



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Vägledning för skyfallskartering

Tips för genomförande och exempel på användning



Vägledning för skyfallskartering

Tips för genomförande och exempel på användning

Vägledning för skyfallskartering
Tips för genomförande och exempel på användning

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Kontakt: Cecilia Alfredsson och Erik Bern, MSB

Foto: Nerikes Allehanda (Omslag)

Illustrationer: Martin Ek, EKEN produktion

Produktion: Advant Produktionsbyrå

Tryck: DanagårdLiTHO

Publikationsnummer: MSB1121 - augusti 2017

ISBN: 978-91-7383-764-4

Innehåll

FÖRORD	7
1. Vägen mot den skyfallstålga staden	9
Skyfall	9
Från planering till uppföljning	12
Planera arbetet	13
Skyfallskartering	13
Konsekvensanalys.....	13
Strukturplan för vatten	14
Åtgärdsplanering	14
Beredskapsplanering	14
Uppföljning	14
2. Planera arbetet	17
Politiskt stöd	17
Mål	17
Aktörer som bör delta.....	18
Resurser	18
Befintlig information	18
Dokumentation.....	18
Kommunikation	19
3. Skyfallskartering	21
Kartering av lågpunkter	22
Kartering av markavrinning	23
Kartering av markavrinning och ledningsnät	24
Analys av lågpunkter	26
Analys av markavrinning	27
Analys av markavrinning och ledningsnät	28

4.	Att tänka på vid skyfallskartering	33
	Höjdmodell och modellupplösning.....	33
	Markanvändning.....	34
	Markens infiltrationskapacitet	35
	Ledningsnätets kapacitet	36
	Vattendrag och vägtrummor	38
	Regn	39
	Val av beräkningsfall	42
	Kalibrering av modell	44
5.	Konsekvensanalyser	47
	Analys med fokus på samhällsviktig verksamhet.....	48
	Analys för prioritering av områden	51
	Analys med fokus på samhällets funktionalitet	55
	Analys av fara för människors liv	58
6.	Åtgärda och följ upp	61
	Strukturplan för vatten	61
	Planering av förebyggande åtgärder	62
	Beredskapsplanering.....	64
	Uppföljning	65
	Ordlista	67

FÖRORD

Under hösten 2016 genomförde MSB en undersökning av kommunernas arbete med hantering av skyfall. Resultatet visade att många kommuner arbetar aktivt med skyfallsfrågorna, men också att flera kommuner önskar ytterligare stöd i arbetet.

Med denna vägledning vill MSB stödja kommunerna på deras väg mot den skyfallståligen staden. I vägledningen kan man läsa om olika metoder för skyfallskartering, vilka underlag som behövs i arbetet samt hur karteringarna kan användas. Vägledningen ger exempel på hur man kan analysera konsekvenserna av skyfall och hur man kan arbeta med åtgärder och uppföljning. Vägledningen bjuder också på inspirerande exempel och erfarenheter från Umeå, Kristinehamn, Göteborg och Malmö.

Avslutningsvis vill vi rikta ett varmt tack till Erik Mårtensson, Lars-Göran Gustafsson, DHI som tillsammans med MSB skrivit vägledningen. Vi vill också tacka vår referensgrupp bestående av Karlstads kommun, Göteborgs Stad, Länsstyrelsen i Stockholm, Svenskt Vatten, Karlstads Universitet, Structor och Moberg Water & Environment AB för ovärderliga synpunkter under arbetets gång.

Stefan Anering

Biträdande enhetschef

Enheten för brand- och olycksförebyggande arbete



1. Vägen mot den skyfallståliga staden

Skyfall

Våra dagvattensystem är till för att avleda vatten genom ledningar och öppna diken. I samband med skyfall är dagvattensystemets kapacitet mycket begränsad i förhållande till regnets intensitet och volym. Det gäller även för markens infiltrationsförmåga som ofta inte räcker till för att ta emot regnmängderna. Följden blir avrinning på markytan som kan leda till översvämning. Beroende på var översvämningen inträffar kan den medföra allvarliga konsekvenser för exempelvis bebyggelse, infrastruktur och samhällsviktig verksamhet.

När ett naturligt markområde bebyggs förändras vattenbalansen. Ytavrinningen ökar, infiltrationen minskar och grundvattennivån sänks. Avrinningsförloppen blir snabba eftersom exploaterade områden har en stor andel hårdgjorda ytor. Från ett högexploaterat område kommer därför den största delen av årsnederbörden att rinna av i ett snabbt förlopp.

Genom förtätning av städer minskar ytan där överskottsvatten kan hanteras och skyfallsproblemen förvärras. Konsekvenserna av skyfall kommer aldrig att kunna förebyggas fullt ut genom ökad kapacitet i ledningsnäten. Det skulle i de flesta fall vara praktiskt omöjligt och orimligt dyrt.

Nyckeln till en skyfallstålig stad är istället att skapa ytor där en översvämning kan ske utan allvarliga konsekvenser och en höjdsättning som leder vattnet rätt. Den största utmaningen är att säkra befintlig bebyggelse och infrastruktur eftersom höjdsättningen redan är given. För ny bebyggelse finns större möjligheter.

Klimatförändringen väntas påverka de mest extrema regnen. Ett regn som vi idag betraktar som ett 100-årsregn kommer att inträffa oftare i framtiden. Om regnintensiteten exempelvis ökar med 25 procent kommer sannolikheten för det som vi idag kallar ett 100-årsregn att fördubblas.

Klimatförändring och förtätning ökar alltså översvämningssrisken i våra städer, men genom ett förebyggande och långsiktigt arbete kan städerna anpassas både för dagens och framtida skyfall.

Skyfall

Enligt SMHI:s definition är ett skyfall ett regn med en intensitet som är större än 50 mm/timme eller större än 1 mm/minut. Ett regn med medelintensiteten 50 mm under en timme har en återkomsttid på knappt 80 år.

Regnvolym

I tabellen visas regnvolymen under den mest intensiva halvtimmen för regn med återkomsttiderna 10, 100 och 1000 år. Där visas även hur stor del av regnet som rinner av på markytan. Uppskattningsvis 60–75 procent av regnvolymen rinner av på ytan vid ett 100-årsregn.

