
RAPPORT

SÄFFLE TEKNIK- OCH FRITIDSFÖRVATNINGEN

Skyfallsmodellering för Säffle

UPPDRAGSNUMMER 13002295



2018-08-15

MAJA COGLAN
NON OKUMURA
SARA KARLSSON

Sweco Energuide AB
Sweco Energuide AB
Sweco Environment AB

Sweco
Gjörwellsgatan 22
Box 340 44
SE 100 26 Stockholm, Sverige
Telefon +46 (0) 63 685 50 00
Fax +46 (0) 63 685 50 10
www.sweco.se

Sweco Energuide AB
Org.nr 556007-5573
Styrelsens säte: Stockholm

Maja Coghlan
Civilingenjör
Vattenkraft & dammar
Telefon direkt +46 (0)86951408
Mobil +46 (0)768288203
maja.coghlan@sweco.se

Sammanfattning

På uppdrag av Teknik och Fritidsförvaltning för Åmål och Säffle har Sweco utfört en översvämningsriskanalys. I analysen har både den pluviala översvämningsrisken utretts separat, samt den kombinerade fluviala och pluviala översvämningsrisken som kan uppstå vid kraftig nederbörd som sammanfaller med höga flöden i Byälven. Val av scenarier och kombination av randvillkor har gjorts utifrån Västra Götalands Länsstyrelses faktablad *Vattendrag* samt faktablad *Vänern* enligt planeringsmodellen i Handboken *Stigande vatten*.

Vid utredning av den pluvial översvämningsrisken har det tvådimensionella beräkningsverktyget MIKE 21-Classic nyttjats och vid utredning av den kombinerade översvämningsrisken har 21-Classic modellen kombinerats med en endimensionell modell av Byälven upprättad i beräkningsverktyget MIKE 11.

Fyra beräkningsscenarier har utretts:

1. Ett klimatanpassat 100-årsregn kombinerat med ett klimatanpassat 100-årsflöde i Byälven och en framtida 100-årsnivå i Vänern motsvarande planeringsnivå zon 4 i Handboken *Stigande vatten*
2. Ett klimatanpassat 200-årsregn kombinerat med ett klimatanpassat 200-årsflöde i Byälven och en framtida 200-årsnivå i Vänern motsvarande planeringsnivå zon 3 i Handboken *Stigande vatten*.
3. Ett klimatanpassat 100-årsregn med antagen medelvattenföring i Byälven och medelvattennivå i Vänern.
4. Ett extremregn motsvarande Köpenhamnsregnet år 2011 med antagen medelvattenföring i Byälven och medelvattennivå i Vänern.

Utifrån resultaten har översvämningsutbredning med beräknat vattendjup och vattenhastighet kartlagts. Utöver detta har även den bedömda översvämningsfaran utretts genom att kombinera faran utifrån både vattendjup och vattenhastighet.

Denna typ av information möjliggör en bättre förståelse av hur hårt olika områden kommer att drabbas och hur stor fara översvämnung utgör för allmänheten. Dessa kartor kan med fördel användas som beslutsunderlag för att identifiera områden i störst behov av skyddsåtgärder, samt underlätta för räddningstjänsten att lättare identifiera vilka områden som bör prioriteras.

Modellområdet för skyfallssimuleringen har begränsats till att omfatta Säffles tätort enligt beskrivning i primärkartan och de omkringliggande avrinningsområdena som bidrar med tillrinning till och i Säffles tätort. För simulering av flödet i Byälven har en beräkningsmodell upprättats för sträckan strax nedströms Harefjorden till mynningen i Vänern.

Resultaten kan användas för framtagande av skyfalls- och beredskapsplaner samt för identifiering av lämpliga modifieringar i terrängen, såsom placering av fördröjande dagvattenmagasin, skyddsvallar och alternativa ytliga avledningvägar.

Modellerna i studien är framtagna för att simulera extremt intensiva regn (högre än 100 års återkomsttid) över ett stort område och bör endast användas för det syftet. Vid modellering

av mindre regn samt prioriterade och olika åtgärdsalternativ kan tillförlitligheten ökas genom att utveckla modellen på följande vis:

- Höjddata kan ökas till bästa möjliga med hänsyn till tillgängliga höjddata samt beräkningstider
- Markanvändningen kan kartläggas mer detaljerat och skillnader i infiltrationskapacitet kan inkluderas.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Underlag	2
2.1	Terrängmodell	2
2.2	Flödesdata	2
2.3	Vattennivå i Väneren	3
2.4	Nederbörd	4
3	Metod	5
3.1	Avgränsningar	5
3.2	Avrinningstid för Säfteles avrinningsområde	6
3.3	Scenarier	6
3.4	Hydrauliska beräkningsverktyg	7
3.5	Markanvändning	8
3.6	Markens råhet	8
3.7	Hänsyn till ledningsnät och infiltrationskapacitet	8
4	Resultat	9
5	Slutsats och rekommendationer	12
5.1	Eventuella felaktigheter i modellen och dess påverkan på resultaten	12
6	Referenser	13
7	Bilagor	14

