreppsförklaring	4
2	Metod	5
2.1	Hydraulisk modellering	5
2.2	Frekvensanalys 1000-årsflöde	5
3	Resultat	6
3.1	Känslighetsanalys	6
3.1.1	Flottsundsbron	6
3.1.2	Tullgarnsbron	7
3.2	Översvämningarnas varaktighet	8
4	Slutsatser och kommentarer	9
4.1	Modellresultat	9
4.1.1	Påverkan från strukturer i Fyrisån	9
4.2	Användning av resultat	10
4.3	Boverkets rekommendationer	11
4.4	Osäkerheter	11
4.4.1	Höjddata	11
4.4.2	Flöden	12
5	Referenser	13

1 Inledning

Uppsala kommun har i sitt arbete med klimatanpassning genomfört utredningar kopplat till översvämningsrisker från skyfall samt höga flöden i Fyrisån. Sedan tidigare har MSB genomfört översvämningskarteringar av Fyrisån i sitt arbete med förordningen om översvämningsrisker där Uppsala är utpekad som ett känsligt område.

I detta uppdrag har Norconsult genomfört analys av resultatet från genomförda översvämningskarteringar för att identifiera känsliga områden i Uppsala samt studerat hur olika brostrukturer i Fyrisån påverkar översvämningsutbredning.

1.1 Syfte

Uppdraget syftar till att i en förstudie sammanställa underlag från översvämningskarteringar av Fyrisån i Uppsala tätort för att användas i kommunens översiktsplanering.

1.2 Organisation

Jacob Friman har varit uppdragsledare för projektet och ansvarat för rapporten och den hydrauliska modelleringen. Joel Cronander har varit handläggare och genomfört GIS-analyser. Magnus Jewert har varit specialist och granskare i uppdraget.

1.3 Underlag från beställare

- Broritning av Tullgarnsbron

1.4 Begreppsförklaring

I förstudien används flöden med olika magnitud och återkomsttid för att beskriva olika flödessituationer i Fyrisån. Flödena är framtagna dels av SMHI i samband med översvämningskarteringar som genomförts av MSB, samt framtagna av Norconsult för detta specifika uppdrag.

Återkomsttider beskriver hur sannolikt det är att en händelse inträffar. Med ett 100-årsflöde menas att statistiskt sett kommer ett sådant tillfälle att inträffa minst en gång per 100 år. Det kan dock inträffa oftare än så. Osäkerheter i att använda sig av återkomsttider ökar med storleken på det valda tillfället, ett flöde med 1000-års återkomsttid är förknippat med större osäkerheter än ett flöde med 100-års återkomsttid.

Klimatfaktor är en skalering av flöden för att ta höjd för ett förändrat klimat. Klimatfaktorn är beräknad med klimatmodeller för en situation år 2100 och har använts på flöden med 100-, 200-, samt 1000-års återkomsttid.

2 Metod

De översvämningskarteringar av Fyrisån (MSB, 2022) som genomförts har använts som utgångspunkt för analysen. Resultatet från karteringarna visar platser där översvämningar uppstår till följd av höga flöden i Fyrisån motsvarande 100-årsflöde, 200-årsflöde samt beräknat högsta flöde (BHF). En kompletterande översvämningskartering har genomförts med ett 1000-årsflöde för att identifiera eventuella tröskelpunkter i Uppsala tätort.

2.1 Hydraulisk modellering

Den tidigare framtagna översvämningskarteringen av Fyrisån är genomförd med två olika modeller. För hela Fyrisåns sträckning från Vattholma till mynningen i Ekoln har en endimensionell (1D) modell använts och för Uppsala tätort har en tvådimensionell (2D) modell använts. Resultatet för GIS-analysen baseras främst på 2D-modellen. För en mer detaljerad beskrivning av modellerna hänvisas till MSB:s rapport (MSB, 2022).

