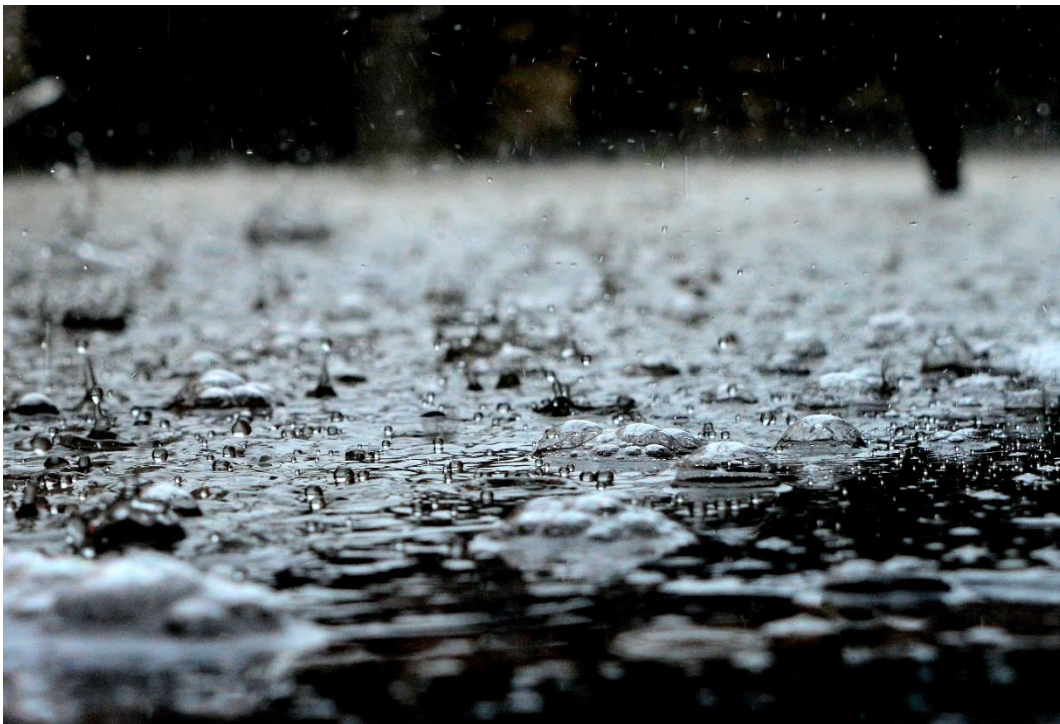

SKYFALLSKARTERING ÄNGELHOLMS KOMMUN

ÄNGELHOLMS KOMMUN

En beskrivning av hur Ängelholms kommun påverkas av skyfall

UPPDRAGSNUMMER 13006285



VERSION 2.0
2019-01-23

Förord

På uppdrag av Ängelholms kommun har Sweco genomfört en skyfallskartering av hela Ängelholms kommun. Uppdragsledare på Sweco har varit Joanna Theland. Beatrice Nordlöf har varit huvudsaklig handläggare och Sebastian Bokhari Irminger har varit kvalitetssäkrare. Projektledare på Ängelholms kommun har varit Geraldine Thiere. I arbetsgruppen på kommunen har även Roger Karlsson (VA), Katinka Lovén (Plan), Annika Högfeldt (GIS) och Jonas Henriksson (GIS) ingått. Kommunens klimatanpassningsgrupp har varit delaktig i förarbetena och metodurval till detta uppdrag.

Skyfallskarteringen är en del av de riskunderlag för översvämningar som ska ingå i en kommunövergripande beredskapsplan mot översvämningar, där riskområden och åtgärder preciseras i enlighet med Plan för slutrapport till beredning (KS 2015/58) och motsvarande KF beslut (KS 2015/67).

Statliga bidrag till lokala naturvårdsprojekt inom Naturvårdsverkets våtmarkssatsning medfinansierar genomförandet av detta projekt.


Joanna Theland, uppdragsledare


Sebastian Bokhari Irminger, kvalitetssäkring

Sammanfattning

Sweco har på uppdrag av Ängelholms kommun genomfört en skyfallskartering för hela Ängelholms kommun.

Syftet med utredningen var att ta fram ett översiktligt, lättillgängligt och pedagogiskt kartmaterial för kommunens fortsatta arbete med skyfallsrelaterade frågor. Materialet omfattar inte översvämning längs vattendrag vid höga flöden eller översvämningar i fastigheter orsakad av baktryck i ledningsnätet.

Skyfallskarteringen inkluderar:

- Utbredning av lågpunkter
- Rinnvägar och avrinningsområden
- Översvämningsutbredning vid varierande avrinning på markytan (varierande nettoregn)
- Översvämningsutbredning och vattendjup vid ett klimatkompenserat 100-årsregn
- Dämningsområden uppströms begränsande sektioner i vattendrag

Resultaten från skyfallskarteringen visualiseras i kapitel 4. Samtliga resultat levereras även som GIS-skikt. Vissa resultat är utformade för att i huvudsak underlätta för plansidan vid värdering av områdets lämplighet för nyexploatering med avseende på översvämningsrisker vid skyfall. Andra resultat är utformade för att användas övriga delar av Uppdrag Samhälle och Krisledningen, t.ex. i samband med utrednings- och åtgärdsarbeten.

I genomförandet av projektet har även den mest aktuella och högupplösta höjddata från kommunen sammanställts, kvalitetssäkrats och implementerats i verktyget SCALGO Live. Kommunen kan på så sätt arbeta vidare med skyfallsfrågan både med hjälp av levererat kartmaterial samt med kommunens egna version av SCALGO Live.

För att sprida skyfallskarteringen och dess användningsområden inom den kommunala organisationen föreslår Sweco att ett eller flera workshoptillfällen anordnas.

Workshoptillfällena kan antingen utformas till att informera om projektresultaten och utbilda i hur resultaten kan tillämpas, eller vidareutveckla och förädla projektresultaten, eller både och.

Innehållsförteckning

1	Projektbeskrivning	1
1.1	Syfte	1
1.2	Avgränsning	1
1.2.1	Projektavgränsning	1
1.2.2	Geografisk avgränsning	1
1.3	Programvaror	2
1.4	Underlag	2
2	Generell förståelse för skyfall i staden	4
2.1	Systemförståelse	4
2.2	Återkomsttid	4
2.3	Regn – volym och varaktighet	6
2.4	Kommunalt ansvar och riktlinjer kopplade till skyfall	7
3	Metod	8
3.1	SCALGO Live	8
3.1.1	Fördelar	9
3.1.2	Nackdelar	9
3.2	Regnbelastning	10
3.2.1	Bruttoregnetns volym och varaktighet	10
3.2.2	Ledningsnät och infiltration	12
3.2.3	Nettoregn	12
3.3	Trummor/broar i vattendrag	14
4	Skyfallskartering	15
4.1	Påverkansområde för skyfall	15
4.2	Avrinningsområden och vattnets rinnvägar	16
4.3	Översvämningsutbredning	18
4.4	Vattendjup	19
4.5	Översvämningsutbredning och lågpunkter	20
4.6	Visualisering av flackare och brantare rinnvägar	20
4.7	Digital leverans	21
5	Lager och analyser i kommunens SCALGO Live	23
5.1	Höjdmodeller	23
5.2	Analys	24
5.3	Övriga lager	25
6	Vidare arbete	27
6.1	Användning av levererat material	27
6.2	Vidareutveckling av levererat material	27
7	Referenser	29

1 Projektbeskrivning

1.1 Syfte

Syftet med föreliggande utredning är att ta fram ett översiktligt, lättillgängligt och pedagogiskt kartmaterial för kommunens fortsatta arbete med skyfallsrelaterade frågor. Kartmaterialet benämns *skyfallskartering* och inkluderar:

- Utbredning av lågpunkter
- Rinnvägar och avrinningsområden
- Översvämningsutbredning vid varierande avrinning på markytan (varierande nettoregn)
- Översvämningsutbredning och vattendjup vid ett klimatkompenserat 100-årsregn
- Dämningsområden uppströms begränsande sektioner i vattendrag

I genomförandet av projektet har även den mest aktuella och högupplösta höjddatan från kommunen sammanställts, kvalitetssäkrats och implementerats i verktyget SCALGO Live. Kommunen kan på så sätt arbeta vidare med skyfallsfrågan både med hjälp av levererat kartmaterial samt med kommunens egna version av SCALGO Live.

1.2 Avgränsning

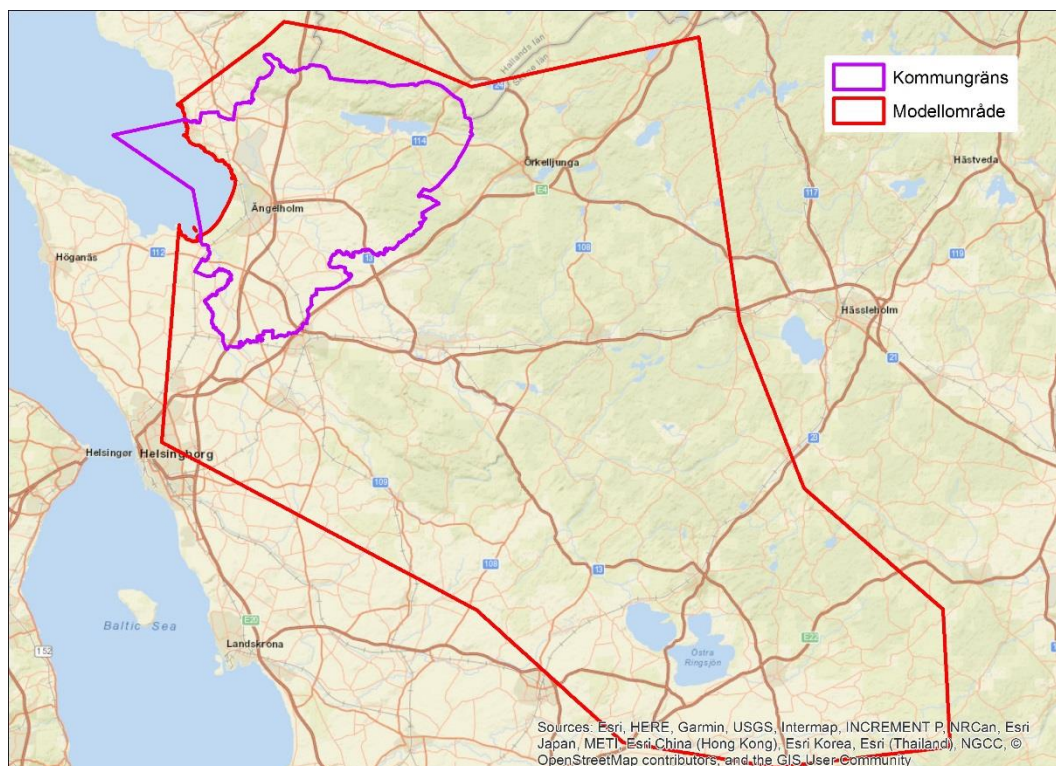
1.2.1 Projektavgränsning

Framtaget underlag beskriver översvämnning och avrinning på markytan vid skyfall. Underlaget avser inte beskriva översvämnning längs vattendrag orsakade av höga flöden eller översvämnningar i källare orsakad av baktryck i ledningsnätet.