1 Inledning

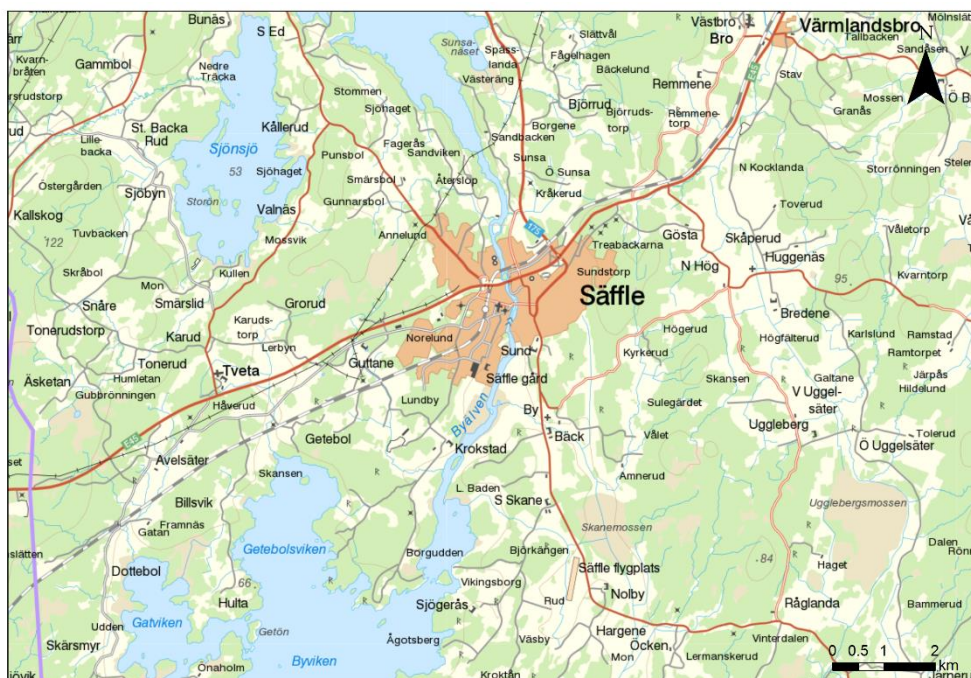
Översvämningar i Säffle kan uppstå både som en följd av höga flöden i Byälven och höga vattennivåer i Vänern på grund av längre perioder med ihärdig nederbörd. Översvämning kan också komma som ett resultat av skyfall med mycket kraftigt regn under en kortare tidsperiod. I urbana miljöer med hög exploateringsgrad finns låga infiltrationsmöjligheter och mindre ytor tillgängliga för utjämning. Detta i kombination med skyfall kan medföra översvämningar med kostsamma skador på fastigheter och anläggningar.

De senaste åren har Säffles kommun drabbats av flera skyfall som orsakat stora skador i Säffle. Dessa skyfall har beräknats ha en återkomsttid på 100–150 år.

På uppdrag av teknik- och fritidsförvaltningen i Säffle har Sweco Energuide och Sweco Environment låtit utföra en kombinerad skyfallsmodellering och vattendragsmodellering över Säffle och Byälven.

Modelleringen beskriver hur översvämningssituationen ser ut i samband med kraftiga skyfall samt den kombinerade översvämningssrisken i samband med kraftigt skyfall och höga flöden i Byälven samt höga nivåer i Vänern. Resultaten har tagits fram med beräkningsverktyg utvecklade av DHI (mer info i sektion 3.4).

Modellområdet för skyfallssimuleringen har begränsats till att omfatta Säffles tätort enligt beskrivning i primärkartan och de omkringliggande avrinningsområdena som bidrar med tillrinning till och i Säffles tätort. För simulering av flödet i Byälven har en beräkningsmodell upprättats för sträckan från mynningen i Vänern till strax nedströms Harefjorden. I Figur 1 visas en översikt av området.



Figur 1. Översiktsbild över området.

2 Underlag

2.1 Terrängmodell

Vid framtagandet av terrängmodellen har laserskannad markdata baserad på LAS-data nyttjats. Som komplement till de laserskannade marknivåerna har bottendata längs Byälven i form av broritningar samt ekolodning utförd år 2009 nyttjats. Mark- och bottendata har därefter lagts samman till en integrerad mark- och vattenmodell.

Terrängmodellen har en upplösning på 2 x 2 m och anges i koordinatsystem SWEREF 99 1330. Höjdsystemet anges i RH 2000.

Observera att då terrängmodellen har en upplösning på 2 x 2 m tas inte hänsyn till exempelvis mindre öppningar eller gatstenar som kan ändra vattnets väg.