2.2 Frekvensanalys 1000-årsflöde

För att kartera ett 1000-årsflöde i Fyrisån har en frekvensanalys genomförts för att bestämma storleken på ett sådant flöde. Frekvensanalysen bygger på uppmätt vattenföring från närliggande mätstationer i SMHI:s hydrologiska observationer (SMHI, 2023), de mätstationer där data hämtats ifrån är Vattholma (nr 563), Vattholma2 (nr 2244), Kuggebro (nr 570), Sävja (nr 2243), Ulva kvarndamm (nr 2246) och Uvlunge (nr 910).

Det beräknade 1000-årsflödet från frekvensanalysen har en vattenföring på 237 m³/s. I den kompletterande beräkningen har samma klimatfaktor använts som i MSB:s översvämningskartering av 100- och 200-årsflöde vilket ger en vattenföring på 242 m³/s.

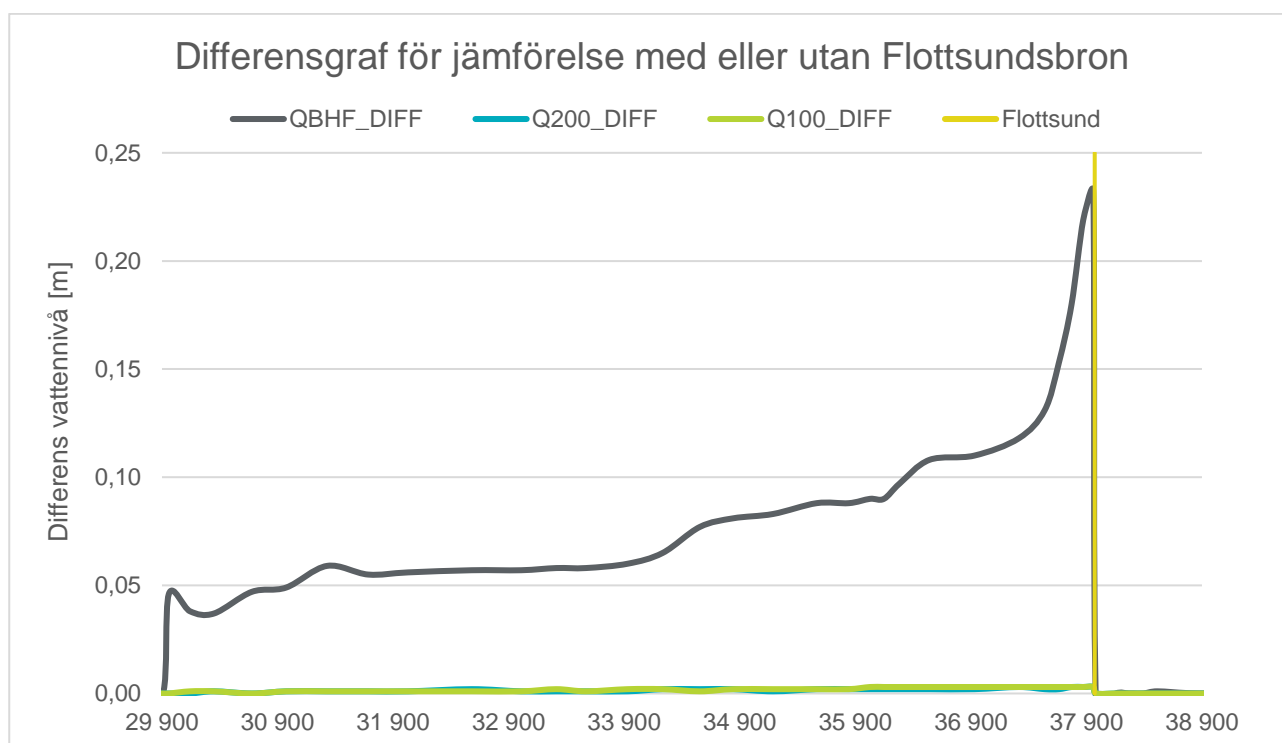
3 Resultat

3.1 Känslighetsanalys

3.1.1 Flottsundsbron