Kommunens beställning omfattar inte vidare analyser baserat på framtaget materialet. Exempel på efteranalyser som kan göras med hjälp av framtaget material är bedömning av översvämningsrisker i pågående detaljplaneområden, prioritering av befintliga riskområden, analys av lämpliga åtgärdsförslag, med mera. I kapitel 5 ger Sweco förslag på hur framtaget material kan tillämpas och vidareutvecklas för att ge bästa möjliga stöd i kommunens fortsatta arbete.

1.2.2 Geografisk avgränsning

Undersökningsområdet omfattar hela Ängelholms kommun. Beräkningar har gjorts för ett större område som även omfattar de uppströms belägna områden som avvattnas ytledes in i kommunen. Då kommunen genomskärs av två större vattendrag (Rönne Å och Vege Å) omfattar modellområdet hela avrinningsområdena för dessa vattendrag, vilket medför att modellområdet är avsevärt större än kommunen. Den geografiska avgränsningen för området för vilket beräkningar gjorts visas i figur 1.1.



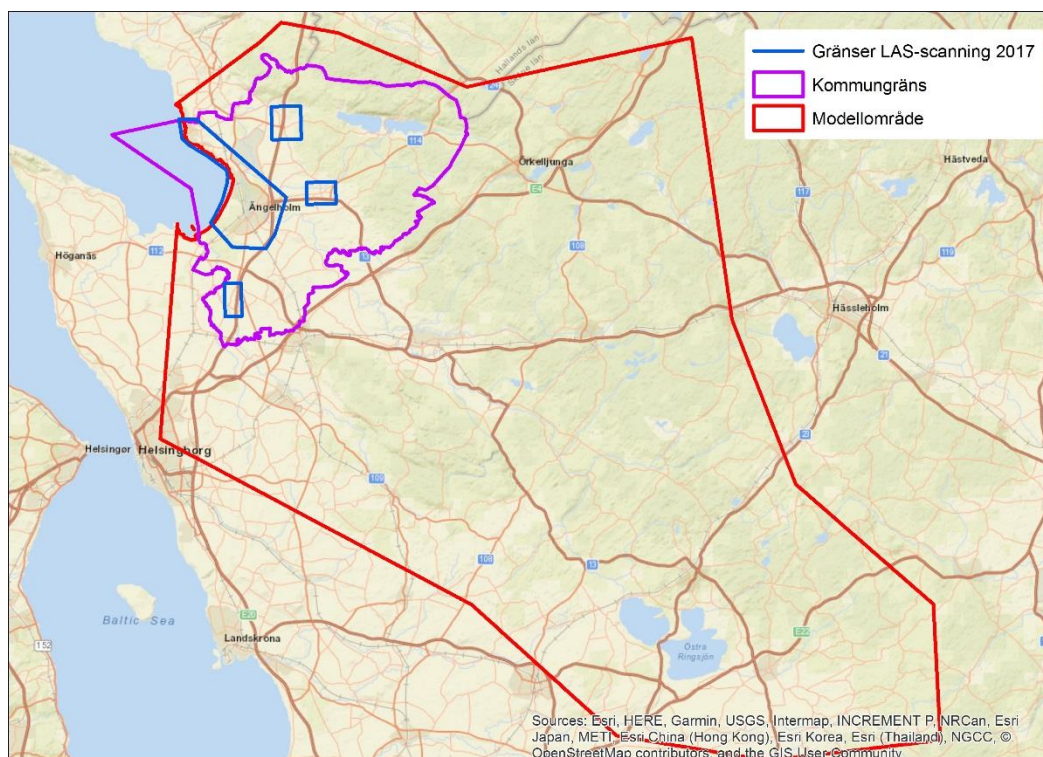
Figur 1.1 Geografisk avgränsning för modellområde. Modellområdet omfattar hela kommunen samt de områden som rinner ytledes in i kommunen. Bakgrundskarta: ESRI.

1.3 Programvaror

Skyfallskarteringen genomfördes med hjälp av SCALGO Live med efterbearbetning i ESRI ArcMap, version 10.4.

1.4 Underlag

Skyfallskarteringen baserades på höjddata levererad av Ängelholms kommun. Erhållna höjddata kommer från en laserscanning över tätorterna genomförd 2017 samt från Lantmäteriets nationella höjddata som baseras på laserscanning genomförd 2010. Höjddata från tätorterna har interpolerats i ArcMap till en höjddata med en upplösning om 1x1 m. För delar av kommunen som inte omfattades av 2017 års scanning används Lantmäteriets höjddata med upplösning 1x1 m, som levererats till Sweco av Ängelholms kommun. För de delar av modellområdet som ligger utanför Ängelholms kommun har Lantmäteriets höjddata (Grid 2+) med upplösning 2x2 m använts. Figur 1.2 visar vilka områden som omfattades av laserscanningen 2017.



Figur 1.2 Områden som LAS-scannades 2017 visas i blått. För resterande delar av kommunen används höjddata från Lantmäteriets nationella höjdm modell med upplösning 1x1 m. Utanför kommunen används Lantmäteriets nationella höjdm modell med upplösning 2x2 m. Bakgrundskarta: ESRI.

Höjdm modellen har kvalitetssäkrats och korrigerats med syfte att skapa en hydrologiskt korrekt modell som gör det möjligt för vatten att finna den korrekta vägen när höjdm modellen används i vattenrelaterade beräkningar. När höjdm modellen korrigerats har kulvertar längs med vattendragen i kommunen öppnats upp och broar och viadukter justerats. Korrigeringar av höjdm modellen har endast gjorts inom Ångelholms kommungräns. För områden utanför kommungränsen finns därför en viss osäkerhet kopplat till de beräknade rinnvägarna, då vissa kulvertar och passager inte är med i terrängmodellen vilket gör att vatten kan behöva hitta en annan väg. Detta bedöms ha en mycket begränsad påverkan på beräkningsresultaten inom kommunen, då områden utanför kommunen avvattnas mot de stora vattendragen, vars väg genom kommunen är korrekt representerade i höjdm modellen.

Som underlag för bearbetningen har GIS-material som visar vattendrag, diken, vägar och järnvägar i kommunen använts. Underlaget kommer från kommunens GIS-databas.

Information avseende byggnaders placering kommer från Lantmäteriets fastighetskarta (GSD-Fastighetskartan, byggnader).

Samtliga figurer som presenteras har Lantmäteriets ortofoto (GSD-Ortofoto) som underlagskarta om ej annat anges.

2 Generell förståelse för skyfall i staden

2.1 Systemförståelse

Begreppet skyfall används ofta för att beskriva händelser då stora mängder regn faller på kort tid. Enligt SMHI definieras skyfall som minst 50 mm regn på en timme eller minst 1 mm regn på en minut (SMHI, 2017). I föreliggande rapport används begreppet skyfall bredare och innebär regn som överstiger ledningsnätets kapacitet och som således orsakar betydande avrinning på markytan.

Skyfall orsakar generellt störst problem i instängda områden. Med instängda områden avses områden där vatten måste stiga till en viss tröskelnivå innan vattnet kan rinna vidare på ytan. Att instängda område normalt sett är mer riskutsatta beror på att områdena är beroende av ett ledningsnät för att kunna avvattnas, och när ledningsnätets kapacitet överskrids så blir vattnet stående utan möjlighet att rinna vidare på ytan.

I motsats till de instängda områdena så kan vatten från icke instängda områden alltid rinna vidare på ytan. Avrinningen kommer då att ske längs lågstråk i terrängen. Lågstråken kallas *rinnvägar*. Även om vattnet inte fastnar längs rinnvägarna så kan betydande mängder vatten transporteras, vilket innebär att lågstråk i likhet med instängda områden bör betraktas som områden med förhöjd risk för översvämning vid skyfall.

2.2 Återkomsttid

Inom fysisk planering används ofta begreppet *återkomsttid* för att beskriva de vädersituationer som tekniska system ska hantera utan att överbelastas. Uttryckt något annorlunda kan sägas att återkomsttiden används som dimensioneringsförutsättning för tekniska system. Återkomsttiden uttrycks ofta som år, exempelvis 10-årshändelse eller 100-årshändelse. Begreppet misstolkas ofta som att en 10-årshändelse inträffar en gång på 10 år, en 100-årshändelse en gång på 100 år, o.s.v. vilket alltså ej är korrekt.