	10- ÅRSREGN	100- ÅRSREGN	1000- ÅRSREGN
Regnvolym under 30 minuter	21 mm	44 mm	95 mm
Avrinning från genomsläppliga ytor (övrigt vatten infiltreras i marken)	15 %	75 %	100 %
Avrinning från hårdgjorda ytor (övrigt vatten avleds i ledningar)	10 %	60 %	90 %



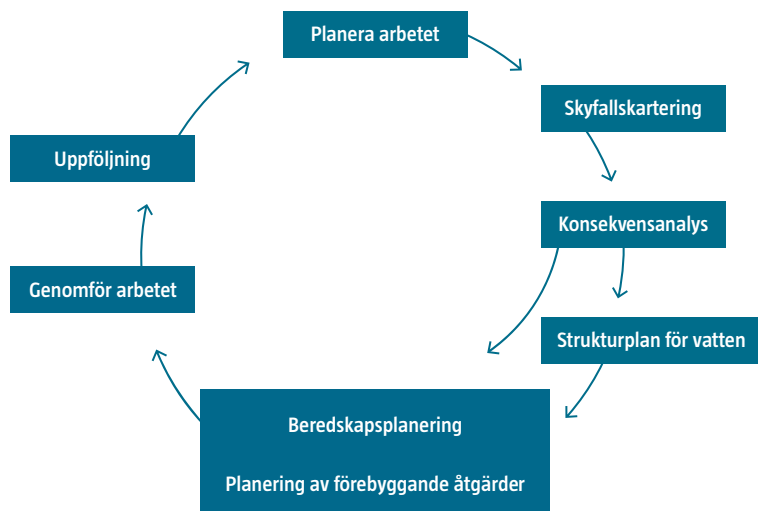
Figur 1. Vattnets transportvägar vid normala regn.



Figur 2. Vattnets transportvägar vid extrema regn.

Från planering till uppföljning

För att skapa en skyfallstålig stad behövs insatser av både offentliga och privata aktörer. Genom en strukturerad process med tydliga mål, helhetssyn och bred samverkan ökar möjligheten att lämpliga åtgärder genomförs.



Figur 3. Vägen mot den skyfallståliga staden.

Planera arbetet

För att resultatet ska bli användbart inom kommunens olika verksamheter krävs planering och förankring. I kapitel 2 beskrivs ett antal områden som är viktiga att tänka på i det inledande skedet.

Skyfallskartering

I nästa steg genomförs en skyfallskartering som visar vilka områden som översvämmas vid extrema regn när markens infiltrationsförmåga och dagvattenssystemets kapacitet inte räcker till. Resultatet är ett kartunderlag som visar översvämningsutbredning, vattendjup, ytliga flöden och flödesvägar. Kapitel 3 och 4 ger vägledning för genomförande av skyfallskartering.

Konsekvensanalys

Resultaten från skyfallskarteringen används för att analysera möjliga konsekvenser för exempelvis bebyggelse och infrastruktur. Generellt handlar det om att kombinera beräknade översvämningsdjup och flödesvägar med information om det som kan påverkas av vattnet. På så sätt kan utsatta områden, objekt, verksamheter och funktioner identifieras. En konsekvensanalys kan genomföras på många olika sätt beroende på syfte, detaljeringsgrad och vilka resurser som står till förfogande. I kapitel 5 presenteras exempel på olika metoder.

Konsekvensanalysen kan i sin tur vara underlag för framtagande av en strukturplan för vatten, åtgärdsplanering samt beredskapsplanering.

Strukturplan för vatten

Konsekvensanalysen visar var skador och störningar uppträder men det är inte alltid så att den bästa lösningen är en åtgärd just där problemen uppstår. Åtgärder i uppströms liggande områden kan fördröja vattnet och förhindra det från att påverka sårbara områden. Ibland kan det också vara lämpligt med åtgärder som ger ökad avledning via utpekade avrinningsvägar. En strukturplan beskriver hur extrema regn kan hanteras ur ett avrinningsområdesperspektiv och presenteras i kapitel 6.

Åtgärdsplanering

Nästa steg är att planera och genomföra förebyggande åtgärder för att begränsa de negativa effekterna av skyfall. Förebyggande åtgärder bör planeras utifrån strukturplanen, konsekvensanalysen och annat relevant underlag. Genom att göra justeringar i den hydrauliska modellen som tagits fram vid skyfallskarteringen kan effekten av olika åtgärder simuleras. Konsekvenserna kan sedan analyseras på nytt utifrån nya beräknade vattendjup och effekten av åtgärden kan vägas mot kostnaden. I kapitel 6 ges stöd för åtgärdsplanering.

Beredskapsplanering

Skyfallskarteringen och konsekvensanalysen är värdefulla underlag för beredskapsplanering där fokus ligger på kortsiktiga åtgärder i ett akut skede. Det kan till exempel handla om vilka vägar som behöver stängas av och hur trafiken kan ledas om, eller var pumpning kan lindra konsekvenserna. Inom områden med allvarliga konsekvenser bör permanenta riskreducerande åtgärder planeras, men innan de genomförs måste det finnas beredskap för att hantera konsekvenserna. I kapitel 6 presenteras beredskapsplanering närmare.

Uppföljning

Arbetet som leder mot den skyfallstålga staden behöver följas upp kontinuerligt för att bedöma status och dra lärdomar av genomfört arbete och eventuellt inträffade skyfall. I kapitel 6 finns förslag på hur en uppföljning kan gå till.



2. Planera arbetet

Innan en skyfallskartering genomförs är det viktigt att veta i vilka sammanhang den ska användas. Behovet av att ta hänsyn till extrema regn finns inom exempelvis fysisk planering, VA-planer, tillståndsprövningar och utifrån ett beredskapsperspektiv. För att kunna hantera frågan samordnat krävs samsyn kring riskerna. I det inledande skedet är det därför viktigt att planera och förankra arbetet så att resultatet blir användbart för de skiftande behoven inom olika verksamheter.

Politiskt stöd

Det är viktigt att ha politiskt stöd och politiskt förankrade dokument med mål för arbetet, bland annat för att kunna ställa krav och motivera arbetet. På kommunal nivå kan politiskt stöd innebära att det tas beslut i kommunfullmäktige eller i kommunstyrelsen om vilken nivå staden ska säkras för.

Mål

Vid riskhantering är det nödvändigt att formulera mål. Utvärderingar kan sedan göras mot målen för att avgöra om tillräcklig säkerhet uppnåtts eller om åtgärder behöver vidtas. Målen har betydelse för hur man betraktar och värderar de konsekvenser som kan uppstå vid extrema regn.

Mål kan uttryckas på olika sätt. De kan uttryckas i konsekvenser, som att en funktion ska fungera eller att kostnader inte får överstiga en viss gräns. De kan också uttryckas i hot, till exempel att staden inte ska drabbas av några allvarliga störningar eller att en verksamhet ska fungera vid ett 100-årsregn. Mål kan också uttryckas i åtgärder, det vill säga att vissa åtgärder ska genomföras. Det kan även finnas andra mål inom kommunen att ta hänsyn till.

Aktörer som bör delta

Innan arbetet startar är det bra att gå igenom vilka aktörer som behöver delta och skapa en arbetsgrupp. Ett tydligt utpekat ansvar bör finnas inom kommunen för att arbetet ska fungera. Problemen kring extrema regn ställer krav på ett tvärsektoriellt kunskaps- och beslutsarbete. Samarbete mellan olika förvaltningar inom kommunen är centralt. Extrema regn är en fråga som berör samhällsplanering, teknisk försörjning, bostad, miljö, krisberedskap och räddningstjänst. Många tekniska system finns också inom bolag och förbund, som räddningstjänst, el, fjärrvärme och VA. Andra som kan vara aktuellt att samverka med är länsstyrelsen, landstinget och Trafikverket. Klimatanpassningsutredningen¹ ger en beskrivning av ansvarsfördelning inom området.