I resultatet från översvämningskarteringarna av Fyrisån har Flottsundsbron identifierats som en begränsande sektion vid beräknat högsta flöde. För att studera påverkan från bron har en känslighetsanalys genomförts i en kompletterande beräkning där brostrukturen tagits bort. I Figur 3–1 presenteras skillnaden i beräknad vattennivå på sträckan från Islandsfallet till mynningen i Ekoln. Ett positivt värde i figuren indikerar att vattennivåerna i Fyrisån är högre med Flottsundsbrons struktur inlagd i modellen. X-axeln i figuren beskriver avståndet från den hydrauliska modellens startpunkt i Vattholma.

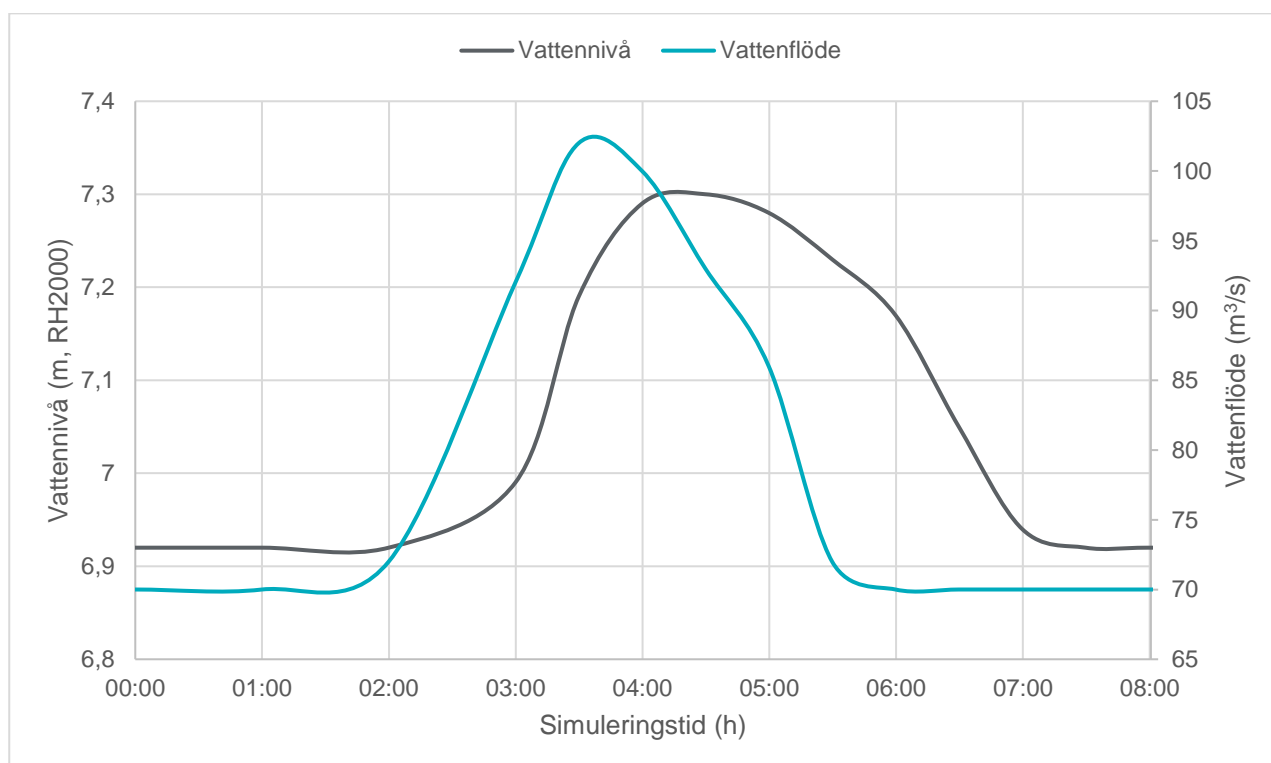
Som framgår i figuren är det endast vid BHF som Flottsundsbron har en betydande påverkan på vattennivåerna i Fyrisån. Närmast brostrukturen är skillnaden ca 23 cm, längre uppströms minskar skillnaden upp till Islandsbron. För 100- och 200-årsflödet ses ingen tydlig skillnad i beräknade nivåer på hela sträckan.