Definitionsmässigt är återkomsttid en beskrivning av sannolikheten att en händelse inträffar under ett givet år, inte en beskrivning av hur lång tid som går mellan två händelser. Skillnaden kan tyckas liten, men den felaktiga tolkningen att en 100-årshändelse händer en gång på 100 år kan leda till en falsk trygghetskänsla om man tror att samhället är skyddat i 100 år när dess tekniska system dimensioneras för 100-årshändelser. Det matematiska sambandet mellan återkomsttid (T) och sannolikhet (P) är

$$\text{Sannolikhet (P)} = \frac{1}{\text{Återkomsttid (T)}}$$

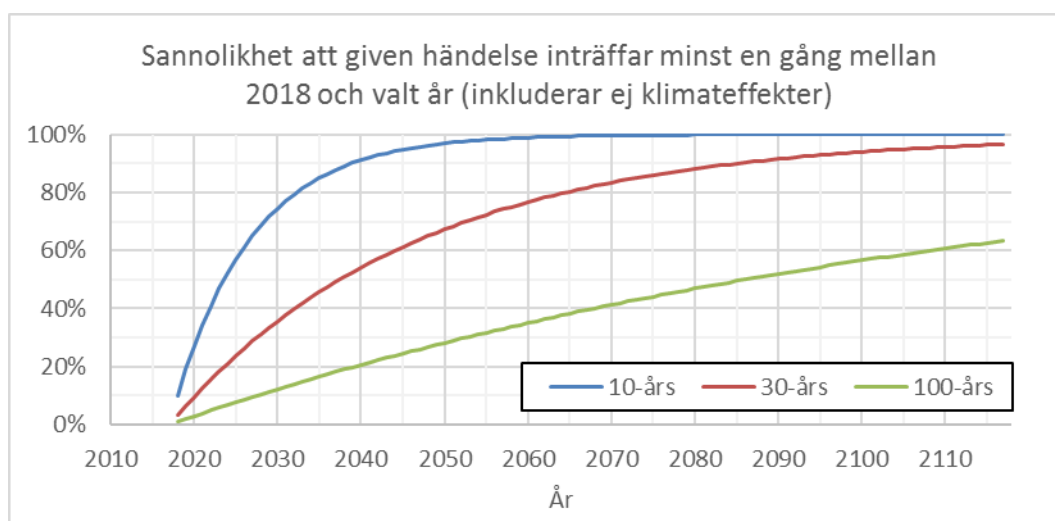
Formeln ovan ger att sannolikheten för en 10-årshändelse under ett givet år är $1/10=10\%$, en 100-årshändelse (eller mer) är $1/100=1\%$, o.s.v. I praktiska termer är det sällan relevant att veta sannolikheten för överbelastning under enskilda år. Istället är det sannolikheten att tekniska system överbelastas någon gång under långa perioder, exempelvis systemens livslängd, som är viktigt att känna till. Sannolikhet över en längre tid kallas *ackumulerad sannolikhet*.

I tabell 2-1 ses den ackumulerade sannolikheten att händelser med olika återkomsttid inträffar någon gång under en studerad period. Det framgår att ju längre tidsperiod som studeras desto större är sannolikheten att en händelse inträffar. Sannolikheten att en 100-årshändelse inträffar någon gång under en 50-årsperiod är 39%, medan sannolikheten fån samma händelse under en 100-årsperiod är 63%. Dimensionering för en 100-årshändelse är alltså ingen garanti att samhället är skyddat under en 100-årsperiod.

Tabell 2-1 Beskrivning av den ackumulerade sannolikhet som erhålls vid en given återkomsttid sett över en given period.

		Studerad period					
		10 år	20 år	30 år	50 år	85 år	100 år
Återkomsttid	10 år	65%	88%	96%	99%	100%	100%
	25 år	34%	56%	71%	87%	97%	98%
	50 år	18%	33%	45%	64%	82%	87%
	100 år	10%	18%	26%	39%	57%	63%
	200 år	5%	10%	14%	22%	35%	39%
	1000 år	1%	2%	3%	5%	8%	10%

I figur 2.1 visas ackumulerad sannolikhet på ett annat sätt. I figuren ses sannolikheten att ett 10-års, 30-års och 100-årsregn inträffar minst en gång mellan idag (2018) och ett godtyckligt valt år i framtiden. Exempelvis ses att sannolikheten att ett 10-årsregn inträffar någon gång mellan 2018 och 2040 är cirka 90%, medan sannolikheten att ett 100-årsregn inträffar under samma period är cirka 20%. Figuren inkluderar inte klimateffekter.



Figur 2.1 Sannolikheten att en händelse inträffar minst en gång mellan 2018 och ett godtyckligt valt år i framtiden. Figuren inkluderar inte klimateffekter.

Oavsett vilken dimensionerande återkomsttid som används så finns alltid viss sannolikhet att systemen överbelastas. System som dimensioneras för att "aldrig" överbelastas kommer att vara så överdimensionerade att de sällan är samhällsekonomiskt försvarbara eller praktiskt genomförbara. Genom att veta ackumulerad sannolikhet för och konsekvenserna av att system överbelastas erhålls verktyg för att fatta välvägda beslut kring vilka dimensioneringsförutsättningar som är rimliga sett till platsens totala risk (sannolikhet gånger konsekvens).

2.3 Regn – volym och varaktighet

För att tala om regn och återkomsttid är det viktigt att förstå att regnhändelser består av både regnvolym och varaktighet. En och samma regnvolym får olika återkomsttid om regnvolymen faller under en 30-minutersperiod, en timme eller ett dygn. Det finns således inte ett enskilt 10-årsregn, 50-årsregn eller 100-årsregn, utan oändligt många (eftersom det finns oändligt många teoretiskt möjliga varaktigheter).

Med Dahlströms formel (2010) (Svenskt Vatten Utveckling, 2010) är det möjligt att beräkna den regnvolym som vid en given varaktighet svarar mot en viss återkomsttid. Regnet som beräknas är ett så kallat blockregn. I ett blockregn är regnets intensitet samma under hela regnets varaktighet. I tabell 2-2 visas blockregnsvolymerna för regn med återkomsttider mellan 10 och 100 år och varaktigheter mellan 10 min och 24 timmar.

Klimatförändringar förväntas leda till ökade regnmängder. Kolumnen längst till höger, kallad 100 år klimat, är en ökning av dagens 100-årsregn med 25 % och beskriver förväntade blockregnsvolymerna i ett framtida klimat (Svenskt Vatten, 2016).

Tabell 2-2 Sammanställning av blockregnsvolymerna för regn med återkomsttider mellan 10 och 100 år för varaktigheter mellan 10 min och 24 timmar enligt Dahlström (2010) (Svenskt Vatten Utveckling, 2010). Klimatjusteringen har gjorts genom att öka 100-årsregnet med 25 % enligt rekommendation från P110 (Svenskt Vatten, 2016).

		Återkomsttid				
		10 år	25 år	50 år	100 år	100 år klimat
Varaktighet	10 min	14 mm	19 mm	23 mm	29 mm	36 mm
	30 min	21 mm	28 mm	35 mm	44 mm	55 mm
	1 h	26 mm	35 mm	43 mm	55 mm	69 mm
	2 h	31 mm	42 mm	52 mm	65 mm	81 mm
	6 h	42 mm	55 mm	68 mm	85 mm	106 mm
	12 h	51 mm	66 mm	81 mm	100 mm	125 mm
	24 h	65 mm	81 mm	98 mm	119 mm	149 mm

Vid dimensionering av tekniska system som syftar till avvattning av bebyggda områden används återkomsttid och varaktighet i varierande kombinationer utifrån förutsättningar rekommenderade av branschorganisation Svenskt Vatten.

2.4 Kommunalt ansvar och riktlinjer kopplade till skyfall

Det kommunala ansvaret kopplat till regn beror på regnets storlek. Mindre regn ska tas om hand av ledningsnätet och dimensionering sker enligt gällande branschpraxis, idag används P110 (Svenskt Vatten, 2016). Regn som överstiger dimensioneringskrav behöver inte tas om hand i ledningsnätet och rinner därmed av på ytan, alternativt blir stående i lågpunkter.

Nedan beskrivs kommunens juridiska ansvar vid situationer när ledningsnätets kapacitet överskrids. Ansvaret beskrivs enklast indelat efter begreppen ny respektive befintlig bebyggelse.

För **ny bebyggelse** regleras ansvaret kopplat till skyfall huvudsakligen i plan- och bygglagen (PBL). Där framgår det att ny bebyggelse i detaljplan ska lokaliseras till lämplig mark utifrån risken för översvämning. Kommunen har utredningsskyldighet för att klarlägga om marken är lämplig. För att avgöra om marken är lämplig rekommenderar Svenskt Vatten att ny bebyggelse anpassas så att skador på byggnader undviks vid regn med en återkomsttid om minst 100 år (Svenskt Vatten, 2016).

Kommunen kan komma att bli skadeståndsskyldiga mot fastighetsägare om bebyggelse tillåts på olämplig mark, eller om kommunen låter bli att inhämta tillräcklig kunskap. Skadeståndsansvaret preskriberas 10 år efter att planen har antagits.

För **befintlig bebyggelse** saknar kommunen motsvarande planläggningsansvar. Dock infördes 1 augusti 2018 en förändring i PBL som innebär att kommunen är skyldig att beakta klimatrelaterade risker i sin översiktsplan. Kommunen ska i översiktsplanen redogöra för sin syn på risken för skador som kan följa av översvämning, ras, skred och erosion. Av översiktsplanen ska även framgå hur sådana risker kan minska eller upphöra. (3 kap 5 §, PBL 2018:1370)

Ytterligare lagstiftning som berör skyfall och översvämningar är lag (2003:778) om skydd mot olyckor. Vid olyckor eller överhängande fara för olyckor gäller att kommunen ansvarar för räddningstjänst. Konkret innebär detta att kommunen vid skyfall som orsakar plötsliga översvämningar har en skyldighet att agera med räddningsinsatser i den utsträckning det är möjligt. Ansvaret innebär att hindra eller begränsa skador, dock inte att ersätta förstörd egendom (SOU, 2017).