Till justeringar av terrängmodellen har följande underlag från kommunen erhållits:

- Korrigerade marknivåer vid byggnader utifrån primärkartan genom att samtliga byggnader har höjts upp med 2 m från markytan för att vattenflödet ska ta hänsyn till byggnaderna utan att instabilitet uppstår i modellen på grund av stora höjdskillnader.

2.2 Flödesdata

Flöden med en återkomsttid på 100 och 200 år har tagits fram av SMHI och som bygger på frekvensanalys av vattenföringsserierna från främst mätstationerna 2308 Vagge (1983–2013) och 2034 Säffle damm (1968–2008). En klimatanpassning av HQ100 och HQ200 har genomförts där beräkningarna har baserats på resultat från Elforsk-rapporten ("Dimensionerande flöde för dammanläggningar för ett klimat i förändring – metodutveckling och scenarier" nr 2011:25). Klimatanpassningen representerar den procentuella skillnaden mellan flödet i dagens och framtidens klimat. När flödet enligt dagens förutsättningar multipliceras med en klimatfaktor fås ett värde på flödet med samma teoretiska återkomsttiden, men som förväntas råda i framtiden. För denna utredning har värden motsvarande den 75:e percentilen inom ensemblen för beräkning av klimatfaktorn tillämpats då detta anses vara mest konservativt.

Simulerade flöden med uppskattad återkomsttid redovisas i Tabell 1.

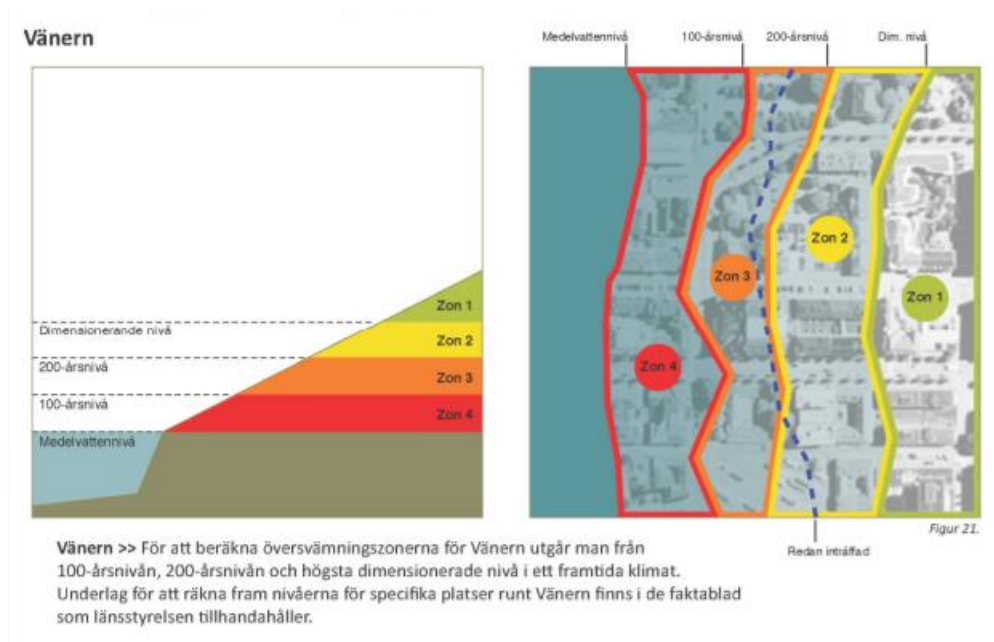
Tabell 1. Uppskattad återkomsttid av simulerade flöden

Återkomsttid	Flöde (m ³ /s) år 2098 75:e percentilen	Kommentar
200-års flöde	428	Har simulerats
100-års flöde	389	Har simulerats
MQ	77	Har beaktats ¹

¹ Vid simulering av skyfall kombinerat med medelvattenföring i Byälven har endast den dynamiska nederbörden simulerats med 2D hydraulisk beräkningsmodell. Detta då Byälven i sig inte utgör någon översvämningsrisk.

2.3 Vattennivå i Vänern

Simulerade vattennivåer i Vänern är hämtade ur Faktablad – Vänern för Västra Götalands och Värmlands län som använts som underlag till rapporten Stigande vatten [3]. I Figur 2 visar översvämningszonerna för platser runt Vänern.



Figur 2. Översvämningszonerna för platser runt Vänern

För denna utredning har planeringsnivåerna för Vänern utgått från en 100-årsnivå och en 200-årsnivå där hänsyn tagits till ett framtida klimat, vinduppstuvning samt kortvarig vindeffekt. Nivåerna presenteras i Tabell 2 i höjdsystem RH00 samt RH2000. För ytterligare transformering till alternativt höjdsystem skall detta göras utifrån RH00 Vänersborg.