Figur 3–1. Differensgraf med beräknade vattennivåer med och utan Flottsundsbron. Grafen visar Fyrisåns nedre del från Islandsfallet till mynningen i Ekoln.

3.2 Översvämningarnas varaktighet

Varaktigheten på översvämningar i Fyrisån beror till stor del på det specifika flödestillfället. I Figur 3–3 visas hur vattenflödet i 2D-modellens startpunkt och den beräknade vattennivån vid Kvarnfallet varierar med tiden för ett 100-årsflöde. Det syns tydligt hur vattennivån ökar snabbt med inflödet i modellen, detta beror delvis på att det finns en låg magasineringkapacitet i Fyrisån. När flödet avtar sjunker även vattennivåerna med viss fördröjning.



Figur 3–3. Beräknad vattennivå vid Kvarnfallet vid ett 100-årsflöde som inflöde i 2D-modellen.

Hur lång varaktigheten blir av översvämningar påverkas främst av det flödestillfälle som råder. I fallet ovan så är vattenföringen initialt 70 m³/s och det råder jämvikt i systemet, sedan stiger vattenflödet och toppar vid ett 100-årsflöde innan det sjunker tillbaka till initiala 70 m³/s. I fallet som visas i grafen nås de maximala vattennivåerna ca 50 minuter efter flödestoppen och sjunker sedan långsamt och återgår till initiala nivåer ca 5 h efter att de har börjat stiga.

4 Slutsatser och kommentarer

4.1 Modellresultat

Stora delar av centrala Uppsala påverkas av översvämningsrisker vid extremt höga flöden i Fyrisån. Höga vattenhastigheter kan innebära stora skador på vägar, byggnader och övrig infrastruktur och i kombination med stora vattendjup kan lös egendom riskera att spolras bort eller förflyttas på ett sådant vis att infrastruktur och personer riskerar att skadas.

Utöver de resultat som presenteras i rapporten har även DV-skikt (djup * hastighet) tagits fram som presenteras i separat bilaga.

4.1.1 Påverkan från strukturer i Fyrisån

4.1.1.1 Flottsundsbron

Utifrån känslighetsanalysen och modelleringen framgår en betydande påverkan vid BHF på vattennivåer av Flottsundsbron jämfört med scenariot utan en brostruktur. Det påverkade området sträcker sig från Flottsund och upp till Islandsfallet med avtagande skillnader längs denna sträcka. Jämförs vattenytans utbredning för BHF med eller utan Flottsundsbron är skillnaden tämligen marginell, även i de nedre partierna där skillnaden i vattenstånd är som högst. Detta beror på att Fyrisån på denna sträcka har en relativt smal vattenfåra och högra nivåer ger inte upphov till lika stor ökning av utbredning som längre uppströms. Någon påverkan vid Q100 eller Q200 går inte att utläsa från simuleringarna.