3 Metod

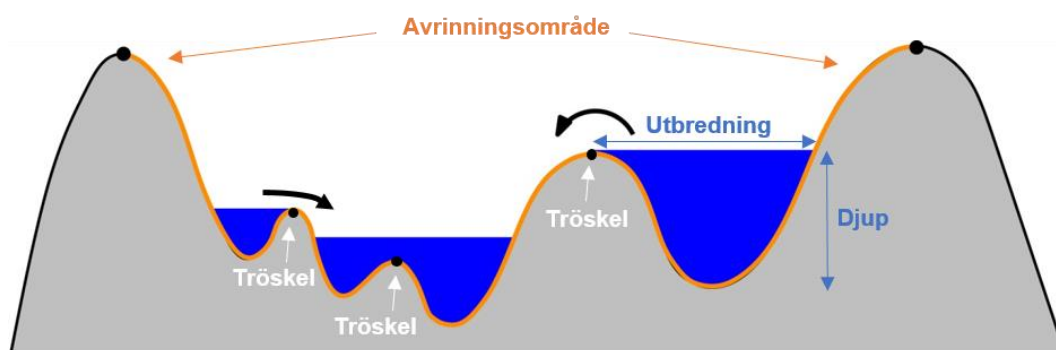
Skyfallskarteringen för Ängelholms kommun är genomförd med beräkningsverktyget SCALGO Live. Nedanstående kapitel beskriver den valda karteringsmetoden och de antaganden som ligger till grund för skyfallskarteringen.

3.1 SCALGO Live

SCALGO Live är ett GIS-baserat verktyg som används för att analysera höjddata ur ett ytvattenperspektiv. I analysen används både terrängdata och vattenvolymer för att identifiera vilka områden som översvämmas vid en given vattenvolym, principen visas i figur 3.1. Analysmetoden har en koppling mot mängden vatten som genereras vid olika regnhändelser och kan därför användas för att identifiera riskutsatta områden vid givna händelser. Metoden är statisk, till skillnad mot de tvådimensionella hydrauliska beräkningsmodeller som traditionellt använts vid skyfallskarteringar. Detta innebär att metoden saknar dynamiska (tidsberoende) aspekter, och därmed inte kan identifiera effekter av tröghet i systemet.

SCALGO Live beräknar hur vatten kommer att ställa sig i terrängen när terrängen belastas med en viss mängd vatten. Om tillräckligt mycket vatten rinner till en lågpunkt för att den ska fyllas upp kommer vatten att kunna rinna vidare till nästa lågpunkt enligt figur 3.1. Om den vattenvolym som belastar terrängen inte är tillräcklig för fylla upp lågpunkten kommer inget vatten att rinna vidare från lågpunkten. Översvämningar inom instängda områden blir, till skillnad från en lågpunktsanalys, beroende av vilken typ av regn som studeras.

Med SCALGO Live kan man visualisera de rinnvägar som är aktiva vid en given volym nettoregn. I takt med att nettoregnet ökar kan nya rinnvägar uppstå när områden fylls upp och svämmar över. Om tillräckligt stor volym studeras visas rinnvägar från avrinningsområdets högsta punkt till dess lägsta (recipienten). Då metoden saknar dynamisk aspekt kan utbredning och vattendjup inte beräknas i rinnvägarna.



Figur 3.1 Visualisering av beräkningsmetodik i SCALGO Live. Mängden vatten som terrängen belastas med rinner till närmsta lågpunkt. Om mängden vatten är tillräcklig så fylls lågpunkten upp till sin tröskelnivå (svarta prickar), och vattnet rinner vidare till nästa område (svarta pilar). Ju större nettoneböröd som belastar terrängen desto större kommer avrinningsområdet för den lägsta punkten att vara. Orange markering visar det avrinningsområde som bidrar med vatten till det lägst liggande instängda området. Vattnets djup och utbredning (blå pilar) vid en given nettoneböröd kan beräknas eftersom metoden tar hänsyn till mängden tillgängligt vatten.

3.1.1 Fördelar

- Mer ändamålsenligt än traditionell lågpunktskartering i GIS-programvara eftersom det finns en koppling mot volym och därmed mot regnhändelser.
- Mycket snabbare beräkningstider än tvådimensionell hydraulisk modell, detta möjliggör att:
 - Det går att tillgodogöra sig högupplöst höjddata över stora områden
 - Det går att hitta fel i samt justera höjddata på ett tidseffektivt sätt, även sent i projektet
 - Det går att analysera många olika regnhändelser vilket skapar mycket god systemförståelse
 - Det går att analysera många alternativa höjdförhållanden, exempelvis inverkan av kustskydd

3.1.2 Nackdelar

- Inte samma dynamik som tvådimensionell hydraulisk modell, detta innebär att:
 - Det inte går att uppskatta vattendjup, strömningshastighet eller flöde i rinnvägarna
 - Det inte går att undersöka varaktigheten på beräknade översvämningar (utbredningar och vattendjup)

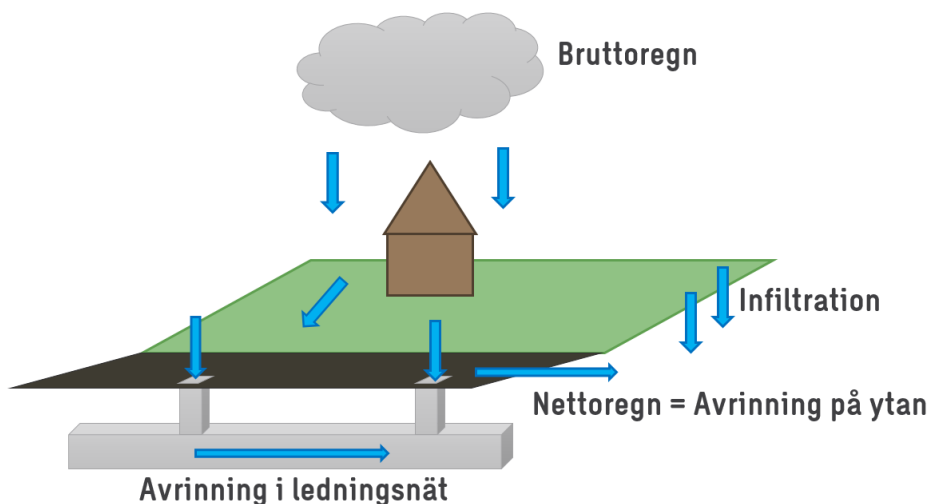
- Det inte går att undersöka dynamiskt hur ledningsnät eller infiltration påverkar ytavrinning och avvattning

3.2 Regnbelastning

Den valda karteringsmetoden SCALGO Live beräknar hur vatten inställer sig i lågpunkter i terrängen då vatten avrinner på ytan. För att en kartering med SCALGO Live ska ge en rättvisande beskrivning av vilka områden som kan översvämmas vid ett skyfall behöver modellen belastas med ett *nettoregn*. Nettoregnet är den volym vatten som finns kvar när avdrag har gjorts för markens infiltrerande förmåga och ledningsnätets avledande kapacitet:

$$\text{Nettoregn} = \text{Bruttoregn} - \text{Ledningsnät} - \text{Infiltration}$$

Principen illustreras i figur 3.2 nedan.



Figur 3.2 Princip för beräkning av nettoregn. Avdrag från bruttoregnet görs för ledningsnät och infiltration. Nettoregnet är den del av regnet som finns kvar efter avdragen och som således rinner av på markytan.

SCALGO Lives beräkningsalgoritmer kräver att hela modellområdet belastas med samma regnvolym, det är alltså inte möjligt att differentiera belastningen mellan olika typer av ytor. Detta innebär att ett generellt avdrag måste göras för hela modellområdet, avdraget för ledningsnätet behöver således vara lika stort som avdraget för infiltration.

3.2.1 Bruttoregnets volym och varaktighet

Regnhändelser med lång varaktighet har lägre regnintensitet men större totalvolym än regnhändelser med motsvarande återkomsttid och kort varaktighet. Eftersom SCALGO Live nyttjar volym och inte intensitet i beräkningar kommer antaganden som resulterar i längre varaktigheter att ge mer konservativa resultat. Sett till undersökningens syfte, att

förstå risker kopplade till skyfall, bör antaganden göras som leder till konservativa resultat, alltså längre varaktigheter. Samtidigt gör SCALGO Lives beräkningsalgoritmer att om en alltför lång varaktighet väljs (i förhållanden till områdets koncentrationstid) så blir analysresultaten meningslösa. Koncentrationstiden för avrinning inom tätorterna i Ängelholms kommun bedöms till mellan 30 minuter och 2 timmar. Beräkningarna utgår därför från dessa regnvaraktigheter.

Blockregnsvolymen för regn med olika återkomsttider har beräknats med hjälp av Dahlströms formel (2010) (Svenskt Vatten Utveckling, 2010). I ett blockregn antas intensiteten vara den samma under hela regnhändelsen, vilket är en förenkling av verkligheten. Eftersom SCALGO Live är en statisk analys som räknar med volymer och inte intensitet saknar detta betydelse i beräkningsmetodiken. Beräknade volymer visas i tabell 3-1. Regn med återkomsttid 50 år eller längre presenteras, vid mindre regn spelar ledningsnätet stor roll för översvämningssituationen, vilket gör det mindre lämpligt att använda vald karteringsmetod.

Tabell 3-1 *Bruttoregnavolymer för belastande regn med återkomsttid 50 och 100 år.*

		Återkomsttid		
		50 år	100 år	100 år klimat
Varaktighet	30 min	35 mm	44 mm	55 mm
	1 h	43 mm	55 mm	69 mm
	2 h	52 mm	65 mm	81 mm

3.2.2 Ledningsnät och infiltration

Hur mycket vatten som kan avbördas i ledningsnätet beror på hur ledningsnätet dimensionerats. Detta varierar sannolikt mellan olika delar i staden. I nybyggda områden är branschstandard att ledningsnätet, beroende på typ av bebyggelse, ska vara dimensionerat för ett 10-, 20- eller 30-årsregn för trycklinje till marknivå. Ledningsnät i äldre delar av staden är sannolikt inte dimensionerade för så stora regn. Tabell 3-2 visar intensitet (mm/h) för regn som antas kunna vara dimensionerande för ledningsnätet i Ängelholm kommun. Dimensionerande regn från tabell 3-3 kombineras med de belastande regnen i tabell 3-2 för att beräkna nettoregnavolymer.