Resurser

Arbetet kommer sannolikt att visa att det behövs resurser för att uppfylla målen. Tänk på att undersöka finansieringsmöjligheter på längre sikt. Många skyfall som har inträffat under senare år har fått stora ekonomiska konsekvenser och flera inträffade händelser har visat att ett förebyggande arbete är lönsamt.

Befintlig information

Befintligt underlag som är relevant för arbetet behöver sammanställas. Om kommunen tidigare har drabbats av extrema regn finns sannolikt nyttiga erfarenheter från dessa händelser. Även erfarenheter från andra kommuner kan vara värdefulla.

Dokumentation

Det är viktigt att dokumentera vilka avvägningar och ställningstaganden som görs under arbetets gång, inte minst för att underlätta uppföljningsarbetet. En tydlig och transparent dokumentation blir personoberoende och kan över tid användas av hela organisationen.

1. Vem har ansvaret? Betänkande av Klimatanpassningsutredningen SOU 2017:42.

Kommunikation

En skyfallskartering är ett kraftfullt verktyg för att kommunicera översvämningsrisker. Det är därför bra att i förväg tänka igenom hur resultatet av karteringen och konsekvensanalyserna ska hanteras och presenteras, både internt och externt. En tydlig kommunikationsstrategi och en enkel kommunikationsplan kan vara ett bra stöd. Framförallt för målgrupper som allmänhet och media är det viktigt att ha en klar strategi för var, när och med vilket budskap resultat kommuniceras.

Vatten i Göteborg – kommunikation av översvämningsrisker

Göteborgs Stad har valt att skapa en hemsida där översvämningskarteringar presenteras för skyfall, hav och vattendrag. Resultaten finns även tillgängliga för nedladdning. www.vattenigoteborg.se





3. Skyfallskartering

En skyfallskartering visar vilka ytor som kan översvämmas vid ett givet extremt regn. I karteringen beräknas översvämningsutbredning, vattendjup, ytvattenflöden och flödesvägar för det studerade regnet. Det finns huvudsakligen tre metoder som idag används för kartläggning av översvämnningar till följd av skyfall:

- Kartering av lågpunkter.
- Kartering av markavrinning.
- Kartering av markavrinning och ledningsnät.

I tabell 1 presenteras underlag som är nödvändigt för respektive karteringsmetod, vilken arbetsinsats som krävs och karteringens användningsområden. Beskrivning av de olika underlagen finns i kapitel 4.

		KARTERING AV LÅGPUNKTER	KARTERING AV MARKAVRINNING	KARTERING AV MARKAVRINNING OCH LEDNINGSNÄT
Nödvändigt underlag	Detaljerad höjddata	x	x	x
	Markanvändning	x ¹	x	x
	Jordartskarta		x	x
	Regndata ²		x	x
	Ledningsdatabas			x
Arbets- insats ³		1 vecka	2–3 veckor	Från 4 veckor
Använd- nings- områden		Peka ut lågpunkter	Konsekvensanalys, strukturplan, över- siktlig åtgärdsplan- ering ⁴ , beredskaps- planering	Konsekvensanalys, strukturplan, detalj- erad åtgärdsplan- ering ⁵ , beredskaps- planering

Tabell 1. Jämförelser mellan karteringsmetoder.

¹ Avser vid kartering av lågpunkter endast byggnader för korrigering av höjdmodell.

² Med regndata menas en tidsserie för det typregn som ska studeras, exempelvis ett 100-årsregn.

³ Baseras på kartering av en större tätort/stad och ett regnscenario, inklusive redovisning i GIS-skikt.

⁴ Exempelvis åtgärder kopplat till höjdsättning i terräng.

⁵ Exempelvis åtgärder för dimensionering av rörledningar och genomföringar.

Kartering av lågpunkter

Med GIS-programvara kan lågpunkter i terrängen identifieras och man får fram utbredning, volym och djup för respektive lågpunkt samt flödesvägar till och mellan lågpunkterna. Alla fördjupningar antas bli fyllda med vatten, oavsett storlek. Resultatet är inte kopplat till ett visst regn så det är egentligen ingen skyfallskartering. Däremot är den lätt att genomföra och ger en första överblick över möjliga problemområden. Länsstyrelsen i Jönköpings län har tagit fram en vägledning² som beskriver arbetsgången.

Begränsningar

Eftersom karteringen inte är kopplad till ett regn med en specifik volym eller återkomsttid kan inte risken kvantifieras. Det går alltså inte att ange en sannolikhet för de översvänningsdjup som beräknas. Flöden kan inte beräknas eftersom ingen hänsyn tas till hydrauliken. Det är därmed inte möjligt att studera översvämningens tidsförlopp.

Rekommenderad användning

Metoden rekommenderas inte att användas som karteringsmetod för skyfall. Användningen bör begränsas till identifiering av lågpunkter som kan vara problemområden.

Arbetsinsats

Arbetsinsatsen är begränsad och oberoende av karteringsområdets storlek. Inklusiv redovisning av översvänningskartor bedöms insatsen till omkring en vecka för en person med GIS-kompetens.



Figur 4. Principen för kartering av lågpunkter. Alla lågpunkter i terrängen fylls med vatten utan hänsyn till regnets storlek. Ingen hänsyn tas till markavrinning och ledningsnät.

2. Skyfallskartering i GIS – Arbetsätt och metod. Länsstyrelsen i Jönköpings län, meddelande nr 2014:28.

Kartering av markavrinning

Med en tvådimensionell hydraulisk modell kan flödet på markytan och resulterande översvämningsutbredning, vattendjup och ytvattenflöden beräknas. Karteringen ger en fysikaliskt korrekt beskrivning av markavrinningen och fördjupningar fylls med vatten från uppströms liggande områden. Regn med olika återkomsttid kan studeras, infiltration på gröna eller andra typer av ytor beskrivs dynamiskt och hänsyn kan tas till ledningsnätets kapacitet genom ett schablonmässigt avdrag från regnvolymen.

Begränsningar

Att förenkla ledningsnätets inverkan till ett schablonmässigt avdrag från regnet medför vissa begränsningar. Det är olämpligt att använda metoden för regn med återkomsttider som är kortare än 100 år. Ju närmare regnet ligger ledningsnätets kapacitet desto större blir osäkerheten. Genom ett felaktigt avdrag kan lokala kapacitetsbrister i ledningsnätet (oftast i nedströms huvudledningar) göra att översvämningen underskattas, samtidigt som det finns risk för att överskatta problemen i framförallt uppströms liggande delar.

Rekommenderad användning

Metoden rekommenderas för skyfallskartering med regn som har en återkomsttid på minst 100 år, och passar för översiktliga studier där områden ska karteras på ett kostnadseffektivt sätt. Resultaten kan användas för konsekvensanalyser, strukturplaner, översiktlig åtgärdsplanering och beredskapsplanering.

Arbetsinsats

Arbetsinsatsen är delvis kopplad till karteringsområdets storlek. Det betyder att insatsen skiljer sig åt mellan en liten ort och en stor stad. Den extra insatsen för en stor stad är framförallt kopplad till det manuella arbetet med att korrigera höjddata för viadukter och underfarter. Arbetsinsatsen är mellan två och tre veckor.