4.1.1.2 Tullgarnsbron

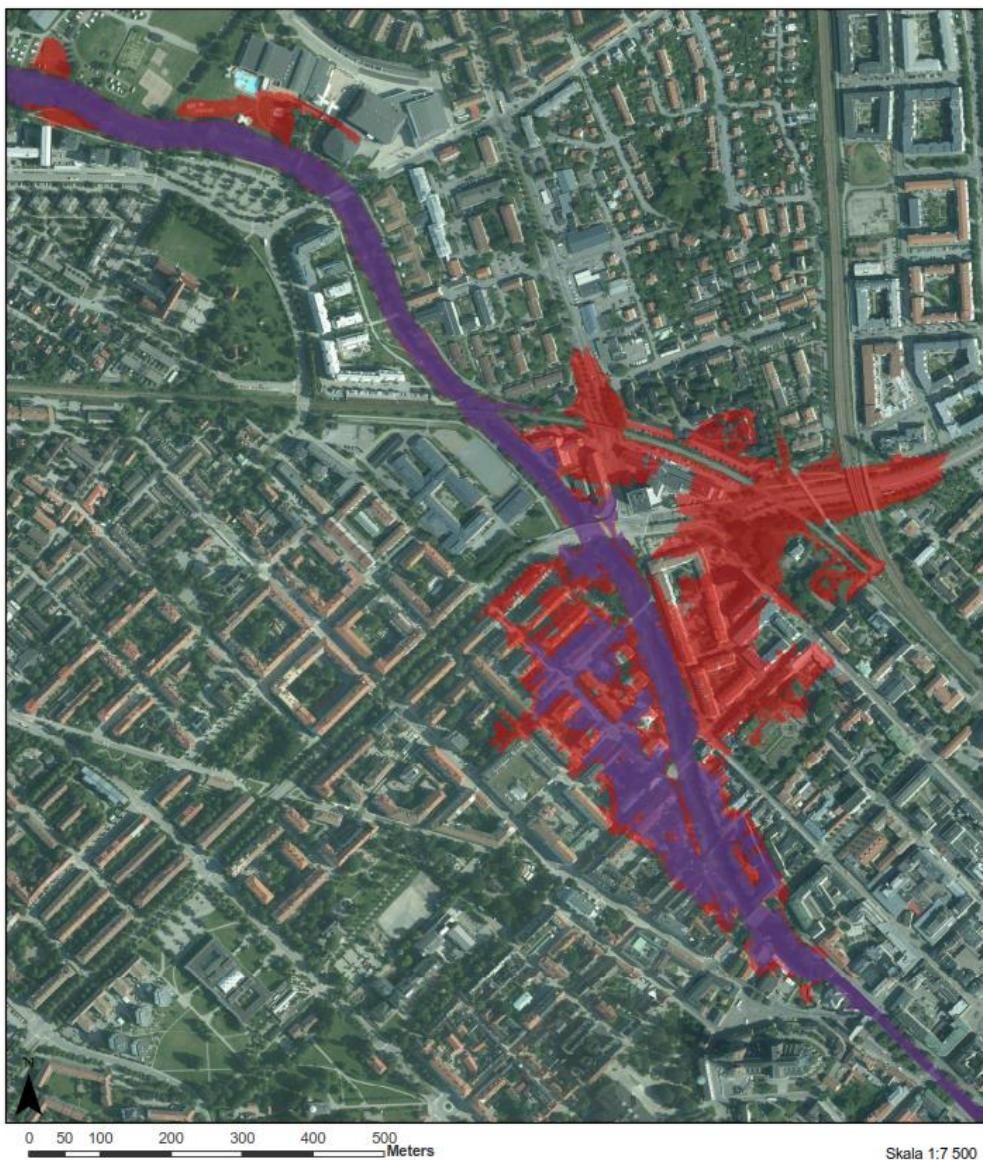
Tullgarnsbron påverkar endast risken för översvämningsrisker vid BHF men vid BHF innebär bron att stora delar av stadsträdgården står under vatten, även delar av Kungsängen närmast Fyrisån påverkas av stående vatten.

4.1.1.3 Kvarnfallet och Islandsfallet

Kvarnfallet är den struktur i Fyrisån som utgör den största påverkan på översvämningsrisken. Övriga strukturer har en begränsad dämmande effekt för Q100 och Q200 medan Kvarnfallet innebär en stor flaskhals där stora delar av Svartbäcken och främre Luthagen påverkas. Vid BHF syns även en tydlig dämmande effekt från dammstrukturen i form av högre vattennivåer på sträckan mellan Kvarnfallet och Islandsfallet.