Tabell 3-2 *Intensitet för regn som antas kunna vara dimensionerande för ledningsnätet.*

		Återkomsttid		
		2 år	5 år	10 år
Varaktighet	30 min	25 mm/h	33 mm/h	42 mm/h
	60 minuter	15 mm/h	21 mm/h	26 mm/h
	120 minuter	9 mm/h	12 mm/h	16 mm/h

3.2.3 Nettoregn

Som beskrivet i kapitel 2.3 består en regnhändelse av både en regnvolymer och en varaktighet. Det går därmed inte att koppla en enskild regnvolymer till en återkomsttid utan att samtidigt beakta under hur lång tid regnförloppet pågick. Ett 100-årsregn med 10 minuters varaktighet ger till exempel upphov till 29 mm regn, vilket är ungefär lika stor volym som ett 25-årsregn med 30 minuters varaktighet (28 mm). Antaganden om ledningsnätscapacitet och markens infiltrationsförmåga komplicerar ytterligare kopplingen mellan regnvolymer och återkomsttid. 29 mm nettonederbörd kan t.ex. även motsvara ett 100-årsregn med 1 timmes varaktighet där ledningsnätet antas vara dimensionerat för ett 10-årsregn. Då SCALGO Live saknar dynamisk aspekt är det komplicerat att koppla den volym modellen belastas med till en given återkomsttid, och därmed till en sannolikhet, då en och samma volym kan motsvara många olika scenarion.

I tabell 3-3 presenteras nettoregnsvolymerna för olika kombinationer av belastande och dimensionerande regn. Syftet med att presentera studerade regnvolymerna på detta sätt är att skapa en förståelse för att olika områden i kommunen kan ha olika riskbild vid regn med en viss återkomsttid. Vet man exempelvis med sig att ett område har ett undermåligt ledningsnät kan det vara intressant att studera vad som händer i detta område när det belastas med en större nettovolym än för ett område med väldimensionerat ledningsnät. Ett 100-årsregn behöver med andra ord inte betyda samma nettovolym regn i alla delar av staden, utan är beroende av lokala förutsättningar.

Tabell 3-3 *Nettoregnsvolymerna (i mm) för olika kombinationer av belastande och dimensionerande regn. Nettoregn har beräknats för 50-årsregn och 100-årsregn (med och utan klimatfaktor) med olika varaktigheter, återkomsttiden för det dimensionerande regnet för ledningsnätet har varierats mellan 2 - 10 år. Kombinationer som ger negativa eller mycket små belastningar presenteras ej.*

		50-årsregn			100-årsregn			100-årsregn m. klimatfaktor 1,25			
		30 min	60 min	120 min	30 min	60 min	120 min	30 min	60 min	120 min	
Ledningsnät dimensionerat för	Volym bruttoregn	35	43	52	44	55	65	56	68	82	
	2 år	30 min	23	19		32	30	16	43	44	32
		60 min		28	21		39	35		53	51
		120 min			33			47			63
	5 år	30 min	19	10		28	21		39	35	15
		60 min		23	11		34	24		48	40
		120 min			27			40			57
	10 år	30 min	15			24	13		35	27	
		60 min		18			29	14		42	30
		120 min			21			34			51

Med hjälp av tabell 3-3 kan lämpliga nettoregnsvolymerna för olika delar av kommunen väljas för vidare analys i SCALGO Live. Tabellen kan med fördel även studeras tillsammans med den tröskelanalys som tagits fram för kommunen som visar vilka områden som översvämmas vid olika volymer nettoregn (se avsnitt 4.3).

I det kartmaterial som tagits fram och som presenteras i kapitel 4 har en nettoregnsvolym på 53 mm använts, vilket motsvarar ett 60 minuters 100-årsregn med klimatfaktor där ledningsnätet antas vara dimensionerat för ett 2-årsregn. Varaktigheten 60 minuter har valts då denna bedöms motsvara koncentrationstiden i Ängelholms tätort. Antagandet att ledningsnätet kan omhänderta ett 2-årsregn är sannolikt konservativt.

3.3 Trummor/broar i vattendrag

Att kartera översvämningar längs vattendrag vid höga flöden ligger utanför föreliggande uppdrag. Dock görs en analys av vilka områden som riskerar att påverkas om trummor skulle vara igensatta. Analysen görs genom att stänga alla trummor och låta vattennivån uppströms trumman stiga tills den rinner över begränsade sektion (oftast en vägkana). Det antas att nivåstigningen på uppströmssidan upphör när vatten väl börjar rinna över den begränsande sektionens tröskelnivå. Resultaten visas i kapitel 4.1.

Det är inte säkert att de områden som markeras i resultaten är utsatta för någon verklig översvämning, detta beror på kapaciteten i trummorna längs vattendragen. För att utreda detta närmare krävs studier av befintliga trummors kapacitet. Det kan dock sägas att oaktat trummornas nuvarande kapacitet så kan de sätta igen av drivande bråte vid högflöden, och då riskerar markerade områden att drabbas av översvämning.

När höjdmodellen bearbetats har alla kortare kulverterade sträckor av vattendragen i kommunen öppnats upp. Den längsta sträckan som korrigerats i höjdmodellen är de ca 200 meter långa kulverterade sträckorna av Kagleån vid Ängelholms flygplats. Längre kulverterade sträckor av mindre vattendrag har lämnats stängda i höjdmodellen.

4 Skyfallskartering

Sweco har i samråd med kommunen identifierat det kartmaterial som tros vara till störst nytta för kommunens förvaltningar i deras fortsatta arbete kopplat till skyfall. Visst material är utformat för att i huvudsak underlätta för plansidan vid värdering av områdets lämplighet för nyexploatering med avseende på översvämningsrisker vid skyfall. Annat material är utformat för att tolkas av tekniska förvaltningen i utrednings- och åtgärdsarbeten.

Materialet levereras i digitalt format i form av GIS-lager samt som en arbetsyta i QGIS. I följande kapitel (4.1-4.6) presenteras och beskrivs levererat kartmaterial. Observera att materialet i rapporten endast visas för Ängelholms tätort, den digitala leveransen omfattar hela kommunen.

4.1 Påverkansområde för skyfall

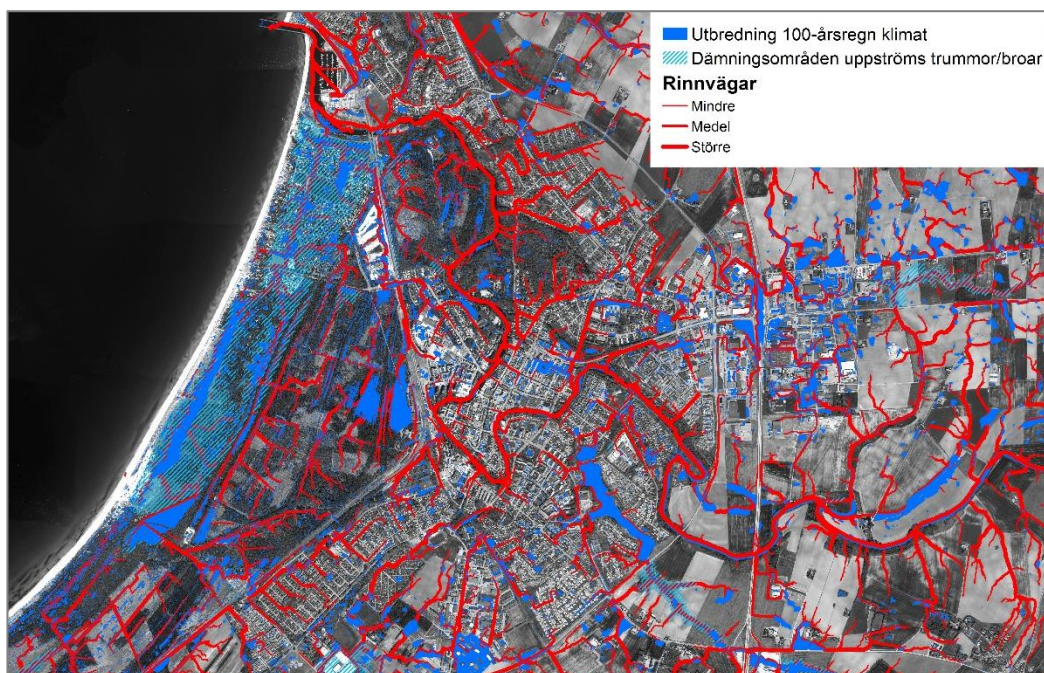
Det kartmaterial som presenteras i figur 4.1 är avsett att användas som ett översiktligt underlag för bedömning av risker kopplade till skyfall i samband med fysisk planering.

Blå områden visar översvämmade områden vid ett klimatkompenserat 100-årsregn där vattendjupet är större än 5 cm. För att göra bilden lättläst har information om vattendjup i de översvämmade områdena exkluderats. Om kommunen i specifika fall har behov av att se vattendjup så finns denna information i det GIS-material som levereras. Röda linjer visar rinnvägar. Längs dessa kommer det att flöda vatten vid skyfall, vilket måste beaktas i den fysiska planeringen.

Blå skrafferade områden visar potentiella dämningsområden uppströms begränsande sektioner som trummor och mindre broar. Dessa områden är beroende av kapaciteten i trumman för sin avvattning, vilket innebär att de potentiellt kan översvämmas om trumman sätts igen.

Översvämningsområdet som visas i dynlandskapet vid kusten är sannolikt överskattat i figur 4.1, då infiltrationskapaciteten i detta område sannolikt är mycket god.