Figur 5. Principen för kartering av markavrinning. Vattnets väg och volym beräknas med hänsyn till studerat regn. Ledningsnätet beskrivs inte men regn över hårdgjorda ytor justeras med hänsyn till ledningsnätets bedömda kapacitet genom ett schablonmässigt avdrag. Beräknad översvämning kan bli både mindre och större jämfört med kartering av lågpunkter. I den vänstra översvämningssytan räcker inte regnet till för att fylla lågpunkten medan den högra lågpunkten i vägen blir överfull och vatten rinner vidare längs vägen.

Kartering av markavrinning och ledningsnät

En tvådimensionell hydraulisk modell för markavrinningen kan kompletteras med en mer detaljerad beskrivning av kapacitet och uppfyllnad i ledningsnätet genom koppling till en endimensionell hydraulisk modell för ledningsnätet. Den här metoden fångar även dynamiken i ledningsnätets kapacitet.

Begränsningar

Det finns inga modelltekniska begränsningar i metoden kopplat till vilka regn som kan studeras eller till resultatens användningsområden. Däremot krävs goda modelleringskunskaper hos den som utför karteringen.

Rekommenderad användning

Metoden lämpar sig för både översiktliga och detaljerade studier. Modell och resultat kan användas som underlag för alla typer av konsekvensanalyser, strukturplaner samt åtgärds- och beredskapsplanering.

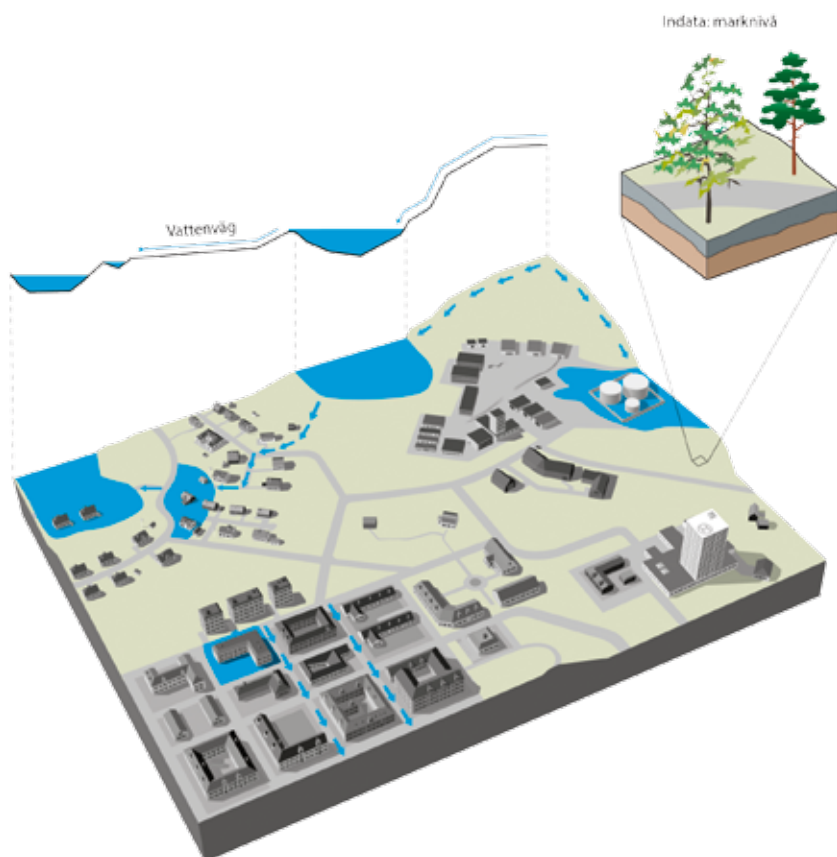
Arbetsinsats

Förutom arbetsinsatsen för markavrinningsmodellen tillkommer en insats för att skapa en modell över ledningsnätet och för att koppla samman modellerna. Insatsen för att ta fram modellen över ledningsnätet beror på storleken på karteringsområdet och även ambitionsnivån – allt från att enbart inkludera huvudledningarna till en modell som omfattar samtliga ledningar och dessutom är kalibrerad mot flödesmätningar. Generellt krävs en högre ambitionsnivå om mindre extrema regn ska studeras. Beroende på storlek på ort/stad bedöms arbetsinsatsen vara minst fyra veckor.



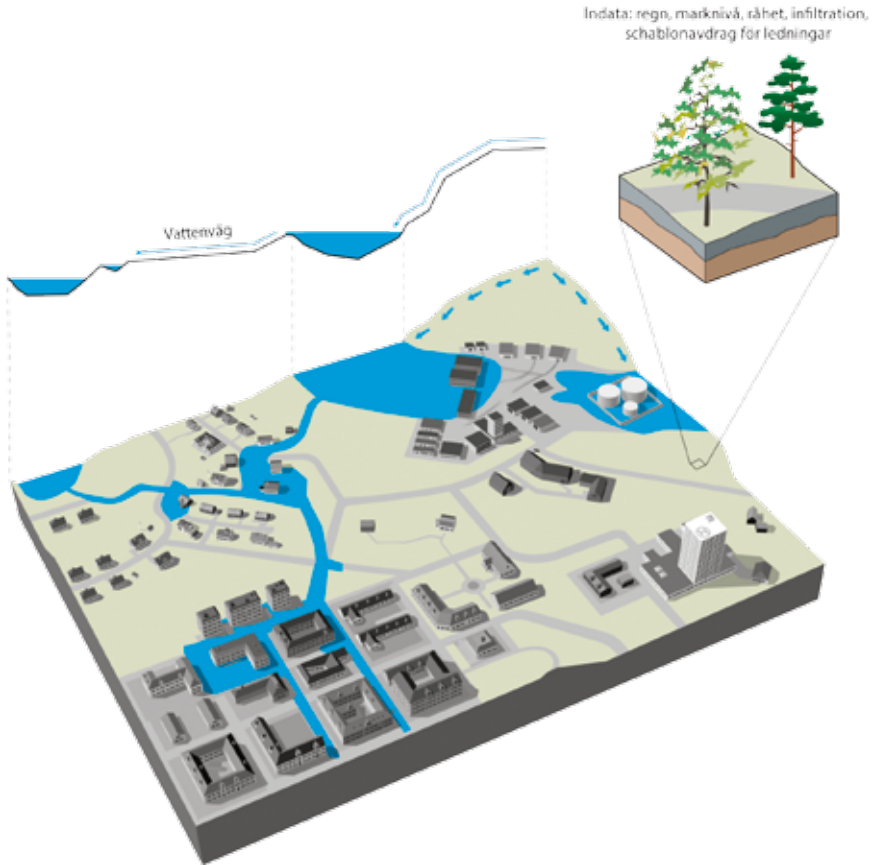
Figur 6. Principen för kartering av markavrinning och ledningsnät. Markavrinningsmodellen kopplas till en ledningsnätsmodell som beskriver de lokala kapacitetsförhållandena i ledningsnätet. Beräknad översvämning kan bli både mindre och större jämfört med en ren kartering av markavrinning. I den vänstra lågpunkten sväljer ledningsnätet all tillrinning och översvämning uteblir. Ledningsnätet längs vägen överbelastas och bidrar med ytterligare vatten som rinner ut från brunnar, vilket ökar översvämningens omfattning längs vägen.