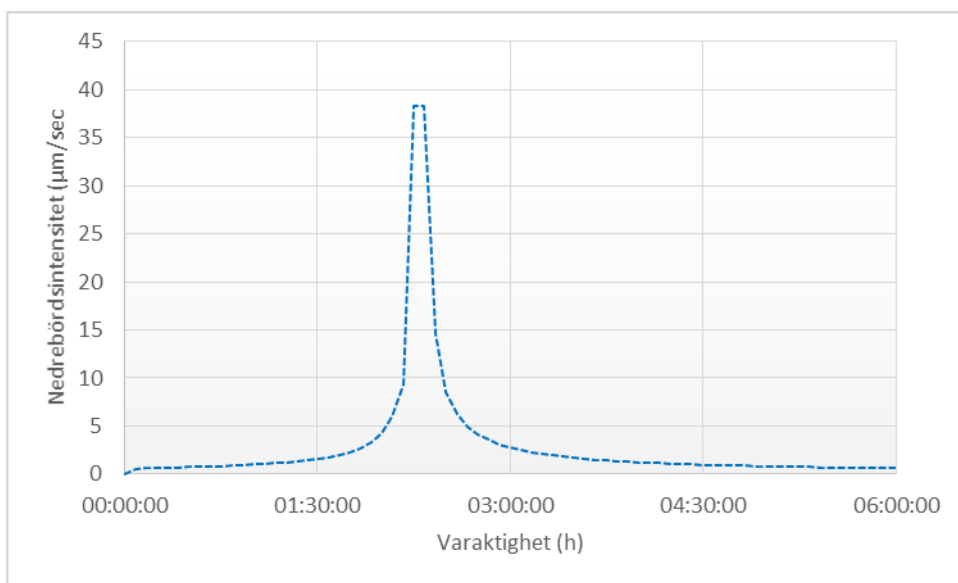
Tabell 2. Vattennivåer i Vänern i framtida klimatet

Återkomsttid	RH00	RH2000
Framtida 200-årsnivå	46,56	47,05
Framtida 100-årsnivå	46,23	46,72

2.4 Nederbörd

Modellen har belastats med ett teoretiskt CDS-regn med olika återkomsttider. CDS står för Chicago Design Storm och är ett typ-regn vars medelintensiteter för olika varaktigheter följer intensitets-varaktighetskurvor och var ursprungligen utvecklat för dimensionering och/eller analys av dagvattensystem [4][8]. Fördelen med CDS-regn är att det är anpassat till avrinningsområden av olika storlekar vilket säkerställer att samtliga delavrinningsområdena ska ge den optimala hydrologiska responsen.

Ett exempel för dimensionerande regn med 100-års återkomsttid redovisas i Figur 3.

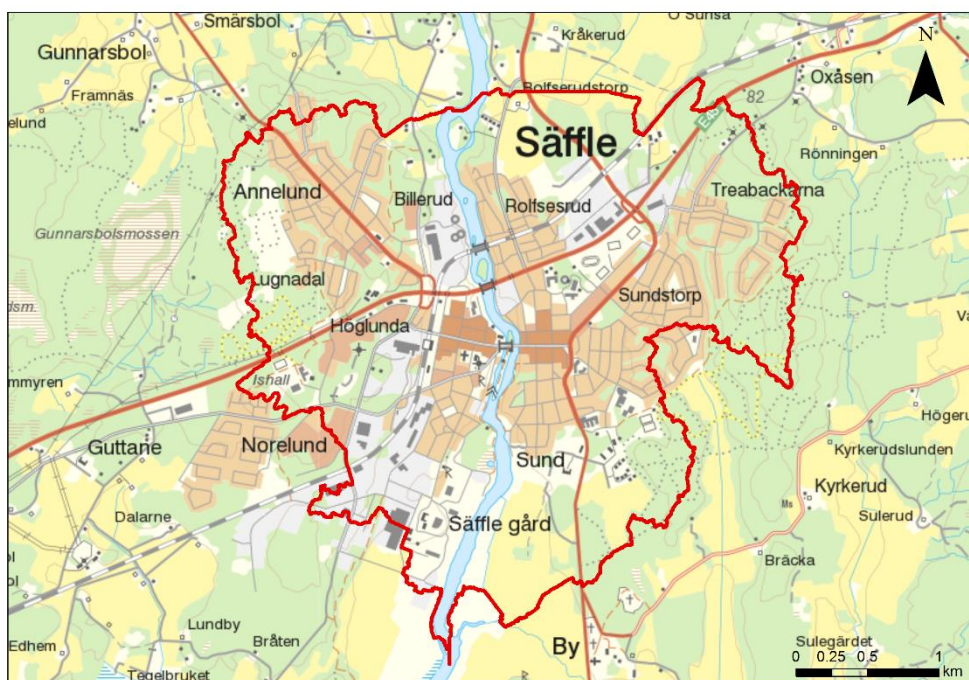


Figur 3. Dimensionerande CDS-regn

3 Metod

3.1 Avgränsningar

Modellområdets geografiska avgränsningar har tagits fram med hjälp en SWAT-analys utförd i ESRI tillägget ArcSWAT. ArcSWAT är ett GIS-integrerat användargränssnitt för analys av SWAT (Soil and Water Assessment Tool) och som beräknar rinnvägar och avrinningsområden utifrån en befintlig höjdmödel. Se Figur 4 för modellområdets avgränsning.