Om ett utvecklingsområde ligger inom eller i nära anslutning till ett översvämningsområde eller en rinnväg bör särskild hänsyn tas till detta i den fortsatta planeringen av området.

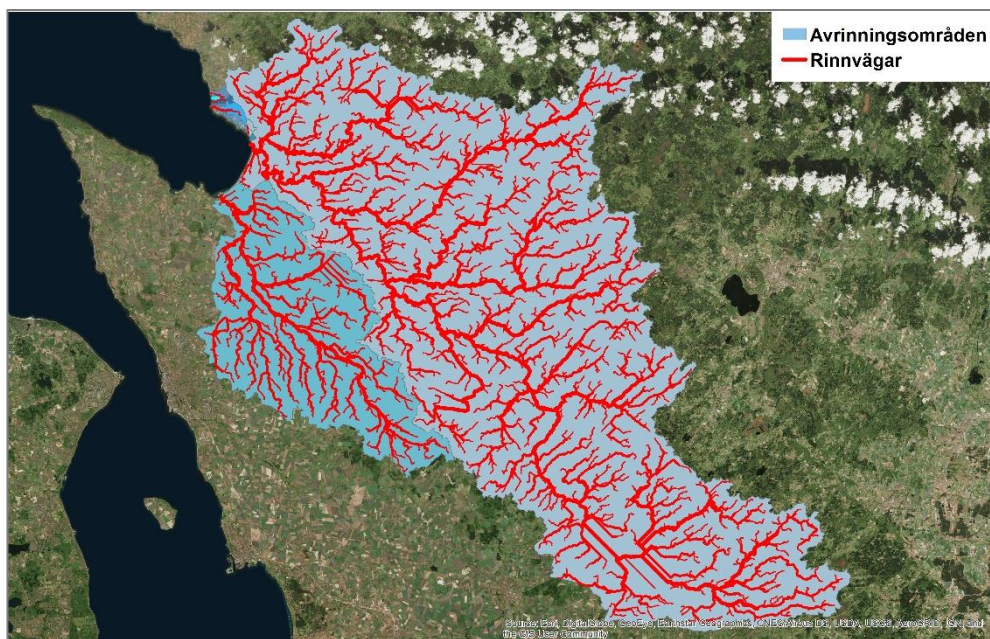


Figur 4.1 Visualisering av påverkansområde för skyfall i Ängelholms tätort. Bilden visar översvämmade områden med ett vattendjup större än 5 cm vid ett klimatkompenserat 100-årsregn. Bilden visar även potentiella översvämningsområden uppströms dämmande sektioner längs med vattendrag. Röda linjer visar rinnvägar.

4.2 Avrinningsområden och vattnets rinnvägar

Figur 4.2 visar beräknade avrinningsområden i blått och rinnvägar i rött. Inom respektive avrinningsområde rinner vattnet till samma nedströms punkt och sedan vidare ut i havet. Rinnvägarna visar låglänta stråk i terrängen där vatten sannolikt rinner vid skyfall.

Stora delar av Ängelholms kommun ligger inom Rönne Ås avrinningsområde. Delar av kommunen avvattnas mot Vegeån. Flertalet tätorter inom kommunen genomskärs av mindre vattendrag som är biflöden till Rönne Å eller Vegeån, merparten av ytavrinningen från tätorterna leds mot dessa vattendrag. Avrinningen till lågpunkter inom tätorterna genereras generellt inom tätorterna själva, vilket innebär att avrinningsområdena till lågpunkterna är relativt små. Avrinningsområdena till de vattendrag som genomskär tätorterna omfattar däremot ofta stora områden.



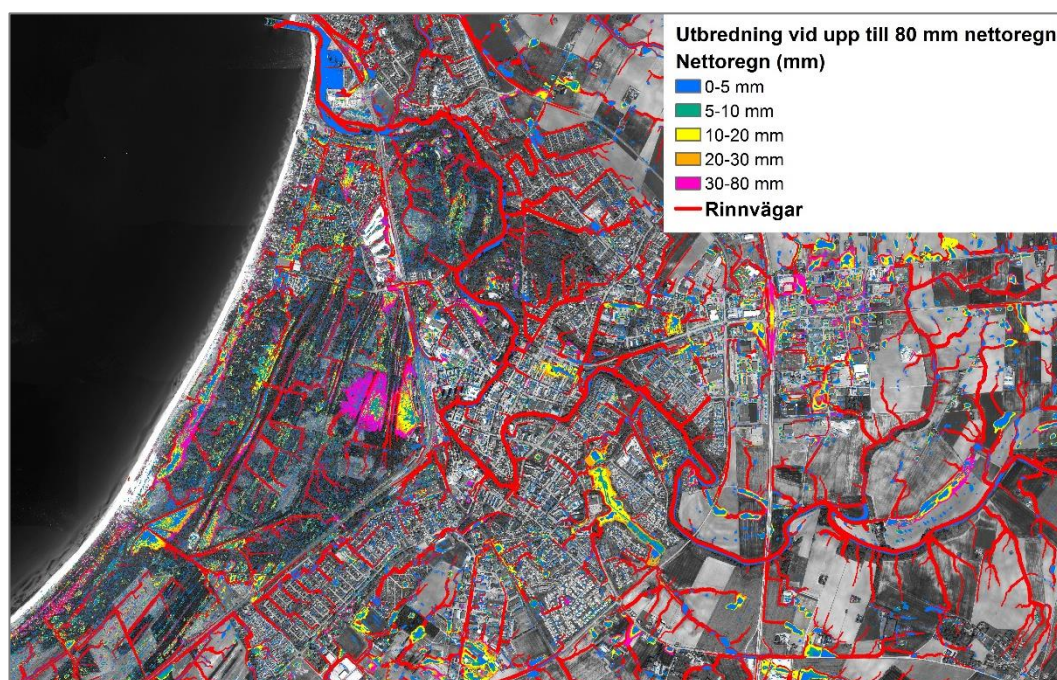
Figur 4.2 Visualisering av avrinningsområden i blått och rinnvägar i rött. Bakgrundskarta: ESRI.

4.3 Översvämningsutbredning

Figur 4.3 visar översvämmade områden när upp till 80 mm vatten rinner av på ytan (tidigare i rapporten benämnt nettoregn). För att göra bilderna lättlästa har information om vattendjup i de översvämmade områdena exkluderats. Information avseende vattendjup finns i levererat material.

Blå färg i figur 4.3 visar områden som fylls upp redan vid små nettoregn (upp till 5 mm). Ökade nettoregn leder inte till ökad översvämning inom dessa områden, eftersom den ökade vattenmängden inte ansamlas utan rinner vidare. Däremot leder ökade nettoregn till att mer vatten rinner längs rinnvägarna. Rosa färg visar områden som kräver större nettoregn (30-80 mm) för att fyllas. Sammanfattningsvis översvämmas blå områden vid mindre regn medan rosa områden kräver kraftigare regn för att drabbas av översvämning.

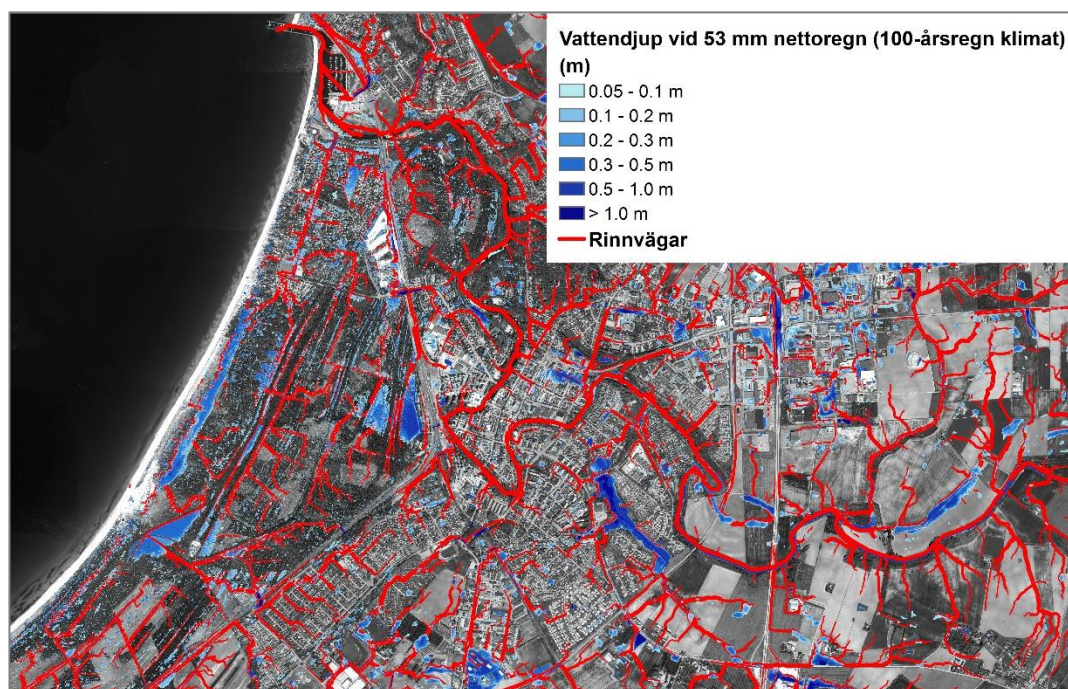
Längs rinnvägarna flödar det vatten vid skyfall. Verklig utbredning och vattendjup i rinnvägarna beräknas inte av analysmetoden, och rinnvägarna kan således ha en utbredning som inte framgår av figur 4.3. Generellt kan sägas att rinnvägens utbredning, djup och flöde ökar med stigande nettoregn.



Figur 4.3 Visualisering av hur instängda områden fylls när mellan 0 och 80 mm vatten rinner av på ytan (nettoregn). Blå färg innebär att området fylls redan när 5 mm rinner av på ytan. Rosa färg visar områden som kräver ett större nettoregn (30 till 80 mm) för att fyllas. Röda linjer visar rinnvägar.