Analys av lågpunkter



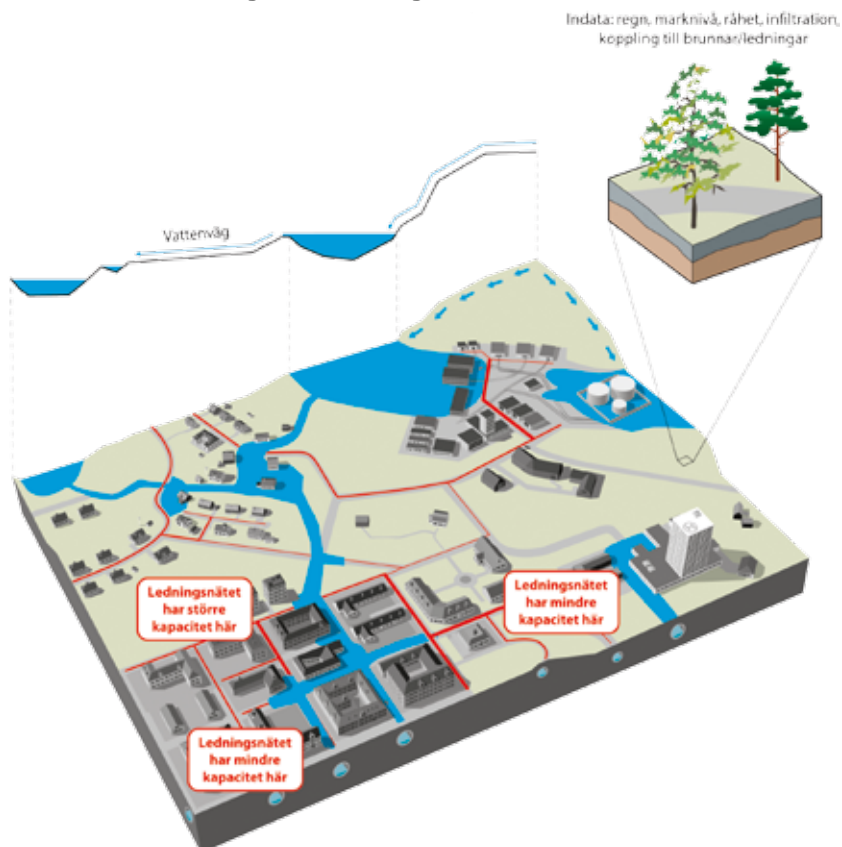
Figur 7. Resultat från en kartering av lågpunkter. Alla lågpunkter i terrängen fylls med vatten utan hänsyn till regnets storlek. Indata består endast av marknivå. Analysen visar vattenvägar fram till lågpunkter utan hänsyn till terrängens avrinningskapacitet.

Analys av markavrinning



Figur 8. Resultat från en kartering av markavrinning. Vattnets väg och volym beräknas med hydraulisk modell med hänsyn till indata om regn, marknivå, markens råhet, beskrivning av markens infiltration och schablonavdrag på regnet för ledningsnätets kapacitet. Beräknad översvämning kan bli både mindre och större jämfört med kartering av lågpunkter. I exemplet ses bland annat att terrängen inte har kapacitet att föra vattnet till den övre vänstra lågpunkten. Vattnet dämmer längs bebyggelsen och hittar en väg söderut istället. Detta leder till ökad översvämning i centrum (nederst till vänster).

Analys av markavrinning och ledningsnät



Figur 9. Resultat från en kartering av markavrinning och ledningsnät. Markavrinningsmodellen kopplas till en ledningsnätmodell som beskriver de lokala kapacitetsförhållandena i ledningsnätet. Beräknad översvämning kan bli både mindre och större jämfört med en ren kartering av markavrinning. I exemplet ses skillnader i centrum (nederst till vänster) till följd av ledningsnätets varierande kapacitet. I områden där ledningsnätet har större kapacitet än tidigare schablonavdrag minskas översvämningen och det omvända inträffar där ledningsnätet överbelastas och vatten rinner ut från brunnar.

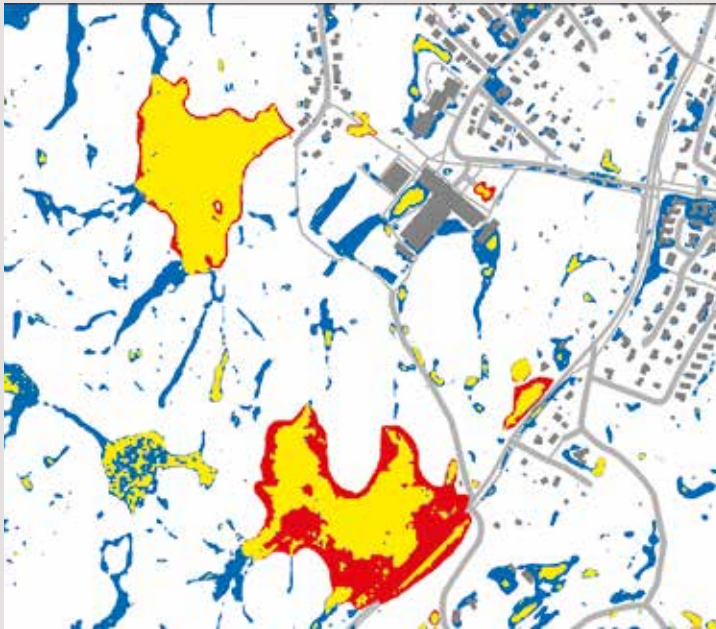
Jämförelse mellan kartering av lågpunkter och kartering av markavrinning

Eftersom en kartering av lågpunkter inte kan kopplas till ett regn med en viss volym eller återkomsttid är den svår att jämföra med andra karteringsmetoder. Vilket regn ska karteringen av lågpunkter jämföras med? 10-, 100- eller 1000-årsregn?

Vattendjup

Figuren visar ett exempel där översvämningsutbredningen (vattendjup $>0,1$ m) vid en kartering av lågpunkter jämförs med översvämningsutbredningen från en kartering av markavrinning för ett 100-årsregn med en varaktighet på sex timmar. Gula områden blir översvämmade med båda metoderna, blå enbart vid kartering av markavrinning och röda enbart vid kartering av lågpunkter.

Karteringen av lågpunkter ger både en mindre, större och i några fall en identisk översvämningsutbredning. För den stora lågpunkten i söder räcker inte ett 100-årsregn för att fylla lågpunkten. I den andra större lågpunkten i norr är resultaten tämligen lika. Karteringen av lågpunkter missar större områden som i huvudsak är kopplade till vattnets flödesstråk och områden som inte är avgränsade lågpunkter.