Figur 4. Avgränsning för modellerat område.

3.2 Avrinningstid för Sjöfles avrinningsområde

Avrinningstid för Sjöfles tätort har beräknats med hjälp av formler från Hampel [5], Kreps [3] och Kirpich [4]:

- Hampel: $T = 27,8 \cdot A^{0,5}$
- Kreps: $T = 52,2 \cdot A^{0,4}$
- Kirpich: $T = 0,0078 \cdot L^{0,77} \cdot i^{-0,385}$

Där:

- T : avrinningstid [minuter]
- A : avrinningsområdets storlek [km²]
- L : längden från översta till nedersta punkten i avrinningsområdet ([meter] med Hampel och Kreps, [fot] med Kirpich)
- i : medellutning utmed L [m/m]

Avrinningstiden har beräknats för den längsta rinnvägen inom studieområdet för skyfallsmodelleringen och resulterar i ett medelvärde på ca 100 min.

3.3 Scenarier

Översvämningskartorna har producerats för fyra scenarier. Två där den kombinerade pluviala och fluviala översvämningsrisken har simulerats och två rena s.k. skyfallskarteringar där hänsyn endast tagits till effekten av nederbörd enligt nedan.

Fyra beräkningsscenarier har utretts:

1. Ett klimatanpassat 100-årsregn kombinerat med ett klimatanpassat 100-årsflöde i Byälven och en framtida 100-årsnivå i Vänern motsvarande planeringsnivå zon 4 i Handboken Stigande vatten
2. Ett klimatanpassat 200-årsregn kombinerat med ett klimatanpassat 200-årsflöde i Byälven och en framtida 200-årsnivå i Vänern motsvarande planeringsnivå zon 3 i Handboken Stigande vatten.
3. Ett klimatanpassat 100-årsregn med antagen medelvattenföring i Byälven och medelvattenyta i Vänern.
4. Ett extremregn motsvarande Köpenhamnsregnet år 2011 med antagen medelvattenföring i Byälven och medelvattenyta i Vänern.

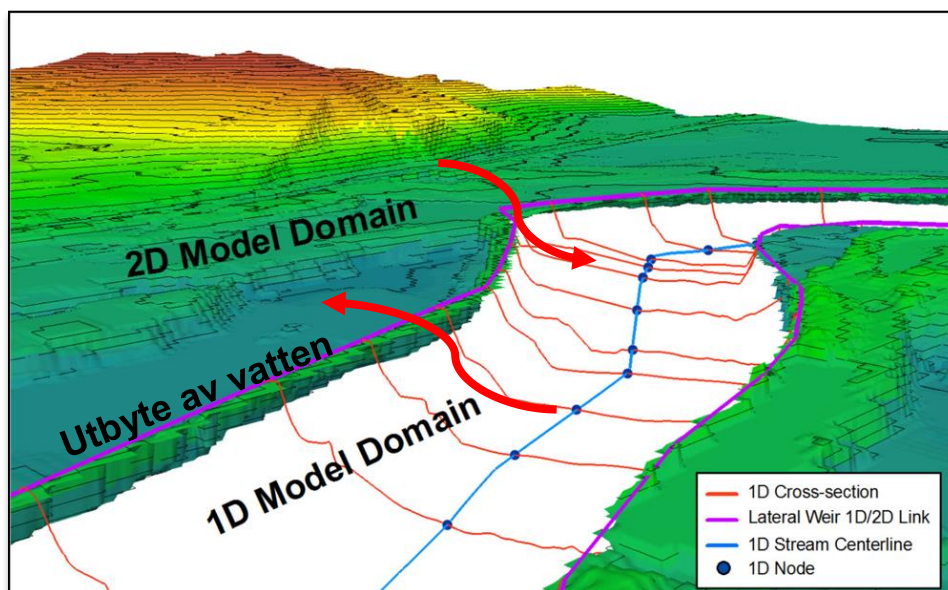
100-årsflödet och 200-årsflödet har klimatanpassats för den flödessituation som förväntas gälla vid slutet av seklet.

3.4 Hydrauliska beräkningsverktyg

För utredning av den kombinerade pluviala och fluviala översvämningrisken (scenario 1 och 2), har det tvådimensionella beräkningsverktyget MIKE 21-Classic kombinerats med det endimensionella hydrauliska beräkningsverktyget MIKE 11. Båda dessa beräkningsverktyg är framtagna av Danish Hydraulic Institute (DHI) och samlas under modellnamnet MIKE FLOOD vid simultansimulering av de två beräkningsverktygen [6].