4.4 Vattendjup

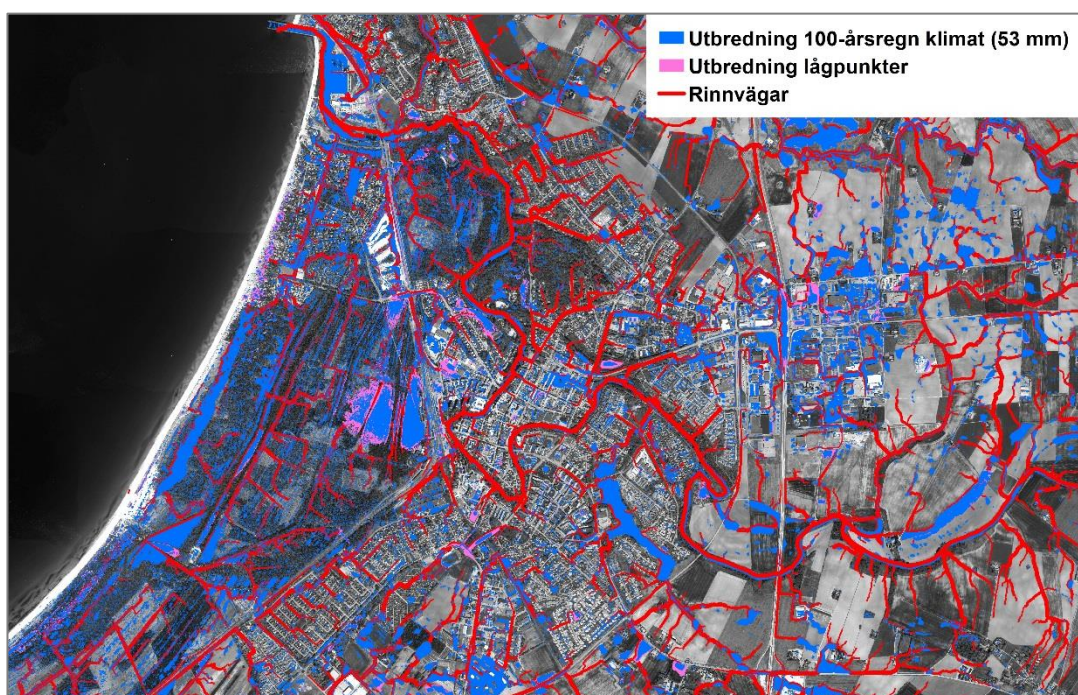
Figur 4.4 visar vattendjup i översvämmade områden vid klimatkompenserat 100-årsregn. Röda linjer visar rinnvägar. Utbredning och vattendjup visualiseras inte i rinnvägarna. Rinnvägarna kan alltså ha en utbredning och ett vattendjup som inte framgår av figuren.



Figur 4.4 Visualisering av vattendjup vid ett klimatkompenserat 100-årsregn. Röda linjer visar rinnvägar.

4.5 Översvämningsutbredning och lågpunkter

Figur 4.5 visar översvämningsutbredningen vid ett klimatkompenserat 100-årsregn (blått) tillsammans med utbredningen av områdets lågpunkter (rosa). Blå fält som omges av rosa visar lågpunkter som ännu inte fyllts upp vid det beräknade 100-årsregnet. I dessa områden finns potential att magasinera mer vatten, vilket innebär att områdena kan vara lämpliga fördröjningsytor vid skyfall, men även att översvämnningen i området kan bli större än vad som visas i figur 4.1 och figur 4.4 om mer nettonederbörd faller. Mörkblå fält utan omgivande rosa områden visar lågpunkter som helt fylls upp vid det beräknade 100-årsregnet. Översvämningsutbredningen i dessa områden kommer alltså inte öka vid större nettoregnavolymer.



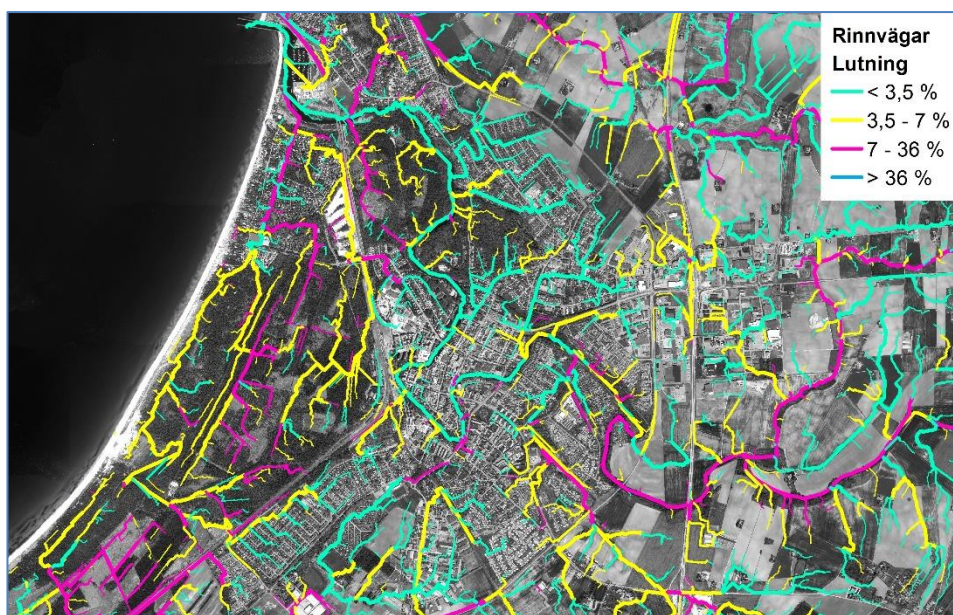
Figur 4.5 Översvämningsutbredning vid klimatkompenserat 100-årsregn (53 mm nettonederbörd) visas i blått och utbredning av lågpunkter visas i rosa. Röda linjer visar rinnvägar.

4.6 Visualisering av flackare och brantare rinnvägar

Figur 4.6 visar rinnvägar där färgerna anpassats efter lutningen på rinnvägen. Rinnvägar som visas i mörkblått har en genomsnittlig lutning på över 36 %, rinnvägar som visas i rosa har en lutning mellan 7–36 %, rinnvägar som visas i gult har en lutning på 3,5 – 7 % och rinnvägar i turkost har en lutning på under 3,5 %. Indelningen är baserad på de gränsvärden för rännerosion som anges i Brendelius (2018). Rinnvägarans tjocklek är anpassad efter storleken på avrinningsområdet, smalare rinnvägar har mindre avrinningsområde och tjockare rinnvägar har större avrinningsområde. I flackare rinnvägar rinner vattnet sannolikt långsammare, vilket innebär att större utbredning och

vattendjup kan förväntas i dessa rinnvägar. Brantare rinnvägar medför större flödes hastigheter. Större flödes hastigheter kan innebära större risker, men också att vatten sannolikt rinner undan snabbare.

Lutningen på flödesvägen kan i kombination med kunskap om markförhållandena ge en indikation på risken för massrörelser/erosion i samband med skyfall. Områden med branta, stora rinnvägar och erosionskänsliga jordar kan vara känsliga för erosion i samband med kraftiga regn, då stora snabba vattenflöden kan dra med sig material från slänterna.



Figur 4.6 Visualisering av lutning på rinnvägar. Flackare rinnvägar (<3,5 % lutning) visas i turkost, medelbranta rinnvägar (3,5 - 7 % lutning) visas i gult och brantare rinnvägar (>7 % lutning) visas i rosa och mycket branta rinnvägar, (> 36 %) visas i blått. Rinnvägarnas tjocklek är anpassad efter storleken på avrinningsområdet, smalare rinnvägar är mindre och tjockare rinnvägar är större.

4.7 Digital leverans

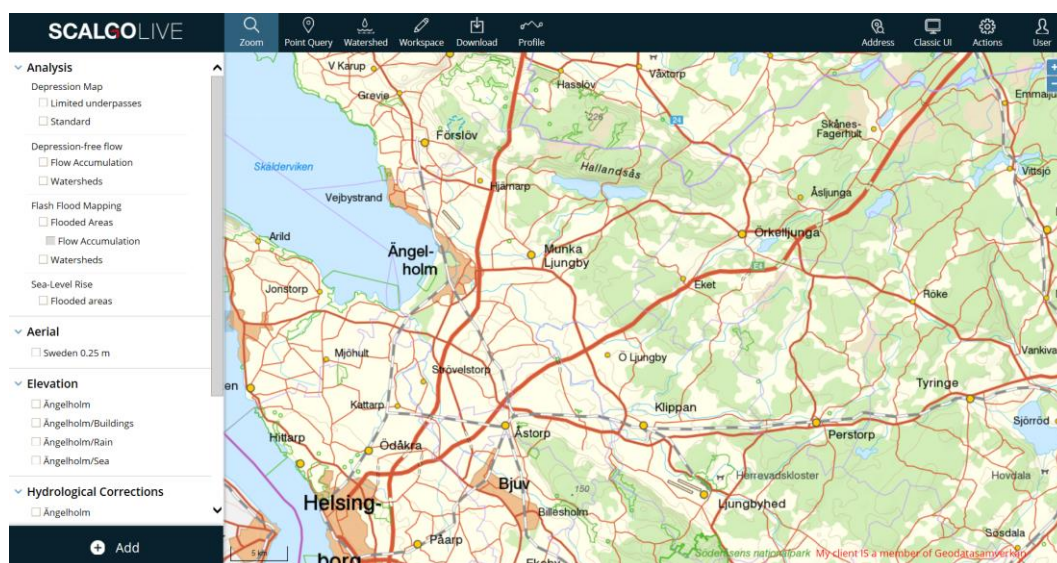
I tabell 4-1 visas en sammanställning över de filer som ingår i den digitala leveransen. Filerna presenteras med namn och beskrivs översiktligt.