Norconsult har i ett tidigare uppdrag studerat hur en ökad avbördningskapacitet i Kvarn- och Islandsfallet påverkar beräknade vattennivåer i Fyrisån. Både en ombyggnation, och en utrivning av båda strukturerna studeras och resultatet visade att med förlängda överfallströsklar så skulle vattennivån uppströms Kvarnfallet sänkas med upp till 0,25 m, på sträckan mellan Kvarnfallet och Islandsfallet skulle bli upp till 0,1 m lägre (Norconsult, 2020).

Med en ombyggnad av båda fallen i Uppsala skulle översvämningsriskernas utbredning minska markant i Svartbäcken och Luthagen. I Figur 4–1 visas hur en förändrad vattenutbredning blir med ett förslag om förlängd överfallströskel i Kvarnfallet vid ett 200-årsflöde.



Figur 4-1. Översiktskarta av skillnad i vattenutbredning vid 200-årsflöde med befintlig utformning på Kvarnfallet (Röd färg), och med ett förslag om förlängd överfallströskel (Lila färg).

4.2 Användning av resultat

De skikt som visar översvämningsutbredning vid olika flöden består av sammanslagna skikt från den 1D-modell som sträcker sig från Vattholma till mynningen i Ekoln, samt från den 2D-modell som sträcker sig genom Uppsala tätort. På sträckan från väg 55 till Kungsängsleden utgörs skikten av resultatet från 2D-modellen, övrig sträcka utgörs av resultat från 1D-modellen. På sträckan mellan Tullgarnsbron och Islandsfallet utgörs en del av utbredningsskiktet vid BHF även av resultat från 1D-modellen då det inte har genomförts nya beräkningar med 2D-modellen.

I området som utgörs av resultat från 2D-modellen presenteras utöver översvämningsutbredning även beräknade vattendjup och vattenhastigheter. Resultat från 1D-modellen presenteras utöver de framtagna

skikten även i tvärsnitt med beräknade vattennivåer och vattenhastigheter i medel över hela tvärsnittens sträckning.

4.3 Boverkets rekommendationer

Det ställs idag krav på att utreda risker från översvämningar vid olika dimensionerande situationer. Boverket har idag rekommendationer och allmänna råd om att olika typer av exploatering, bebyggelse och verksamheter ska dimensioneras för att undvika, eller klara av att hantera, översvämningar från såväl skyfall som höga nivåer i vattendrag. Boverket har en sammanfattning för vilken årlig sannolikhet som bör användas för planering och dimensionering av olika typer av bebyggelse och samhällsfunktion, se Tabell 4-1 (Boverket, 2022).

Tabell 4-1. Sammanställning av dimensioneringsrekommendationer från Boverket för olika översvämningssituationer.

Konsekvensklass	Årlig sannolikhet för översvämning Sjöar, vattendrag och hav	Årlig sannolikhet för översvämning Skyfall
Ny sammanhållen bebyggelse och samhällsviktig verksamhet	Beräknad högsta nivå / Beräknat högsta flöde (1/10 000)	1/100
Samhällsfunktioner och bebyggelse av mindre vikt	1/200	1/100
Enklare byggnader, garage och båthus	-	-

Vid planering av bebyggelse och samhällsviktiga verksamheter råder det stora skillnader i vilken sannolikhet som ska beaktas beroende på vilken typ av översvämning som studeras. För översvämningar från skyfall är den sannolikhet som ska beaktas minst 1/100, medan det för översvämningar från höga nivåer i sjöar, vattendrag och hav 1/200 för befintlig bebyggelse och samhällsfunktioner av mindre vikt. För ny bebyggelse ska planering ske efter BHF, som grovt uppskattat har en sannolikhet på 1/10 000.