Genom att kombinera de en- och tvådimensionella hydrauliska modellerna i samma beräkning får vattnet flöda fritt på en 2D-yta samtidigt som vattenföringen beräknas i Byälven. För beräkning i MIKE FLOOD justeras den del av MIKE 11-modellen som faller inom den tvådimensionella beräkningsdomänen så att den endast representerar själva vattendraget och inte översvämningplanet. Istället sammankopplas MIKE 11-modellen till MIKE 21-modellen längs den gemensamma strandkanten vilket möjliggör utbyte av vatten från båda modellerna. Principen bakom metoden visas schematiskt i Figur 5.

För scenario 3 och 4 har det tvådimensionella beräkningsverktyget MIKE 21-Classic nyttjats enskilt då dessa scenarier utgör rena skyfallssimuleringar och beskriver därmed endast den pluviala översvämningrisken. Vid simulering har den inmätta vattennivån vid inskanningstillfället av LAS-data antagits motsvara ungefärlig vattennivå vid medelvattenföring i Byälven.



Figur 5. Schematisk bild av principen bakom MIKE FLOOD [6]

3.5 Markanvändning

För att ta hänsyn till markens infiltration har en indelning gjorts av olika marktyper, vilka har erhållits utifrån Primärkartan. Marktyperna är indelade i två klasser: hårdgjorda ytor där ingen eller liten infiltration sker (så som byggnader och vägar) samt mjuka ytor där viss infiltration sker. Se Tabell 3 för klassning av olika marktyper.

Tabell 3. Klassificering av markanvändningen.

Kategori	Kommentar	Klassning
Byggnader		Hård
Vägar		Hård
Idrottsplaner	Mestadels grusplaner inom området	Hård
Innerstadsbebyggelse	Tät bebyggelse med mestadels asfalterade gårdar	Hård
Villaområde	Mer gröna områden	Mjuk
Grönområden	Parker, ängar	Mjuk
Skog		Mjuk
Vatten	Vattenansamlingar, vattendrag	Mjuk

Denna klassning ligger därefter som grund för indelning av markens råhet samt för nederbörd på olika marktyper.

3.6 Markens råhet

Hur fort vattnet flödar på markytan påverkas av markens råhet. Råheten anges i de hydrauliska modellerna som nyttjats för denna studie som Manningstal (M) där olika marktyperna har olika råhet. På släta ytor, så som asfalterade vägar, möter vattnet mindre motstånd och kan då flöda fortare. På dessa släta ytor har ett Manningstal på 80 antagits och på grövre ytor med mycket motstånd har ett Manningstal på 5 antagits [7].

3.7 Hänsyn till ledningsnät och infiltrationskapacitet

För att inte riskera att överskatta översvämningsutbredningen och vattendjupet har hänsyn till ledningsnätets kapacitet samt markens infiltrationskapacitet tagits genom schablonmässiga avdrag från nederbördsvolymen. Antaganden rörande ledningsnätets kapacitet samt markens infiltrationskapacitet har baserats på rekommendationer framtagna av DHI på uppdrag av MSB vid simulering av skyfall 2014 [9]. Argumentet för användandet av schablonmässiga avdrag baseras på antagandet att skyfall vanligtvis inträffar under sommarmånaderna juli – augusti då grundvattennivåerna generellt är låga och då det oftast finns magasinskapacitet i den omättade zonen i de översta jordlagren. Generellt gäller även att simulerat regn är av sådan storlek och återkomsttid att det med godo överstiger ledningsnätets kapacitet för att antagandet med schablonmässigt avdrag kan anses rimligt.

4 Resultat

Utifrån beräkningarna har maximalt vattendjup och vattenhastighet bearbetats och karterats för samtliga beräkningsscenarier. Utöver detta har även bedömd fara, också kallad "Hazard rating" beräknats då en översvämningsskade fara normalt utgörs av höga flöden och/eller höga vattennivåer. En alltmer vanlig beskrivning av faran har därför kommit att bli en kombination av vattendjup och vattenhastighet. Denna typ av information ger en bättre förståelse för hur olika områden kommer att drabbas och hur stor fara översvämningen utgör för allmänheten. Av denna anledning har även kartor med Hazard rating för personer som uppehåller sig i det översvämmade området producerats. Denna typ av information anses vara särskilt användbar för t.ex. räddningstjänsten i syfte att förbättra deras möjligheter att planera och optimera sina insatser. Bedömningen baseras på en matris över översvämningsskade fara framtagen av DEFRA 2006, se Figur 6.