Figur 10. Jämförelse av kartering av lågpunkter och kartering av markavrinning för 100-årsregn. Gula områden blir översvämmade med båda metoderna, blå enbart vid kartering av markavrinning och röda enbart vid kartering av lågpunkter.

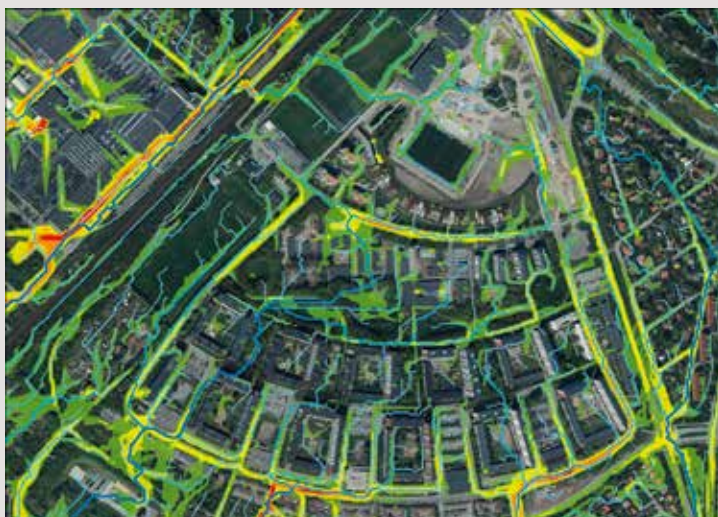
Flödesvägar

Från kartering av lågpunkter kan flödesvägar tas fram som visar hur vattnet teoretiskt rinner i terrängen. Flödesvägarna kan klassificeras efter arean på uppströms liggande område. Vid en kartering av markavrinningen beräknas däremot flödet (m^3/s) på markytan som varierar i både tid och rum under översvämningsförloppet.

Figuren visar en jämförelse av flödesvägar framtagna vid en kartering av lågpunkter och beräknade maxflöden vid en kartering av markavrinning. Blå linjer visar flödesvägarna vid en kartering av lågpunkter, där den relativa styrkan på flödesvägen ökar med tjockleken på linjen och en mörkare blå färg. Områden med grön-gul-röd färg visar storleken på flödet vid kartering av markavrinning, där röd indikerar störst flöde.

Precis som för vattendjupet visar jämförelsen att alla tre tänkbara skillnader förekommer. Det finns sträckor där karteringen av lågpunkter indikerar ett stort flöde och där det beräknade flödet är litet/noll, det finns sträckor där det omvända förhållandet gäller och det finns sträckor där båda karteringarna ger ett stort/litet flöde.

Skillnaden ligger inte bara i att specifika flöden kan beräknas i karteringen av markavrinning utan även i faktiska skillnader i hur vattnet rinner. Flödesvägarna från karteringen av lågpunkter kan användas för att underlätta tolkningen av flödesriktningen på beräknade flöden från en kartering av markavrinning. Tolkningar av större/mindre flödesvägar från en kartering av lågpunkter bör göras med stor försiktighet.



Figur 11. Blå linjer visar flödesvägar från en kartering av lågpunkter där den relativa styrkan på flödesvägen ökar med tjockleken på linjen och en mörkare blå färg. Grön-gul-röd färg visar styrkan på det beräknade flödet vid en kartering av markavrinningen där röd färg indikerar störst flöde.

Praktikfall Umeå

Umeå kommun genomförde under 2015–2016 en skyfallskartering för två utvalda delavrinningsområden i de centrala delarna av staden. Syftet var att få en tydlig bild över var översvämningsriskerna är som störst och kan förväntas leda till störningar i samhällets funktionalitet. Underlaget ska framöver kunna användas i kontinuitetsplanering och till planering av förebyggande åtgärder.

Kommunen valde att göra en detaljerad kartering med en tvådimensionell markavrinningsmodell kopplad till en endimensionell modell för ledningsnätet. En modellupplösning på två meter valdes. Ett flertal regnscenarier studerades – från ett 100-årsregn med klimataffekt till ett mycket extremt regn i form av det så kallade Köpenhamnsregnet som inträffade i juli 2011.

Umeå kommun ger följande rekommendationer inför arbete med kartering av markavrinning och ledningsnät:

- Kontakta andra ledningsägare, till exempel Trafikverket, kommunala väghållaren och markägare, för uppgifter om befintliga kulverteringar inom området.
- Om resultatet från punkten ovan bedöms vara bristfälligt bör en fältinventering göras i första hand längs vägar, järnvägar och vattendrag.
- Undersök eventuella dagvattenpumpstationers kapaciteter.
- Kontrollera kvaliteten på dagvattenledningsdata, vattengångar, dimensioner med mera. Viktiga knutpunkter och utlopp bör avvägas.
- Undersök om uppgifter på recipienternas vattenståndsvariationer och flöden finns tillgängliga. Där uppgifter saknas kan det vara värt att göra beräkningar eller vara tydlig med att det ska ingå i uppdraget vid en upphandling.
- Undersök vilket digitalt underlag för markanvändning som finns tillgängligt. Hårdgjorda ytor är särskilt viktiga och saknas dessa uppgifter bör en kartering genomföras. En kartering kan göras manuellt eller exempelvis genom satellitbilsanalys.



4. Att tänka på vid skyfallskartering

När en skyfallskartering ska tas fram finns det mycket att ta ställning till. Många avväganden hänger ihop med vilken detaljeringsgrad man vill att resultatet ska ha. Här presenteras det underlag som behövs för att kunna genomföra en skyfallskartering. Tips och rekommendationer är tänkta som stöd vid upphandling av en skyfallskartering som baseras på kartering av markavrinning eller markavrinning i kombination med ledningsnät.

Rekommendationerna kommer från två MSB-rapporter³ och för ytterligare information kring motiv bakom val och avväganden hänvisas till dessa.

Höjdmodell och modellupplösning

En förutsättning för att resultaten ska bli användbara är att höjdmodellen är tillräckligt detaljerad. En horisontell upplösning på 1–5 meter är att rekommendera för att kunna beskriva urbana strukturer som vägar och hus på ett tillfredsställande sätt. Med en grövre upplösning tenderar översvämningsutbredningen att "smetas ut" och vattendjupen underskattas. Lantmäteriets höjdmodell GSD-höjddata grid 2+ har höjddata med en horisontell upplösning på 2x2 meter för hela Sverige förutom delar av fjällkedjan. Terrängmodellens noggrannhet i höjd är normalt bättre än 0,1 meter, men i kraftigt kuperad terräng kan den vara sämre.

En bearbetning av höjddata är ofta nödvändig för att kunna beskriva de verkliga vattentransportförhållandena. Bearbetningen inkluderar en höjning av nivåerna där byggnader är placerade samt en sänkning av nivån vid broar så att höjdmodellen visar nivån på vägbanan under en bro eller nivån i vattendraget.

TIPS!