Tabell 4-1 Sammanställning av filer som ingår i den digitala leveransen.

Filnamn	Beskrivning
Vattendjup_100ar_klimat.tif	Vattendjup vid 53 mm nettonederbörd.
Vattendjup_100ar_klimat.shp	Vattendjup vid 53 mm nettonederbörd omvandlat till vektorformat.
Översvämningsutbredning_tröskelanalys.tif	Översvämmade områden vid ökande volymer nettoregn.
Översvämningsutbredning_tröskelanalys.shp	Översvämmade områden vid ökande volymer nettoregn, omvandlat till vektorformat.
Avrinningsområden.shp	Avrinningsområden vid fyllda lågpunkter.
Rinnvägar_detalj.shp	Rinnvägar vid fyllda lågpunkter. Rinnvägarna är indelade i tre kategorier baserat på storleken på avrinningsområdet: <ul style="list-style-type: none"> • Mindre: Avrinningsområde 1 – 2,5 ha • Medel: Avrinningsområde 2,5 – 10 ha • Större: Avrinningsområde > 10 ha Rinnvägarna är även indelade i fyra kategorier baserat på lutning: <ul style="list-style-type: none"> • Lutning < 3,5 % • Lutning 3,5- 7 % • Lutning 7 -36 % • Lutning > 36 %
Rinnvägar_stora	Shapefil med endast större rinnvägar för att möjliggöra tydligare visualisering av avrinningsvägar inom hela Rönne Ås avrinningsområde.
Lågpunkter.shp	Instängda områden.
Damningsområden_vattendrag.shp	Instängda områden som skapas uppströms begränsande sektioner om dessa sätts igen.
Utbredning_100ar_klimat.shp	Översvämningsutbredning vid 53 mm nettonederbörd.

5 Lager och analyser i kommunens SCALGO Live

Den korrigerade höjdmodellen som tagits fram för skyfallskarteringen ligger som grundmodell i kommunens SCALGO Live. Samtliga analyser som finns tillgängliga i kommunens SCALGO Live bygger på den korrigerade höjdmodellen. I nedanstående kapitel presenteras kortfattat de analyser och lager som finns tillgängliga i kommunens SCALGO Live.



Figur 5.1 Användargränssnitt för kommunens SCALGO Live.

5.1 Höjdmodeller

▼ Elevation

- Ängelholm
- Ängelholm/Buildings
- Ängelholm/Rain
- Ängelholm/Sea

Fyra höjdmodeller finns inlagda i kommunens SCALGO Live. Samtliga är baserade på 2017 års LAS-skanning kombinerat med Lantmäteriets nationella höjdmodell med upplösning 1x1 eller 2x2 m, se kapitel 1.4.

- *Ängelholm* – grundmodell utan korrigeringar.
- *Ängelholm/Buildings* – grundmodell utan korrigeringar med byggnader upphöjda.

- *Ängelholm/Rain* – terrängmodell anpassad för regnberäkningar. Modellen innehåller de korrigeringar som beskrivs i 1.4, det vill säga med kulvertar och broar öppnade för att tillåta vattenflöde via dessa vägar. Byggnader är upphöjda för att flödesvägar kring byggnader ska beskrivas korrekt.
- *Ängelholm/Sea* – terrängmodell anpassad för havsnivåberäkningar. Modellen är densamma som *Ängelholm/Rain* med skillnaden att slussen vid Havsbaden är stängd då detta bedöms bäst representera situationen vid höga vattenstånd i havet.

5.2 Analyser

▼ Analysis

Depression Map

- Limited underpasses
- Standard

Depression-free flow

- Flow Accumulation
- Watersheds

Flash Flood Mapping

- Flooded Areas
- Flow Accumulation
- Watersheds

Sea-Level Rise

- Flooded areas

Följande analyser är gjorda:

- *Depression map* – Visar utbredning av instängda områden:
 - *Standard* – beräknad med höjdmodellen *Ängelholm/Rain*. Detta lager motsvarar det levererade GIS-lagret "Lågpunkter".
 - *Limited underpasses* – beräknad med alla potentiellt begränsande sektioner, som t.ex. kulvertar, stängda. Syftet är att visualisera hur stora uppströms områden som kan översvämmas innan vatten rinner över respektive tröskelnivå (oftast en väg). Detta motsvarar det levererade GIS-lagret "Dämningsområden".

- *Depression free flow* – Resultatet från en analys baserad på höjdmodellen *Ängelholm/Rain*, där alla lågpunkter i terrängen fyllts igen till sin tröskelnivå:
 - *Flow Accumulation* – visar flödesvägar vid fyllda lågpunkter.
 - *Watersheds* – Visar avrinningsområden vid fyllda lågpunkter.
- *Flash Flood Mapping* – Analys av översvämningsutbredning och rinnvägar vid olika volymer nettoregn:
 - *Flooded Areas* – Visar översvämmade områden vid en av användaren given volym nettoregn. Användaren ställer in önskad belastning med hjälp av reglaget. Lagrets symbolinställningar kan anpassas för att visa vattendjup vid en given belastning, eller hur många mm nettonederbörd som krävs för att översvämma en viss punkt.
 - *Flow Accumulation* - visar flödesvägar vid den givna belastningen.
 - *Watersheds* – visar avrinningsområden vid den givna regnbelastningen.
- *Sea Level Rise* – översvämmade områden vid stigande havsnivåer. Analysen är baserad på höjdmodellen *Ängelholm/Sea*:
 - *Flooded areas* – visar översvämmade områden vid en av användaren specificerad havsvattennivå (RH2000). Användaren ställer in önskad vattennivå med hjälp av reglaget.

5.3 Övriga lager

▼ Aerial

Sweden 0.25 m

> Elevation

▼ Hydrological Corrections

Ängelholm

▼ Vector

Sweden/Buildings

Sweden/Coastline

▼ Base Map

Streets & Places

Lantmäteriet

None

- *Aerial* – Ortofoto från Lantmäteriet
- *Hydrological corrections* – Swecos korrigeringar i höjdmodellen
- *Vector* – vektorlager som visar byggnader och kustlinje
- *Base Map* – bakgrundslager som visar gatunamn och Lantmäteriets grundkarta

6 Vidare arbete

6.1 Användning av levererat material

I och med leveransen av skyfallskarteringen erhåller Ängelholms kommun ett kunskapsunderlag kring hur skyfall påverkar dagens bebyggda och obebyggda miljö. Samtligt kartmaterial som presenteras i kapitel 4 levereras som GIS-skikt som kan läsas in i kommunens egna GIS-miljö. På så sätt underlättas en spridning och tillämpning av projektets resultat inom kommunen.

För att sprida nyvunnen kunskap inom den kommunala organisationen föreslår Sweco att ett eller flera workshoptillfällen anordnas. Workshoptillfällena kan utformas till att informera om projektresultaten samt utbilda i hur resultaten kan tillämpas. På så sätt aktiveras resultaten inom en bredare grupp inom de kommunala förvaltningarna. Workshoptillfällen kan även utformas så att presenterade resultat ytterligare förädlas för att svara på specifika frågeställningar som har legat utanför föreliggande projekts syfte, se förslag nedan.

6.2 Vidareutveckling av levererat material

Sättet på vilket Sweco har genomfört skyfallskarteringen medför att framtaget kartmaterial, antingen direkt eller med smärre anpassningar, kan användas för att besvara en lång rad frågeställningar som ligger utanför föreliggande projektmål. Vidare kan även kommunens egna version av SCALGO Live användas för vidare arbete med skyfallsrelaterade frågeställningar. Nedan ges exempel på sådana frågeställningar.

- Var är risken i dagsläget störst med avseende på skyfall? En kartering av risk, där både sannolikhet och konsekvenser har beaktats, ger ett gott underlag över vilka områden som över tid kan förväntas drabbas av störst kostnader kopplade till översvämning vid skyfall. Med sådan riskkartering kan prioritering av åtgärdsstudier styras till områden där skadekostnadsreduktionen i förhållande till åtgärdskostnaden kan förväntas vara störst.
- Hur ser översvämningssituationen ut vid andra regnhändelser än de som här har presenterats? Befintligt material tillåter analys av i princip valfri händelse inom valfritt område.
- Hur ser skyfallsförutsättningarna ut inom enskilda detaljplaneområden?
- Hur påverkas upp- och nedströmsområden av ny höjdsättning till följd av ny bebyggelse eller ny infrastruktur? Framtagen modell möjliggör snabba analyser av hur ändrade marknivåer påverkar ytavrinningen på valfri plats och vid i princip valfri händelse.
- Vad blir effekten upp- eller nedströms om ett utjämningsmagasin byggs? Framtagen modell möjliggör snabba analyser av om ett nytt utjämningsmagasin har någon betydelse för översvämningssutbredningen upp- och nedströms magasinet, och i så fall vid vilken typ av händelser.

- Vilken typ av åtgärd kan förväntas få stor betydelse för att minska risken för översvämning inom valfritt område? Framtagen modell möjliggör snabb analys av huvudsakliga orsaker till att översvämning uppstår inom ett område, vilket också betyder att åtgärdsanalyser snabbt kan inriktas mot typåtgärder som gör skillnad. Det kan samtidigt analyseras om en åtgärd för att minska översvämningsrisken inom ett område leder till ökade risker i andra delar av avrinningsområdet.

7 Referenser

- Brendelius, J. (2018). *Självständigt arbete i geovetenskap - Skyfall som orsak till extrem jorderosion*. Uppsala Universitet.
- SMHI. (2017). *SMHI*. Hämtat från Skyfall och rotblöta:
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/rotblota-1.17339>
- SOU. (2017). *Vem har ansvaret? SOU 2017:42*.
- Svenskt Vatten. (2016). *P110 - Avledning av dag-, drän- och spillvatten*.
- Svenskt Vatten Utveckling. (2010). *Regnintensitet - en molnfysikalisk betraktelse, Rapport Nr 2010-05*.