För beräkning av Hazard rating tillämpas ekvationen:

$$\text{Hazard rating} = d(v + c)$$

Där:

- d = vattendjup (m)
- v = vattenhastighet (m/s)
- c = hastighetskoefficient

Velocity Coefficient C (V+C) * D	0.5									
Depth	Depth									
Velocity	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
0.00	0.13	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.25
0.50	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
1.00	0.38	0.75	1.13	1.50	1.88	2.25	2.63	3.00	3.38	3.75
1.50	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
2.00	0.63	1.25	1.88	2.50	3.13	3.75	4.38	5.00	5.63	6.25
2.50	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50
3.00	0.88	1.75	2.63	3.50	4.38	5.25	6.13	7.00	7.88	8.75
3.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
4.00	1.13	2.25	3.38	4.50	5.63	6.75	7.88	9.00	10.13	11.25
4.50	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50
5.00	1.38	2.75	4.13	5.50	6.88	8.25	9.63	11.00	12.38	13.75

	From	To	
Class 1	0.75	1.25	Danger for some
Class 2	1.25	2.50	Danger for most
Class 3	2.50	20.00	Danger for all

Figur 6. Exempel på matris för översvämningsskade fara, baserad på vattendjup (d), vattenhastighet (v) och en hastighetskoefficient (c).

Av dessa kartor framgår det tydligt var problem kommer att uppstå vilket medför att insatser för dessa platser kan prioriteras. Genom att endast utgå ifrån en översvämningsskade polygon saknas både information om vattendjup och vattenhastighet vilket försvårar prioriteringsarbetet.

Resultatkartor har tagits fram för hela modelldomänen. Kartorna är inkluderad i Bilaga 1 och Bilaga 2. Bilaga 1 innehåller översiktsskarteringarna och i Bilaga 2 de karterade resultaten inom in-zoomade områden.

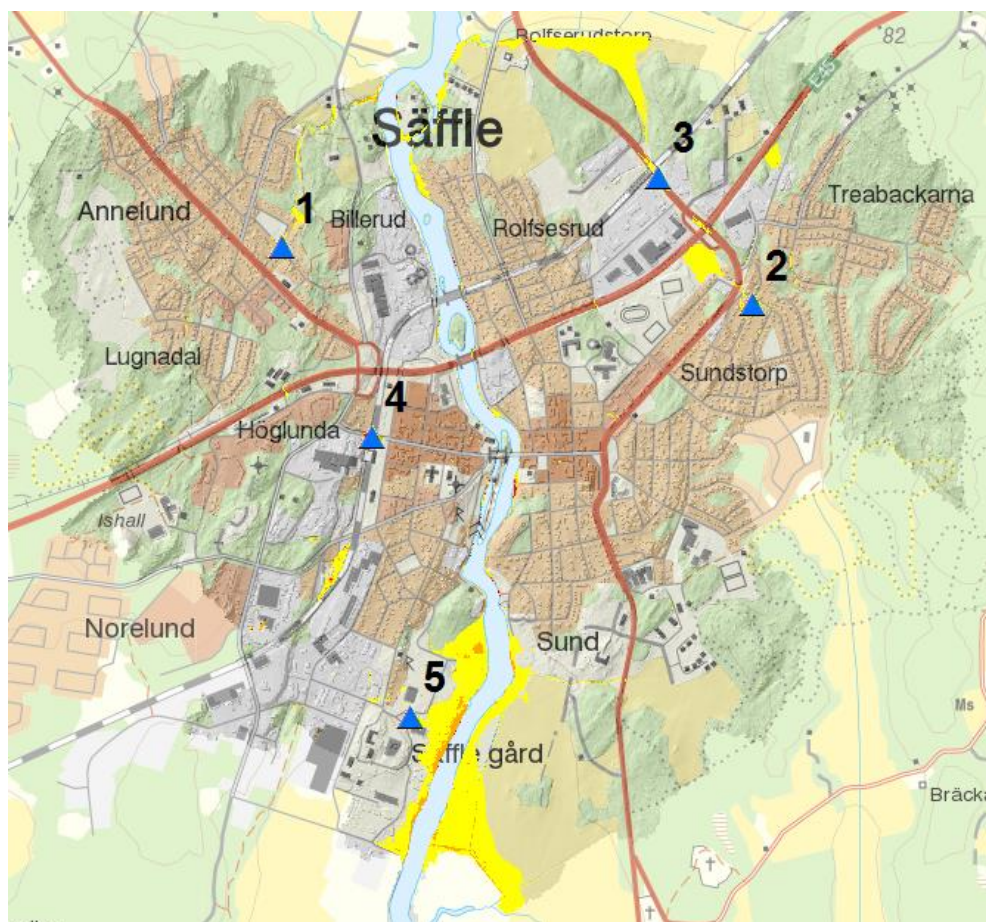
För respektive scenario har tre kartor (sammanlagt 12 kartor) skapats innehållandes information om vattendjup, vattenhastighet samt beräknad Hazard rating.