Från Lantmäteriet finns det möjlighet att beställa en version av den nationella höjdmodellen (GSD-höjddata grid 2+) där större broar/viadukter är korrigerade vilket sparar en del arbete. Observera att mindre broar/viadukter fortfarande behöver korrigeras manuellt.

3. MSB694, maj 2014 – Kartläggning av skyfalls påverkan på samhällsviktig verksamhet – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå; MSB953, februari 2016 – Kombinerade regn- och flödesberäkningar – framtagande av metodik för utredning på kommunal nivå.

Upplösningen på höjddata sätter begränsningar för vilken upplösning som är möjlig i modellen. Med detta menas att modellupplösningen aldrig kan vara bättre än upplösningen på den höjddata som används. Används till exempel GSD-höjddata grid 2+ kan med andra ord upplösningen aldrig vara bättre än två meter.

Beräkningstiden är en annan faktor som begränsar upplösningen. För större områden (flera tiotal kvadratkilometer) med upplösning på två meter kan beräkningstiderna bli flera månader med normal datorkapacitet. En möjlighet är att dela upp staden i flera mindre delområden. Det innebär en extra arbetsinsats, och motiveras därför av hur resultaten ska användas. För mer översiktliga karteringar är fyra meter en lämplig upplösning och det är då möjligt att kartera en större stad i en och samma modell med beräkningstider på några dygn. Vid karteringar som ska användas för detaljerad åtgärdsplanering rekommenderas upplösningen två meter eller bättre.

Det är viktigt att komma ihåg att det finns andra faktorer som ger större osäkerhet i beräkningsresultaten än modellens upplösning, till exempel markens infiltrationsförmåga och ledningsnätets kapacitet. Vid en upplösning på två meter eller bättre rekommenderas därför att markavrinningsmodellen kombineras med en modell av ledningsnätet.



TIPS!

Kommunen kan ibland ha egen höjddata med både högre eller lägre upplösning än GSD-höjddata grid 2+.

Markanvändning

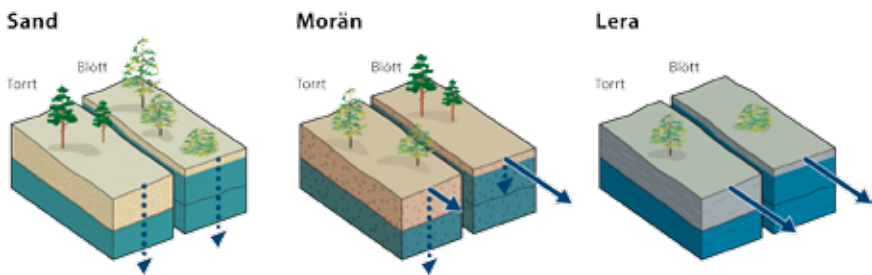
Information om markanvändning används i modellen för att kartlägga vilka ytor som är hårdgjorda respektive genomsläppliga. Hårdgjorda ytor får en mindre råhet (flödesmotstånd) än genomsläppliga ytor. Parametern som beskriver ytans råhet kallas för Mannings tal, och råheten styr hastigheten på flödet och därmed översvämningsförloppet. Med en väl beskriven markanvändningsinformation kan en detaljerad uppdelning mellan olika ytors råhet göras.

Markens infiltrationskapacitet

Utifrån information om markanvändning kan man få fram vilka ytor som är hårdgjorda, det vill säga ytor där vatten inte infiltreras. För genomsläppliga ytor kan däremot infiltrationen vara betydande och en beskrivning av de övre jordlagren bör inkluderas. Som underlag för bedömning av markens infiltrations- och magasineringskapacitet kan en digital jordartskarta från Sveriges geologiska undersökning (SGU) användas.

Friktionsmaterial (sand/grus) har mycket god infiltrationskapacitet och kan släppa igenom stora regnmängder utan att mättas (över 100 mm/timme). Täta jordarter (lerhaltiga) har mycket begränsad infiltrationskapacitet (enstaka mm/timme) och det mesta av regnet rinner av på ytan oavsett om det är torrt eller blött. I tätorter har oftast de övre jordlagren blandats med matjord och fyllnadsmaterial, vilket gör att infiltrationskapaciteten kan variera kraftigt.

Markens infiltrationskapacitet varierar även med den hydrologiska situationen. Skyfall inträffar nästan uteslutande under juli och augusti då grundvattennivåerna generellt sett är låga och då det oftast finns magasineringskapacitet i de översta jordlagren.



Figur 12. Infiltrationen (prickade pilar) och avrinningen (heldragna pilar) påverkas av jordart och hydrologisk situation (torrt med låg grundvattennivå och blött med hög grundvattennivå). Friktionsmaterial (sand/grus) har mycket god infiltrationskapacitet och kan hantera stora regnmängder (över 100 mm/timme) utan att det bildas ytvärning.



TIPS!

Hantera variationer i infiltrationskapacitet och hydrologisk situation genom känslighetsanalyser där parametrar som infiltrationshastighet och initial mättnadsgrad i marken justeras. Konsekvenserna av exempelvis ett 100-årsregn kan skilja sig väsentligt om det inträffar efter långvarigt regnande och i det närmaste mättade förhållanden, eller efter en längre torrperiod.

Ledningsnätets kapacitet

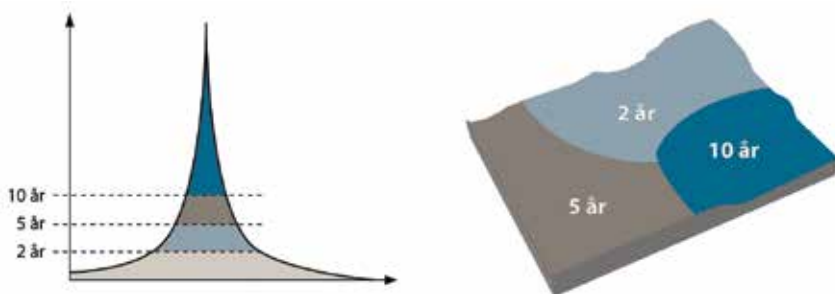
Vid kartering av markavrinning då ledningsnätet inte kopplas till markavrinningsmodellen rekommenderas att hänsyn tas till ledningsnätet genom att dess kapacitet dras av från regnvolymen. Det vill säga att den del av regnet som antas kunna tas om hand av ledningsnätet dras bort från det studerade regnet. Notera att avdraget endast görs för de ytor som är anslutna till ett ledningsnät. Övriga områden belastas med hela regnet.

Ledningsnätets kapacitet varierar men ska enligt dagens riktlinjer kunna hantera ett regn med en återkomsttid motsvarande tio år. VA-avdelningen på kommunen har ofta kunskap om vilka delar av systemet som är korrekt dimensionerade respektive har en över- eller underkapacitet i förhållande till gällande riktlinjer.



TIPS!

Det schablonmässiga avdraget för ledningssystemets kapacitet kan varieras mellan områden utifrån kunskap om lokala kapacitetsskillnader.