I fallet med Fyrisån och Uppsala så har Tullgarnsbron tillkommit i modellen sedan den togs fram för MSB:s räkning. Beräkningarna med bron inlagd visar att ingen dämning sker vid 100- eller 200-årsflöde, däremot vid BHF sker en dämning uppströms. I Trafikverkets riktlinjer för dimensionering av broar så ska dessa utformas så att de kan släppa igenom minst 50 till 200-årsflöde beroende på brokonstruktion. Detta ställer till problem i fallet med stadsplanering som ska dimensioneras efter minst 200-årsflöde.

4.4 Osäkerheter

4.4.1 Höjddata

Den höjddata som analysen grundar sig på har ett medelfel som är mindre än 0,1 m och på hårdgjorda plana ytor är medelfelet mindre än 0,05 m. Det kan även skett förändringar i topografin sedan laserskanningen gjordes för att ta fram höjddata.

Information om nivåer under vattenytan saknas i höjddata. Vid hydraulisk modellering görs därför antaganden om vattendjup baserat på bro- och dammrutningar, inmätningar av botten eller ekolodning. För Fyrisån har en ekolodning genomförts på sträckan Ulva kvarn till Kvarnfallet som inkluderats i modellen, på sträckan mellan Kvarnfallet och Islandsfallet har inmätningar genomförts av bottenivåer. På övriga sträckor av Fyrisån har brorutningar använts för att uppskatta bottenivåer. Uppgifter om botten djup nedströms Islandsfallet har använts från tjänsten C-MAP Genesis, Social maps (Navico Group, 2023). Tjänsten saknar uppgifter om nivåer på botten men ger en uppfattning om vilket botten djup som är normalt på sträckor som

ekolodats. Tjänsten bygger på att fritidsanvändare som utrustat sina båtar med ekolod kan ladda upp sina körningar på en hemsida som bygger ihop ett sjökort utifrån samtlig uppladdad data. Tjänsten tar dock inte hänsyn till vilken vattennivå som rådde vid själva lodningen och data bör därav användas med försiktighet.

4.4.2 Flöden

De flöden som använts i översvämningskarteringen är framtagna av SMHI för MSB:s nationella arbete med översvämningskartering av vattendrag. Flödena med 100- och 200-års återkomsttid är framtagna med frekvensanalys och bygger på mätdata från mätstationer i närliggande, eller liknande områden. För Fyrisån bygger frekvensanalysen på mätserier från stationerna Vattholma (stn nr 61–50110), Ulvunge (stn nr 61–910), Sävja (stn nr 61–2243), Ulva Kvarndamm (stn nr 61–2246), Nedre Uppsala (stn nr 61–143) samt från stationer i närliggande vattendrag. Underlaget är bra och omfattande och ger bra förutsättningar för frekvensanalysen. Osäkerheterna i de framtagna flödena ökar dock med längre återkomsttider.

För beräknat högsta flöde har HBV-modellen använts (Bergström, 1992), det är en metodik som i grunden är utformad för vattenkrafts- och gruvindustrin för dimensionering av dammar med hög konsekvensklass (Svensk Energi, 2008)

5 Referenser

Bergström, S. (1992). *The HBV Modell - its structure and applications*. SMHI RH, No 4.

Boverket. (2022). Hämtat från Utgångspunkt för bedömning av översvämningsrisk:
https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/lansstyrelsens-tillsyn/tillsynsvagledning_naturolyckor/tillsynsvagledning-oversvamning/stod-till-lansstyrelsen-vid-riskbedomning/utgangspunkter/

MSB. (2010). *Styrel - inriktning för prioritering av elanvändare*.

MSB. (2022). *Översvämningskartering utmed Fyrisån*.

Navico Group. (2023). *C-MAP Genesis*. Hämtat från Social Maps: <https://www.genesismaps.com/SocialMap>

Norconsult. (2020). *Översvämningsrisker i Fyrisån*. Norconsult.

SMHI. (2023). *Hydrologiska observationer*. Hämtat från Vattenwebb - Hydrologiska observationer:
<https://vattenwebb.smhi.se/station/>

Svensk Energi. (2008). *RIDAS. Kraftföretagens riktlinjer för dammsäkerhet*.