Tabell 4. Vattenutbredning vid de olika scenarierna

Scenario	Area [km ²]
P100 Q100	2,6
P100	2,0
P200 Q200	3,1
PCopenhagen	3,2

För att jämföra de olika scenarierna ytterligare har områden i Säffle valts ut där man jämfört värden för Hazard rating. Områdena valdes utifrån deras samhällsnyttiga funktion, att det dagtid antas befinna sig många människor i området samt att de förväntas påverkas av pluvial översvämning vid skyfall. Utvalda platser visas i Figur 7 och är bostadsområdet mellan Annelund och Billerud, bostadsområdet i Sundstorp, korsningen mellan Väg 175 och järnvägsspåret, Västra Storgatan nära Säffle station och Herregårdsgymnasiet.

Sammanställningen visas i Tabell 5. En jämförelse mellan 100-årsregn kombinerat med 100-årsflöde och 200-årsregn kombinerat med 200-årsflöde visar enligt förväntan på högre värden vid en högre återkomsttid. Resultaten från Köpenhamnsregnet indikerar liknade utbredning och trend som vid ett 100-årsregn, men har något högre värden för Hazard rating vid bostadsområde mellan Annelund och Billerud och korsningen mellan Väg 175 och järnvägsspåret. Vid bostadsområde mellan Annelund och Billerud är den beräknade Hazard rating vid scenariot med Köpenhamnsregn 2,12 och med 100-årsregn 1,00. Samma trend visas vid korsningen mellan Väg 175 och järnvägsspåret med större beräknad Hazard rating vid scenariot med Köpenhamnsregn (2,27) och 1,30 vid scenariot med 100-årsregn.



Figur 7. Översiktskarta med de utvalda områdena. Bakgrund visar Hazard rating för scenario med 200-årsregn och 200-årsflöde

Tabell 5. Beräknad Hazard rating vid de utvalda områdena i Säfte

Utvalt område	P100* Q100**	P200* Q200**	P100*	Köpenhamns regn
1: Bostadsområde mellan Annelund & Billerud	0,86	1,28	1,00	2,12
2: Bostadsområde i Sundstorp	0,82	1,00	0,80	1,21
3: Korsningen mellan Väg 175 och järnvägsspåret	1,26	1,45	1,30	2,27
4: Säfte station – Västra Storgatan	1,46	1,54	1,46	1,93
5: Herregårdsgymnasiet	0,75	0,88	0,60	0,96

* P: Årsregn

** Q: Årsflöde

5 Slutsats och rekommendationer

Resultaten från de kombinerade pluviala och fluviala översvämningsanalyserna visar att översvämningsområdena är främst koncentrerade över ytorna längs Byälven. Vattendjupet uppgår till över 1,5 m i vissa områden bl.a. vid Säfflegård. Högsta värdena för Hazard rating visas nära Säffles station samt i korsningen mellan Väg 175 och järnvägsspåret.

Resultaten från enbart de pluviala översvämningsanalyserna är mer utspridda över en större area. Scenario med Köpenhamnsregn har högre vattendjup och vattenhastighet än 100-årsregn då vi har en större intensitet i nederbörd.

5.1 Eventuella felaktigheter i modellen och dess påverkan på resultaten

- Hänsyn till ledningsnätets kapacitet samt markens infiltrationskapacitet tagits genom schablonmässiga avdrag från nederbördsvolymen. Ledningsnätets förmåga att transportera vatten mellan olika platser, och därmed påverka översvämningsutbredningen, har ej inkluderats.
- Vägtrumms förmåga att leda vatten under vägar har ej heller inkluderats i modellen. Även detta kan komma att påverka översvämningsutbredning och framförallt vattendjup uppströms vägbankar.
- Terrängmodellen har en upplösning på 2 x 2 m vilket innebär att mindre öppningar eller gatstenar som kan ändra vattnets väg inte har kunnat tagits hänsyn till vilket även det kan påverka den resulterande översvämningsutbredningen. Resultaten bör därmed ej användas för detaljerade kartor.

6 Referenser

- [1] Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerade flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.
- [2] Sjökvist m.fl., 2015. Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier. SMHI Klimatologi nr 15.
- [3] Länsstyrelsen Västra Götalands & Värmlands län (2010). *Faktablad – Vätern. Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotande områden*. Version 1.
- [4] Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. (1988). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series.
- [5] Räddningsverket Karlstad (2003). *Förstärkningsåtgärder för slänter och raviner i morän och annan grov sedimentjord*. FoU rapport, P21-425/03.
- [6] Danish Hydraulic Institute (DHI) (2017). *MIKE FLOOD 1D-2D Modelling: User Manual*. www.dhigroup.com
- [7] US Army Corps of Engineers (2010). "HEC-RAS River Analysis System: Hydraulic Reference Manual". Version 4.1.
- [8] Dahlström, B., 2010. *Regnintensitet – en molnfysikalisk betraktelse* (nr. 5). Svenskt Vatten Utveckling, Stockholm.
- [9] Danish Hydraulic Institute (DHI) (2014). Kartläggning av skyfall påverkan på samhällsviktig verksamhet – Framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå.

7 Bilagor

14 (14)

RAPPORT
2018-08-15

SKYFALLSMODELLERING FÖR SÄFFLE