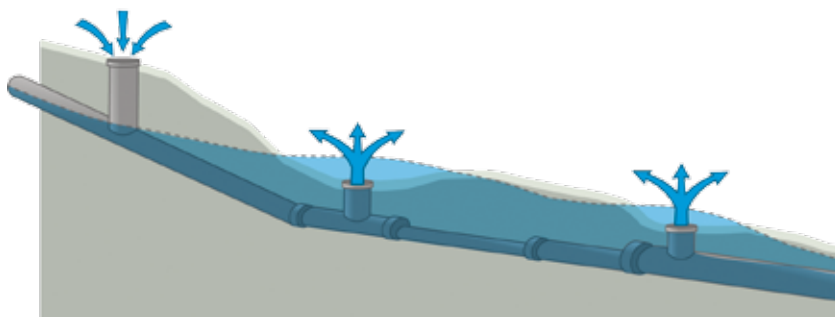
Figur 13. Vid kartering av markavrinning kan hänsyn tas till ledningsnätet genom att minska regnet med motsvarande bedömd kapacitet. Endast den mest intensiva delen av regnet (regntoppen) belastar då markavrinningsmodellen medan resterande del antas kunna hanteras av ledningsnätet. Avdraget för ledningssystemets kapacitet uttrycks ofta i form av vilken återkomsttid på regnet som ledningsnätet klarar. Avdraget kan varieras mellan områden utifrån kunskap om lokala kapacitetsskillnader i ledningsnätet.

Genom att koppla en modell för ledningsnätet till markavrinningsmodellen kan kapacitet och uppfyllnad av ledningsnätet och resulterande marköversvämning beskrivas. Tvåvägskommunikationen mellan modellerna möjliggör en dynamisk beskrivning av översvämningens förlopp, såväl variationen med hänsyn till nederbördens förlopp som dynamiken i ledningsnätets avledningsförmåga. Kopplingen är nödvändig om regn med en återkomsttid på mindre än 100 år ska studeras.

Vid en kopplad modell är hårdgjorda ytor kopplade direkt till ledningsnätetsmodellen, och regnbelastningen på hårdgjorda ytor beskrivs i ledningsnätetsmodells avrinningsmodul. Vid kraftiga skyfall är det dock inte rimligt att låta hela regnet verka på de hårdgjorda ytor som är kopplade till ledningsnätetsmodellen. Hängrännor, stuprör och rännstensbrunnar är en kapacitetsbegränsning i sig som knappast kan avbörda ett 100-årsregn. Därför bör regnet på hårdgjorda ytor delas upp i två delar, en del som antas kunna ta sig in i ledningsnätet (och belasta ledningsmodellen direkt) och resterande del (den mest extrema skyfallstoppen) som läggs på hårdgjorda ytor i markavrinningsmodellen. Kapaciteten för hängrännor, stuprör och rännstensbrunnar bedöms ofta motsvara ett 10-årsregn men beror i praktiken på lokala förhållanden.

Att bygga upp en hydraulisk modell för ledningsnätet kräver detaljerad information i form av vattengångar och dimensioner för brunnar och ledningar. Informationen finns i de flesta fall tillgänglig hos kommunen. Beroende på kvalitet och om informationen finns i digitalt format, varierar tidsinsatsen för att skapa en modell. Insatsen hänger även ihop med omfattningen på ledningsnätet och hur detaljerad modellen görs.

När regnet med stor marginal överskrider ledningsnätets kapacitet kan en lägre ambitionsnivå för ledningsnätetsmodellen väljas. Att beskriva systemets verkliga volymkapacitet jämfört med ett bedömt schablonavdrag ger en avsevärt förbättrad beskrivning. För beräkning av mindre extrema regn för exempelvis dimensionering krävs en högre ambitionsnivå där även flödesmätningar krävs för att kalibrera ledningsnätetsmodellen.



Figur 14. Då en ledningsnätmodell kopplas till markavrinningsmodellen sker ett utbyte av vatten mellan markytan och ledningsnätet via brunnar. I de brunnar där ledningsnätet inte är fullt med vatten kan det rinna in vatten från markytan. I de brunnar där vattentrycket i ledningsnätet ligger över markytan kan vatten rinna ut på markytan från brunnarna.

LÄS MER!

För ytterligare information om modellering av ledningsnät och exempel på användningsområden för en ren ledningsnätmodell rekommenderas Svenskt Vatten Utveckling rapport Nr 2016-15: Riktlinjer för modellering av spillvattenförande system och dagvattensystem.

Vattendrag och vägtrummor

Höjdmodellen beskriver vattennivån i vattendraget och vatten som via terrängen rinner till vattendragen kommer att rinna vidare längs vattendragets sträckning förutsatt att broar tagits bort ur höjdmodellen. Det rekommenderas att inte lägga tid på att korrigera (sänka) höjdmodellen längs vattendrag för att försöka beskriva botten på vattendraget. Det är svårt att beskriva botten korrekt och vattendragets kapacitet riskerar därmed att överskattas.

Generellt påverkas större vattendrag i mindre utsträckning av ett lokalt skyfall. Att gå vidare och beskriva vattendrag med en kopplad vattendragsmodell är motiverat om karteringen av markavrinningen visar på stora konsekvenser, om resultaten ska användas för att ta beslut om stora investeringar eller som underlag för dimensionering av konstruktioner, till exempel en bro.

Vägtrummor och kulvertar är vanliga längs vattendrag och diken. De har oftast en begränsad kapacitet så vid mer översiktliga studier kan de lämnas okorrigerade. Trummor som bedöms ha stor påverkan på resultatet inkluderas i första hand via en enklare modell som beskriver trummans/kulvertens geometri. Det kräver ofta inmätning i fält.

Regn

Som grund för den svenska regnstatistiken används nederbörds-mätningar som registrerats med hög tidsupplösning (minuter). Statistiken avser vanligen regnvaraktigheter från fem till tio minuter upp till ett dygn. Kortare varaktigheter (ett fåtal timmar) är främst av intresse vid snabba urbana avrinningsförlopp. 100-årsregnets volym är alltså inte entydig utan varierar beroende på varaktigheten. I Svenskt Vattens publikation P110 finns så kallade intensitetsvaraktighetssamband för olika återkomsttider som gäller för hela Sverige. I sammanhanget brukar begreppet blockregn användas som beskriver regnets medelintensitet för en given varaktighet och återkomsttid. För dimensionering av våra dagvattennät används så kallade CDS-regn som består av flera blockregn med varierande intensitet och varaktighet för en viss återkomsttid. Även vid skyfallskarteringar är den typen av regn lämpliga att använda.

Extrema regn förväntas bli vanligare och öka i intensitet i framtiden. Som underlag till Dricksvattenutredningen publicerades en rapport⁴ som visar att intensiteten beräknas öka med omkring 15–30 procent till slutet av seklet för ett 10-årsregn beroende på varaktighet. Störst förväntas ökningen vara för kortare varaktigheter (mindre än en timme). Detta gäller för ett medelscenario (RCP4.5), men för ett mer extremt klimatscenario (RCP8.5) redovisas en ökning på omkring 30–50 procent. Utifrån underlaget till Dricksvattenutredningen har en mer detaljerad regional analys gjorts för mer extrema regn i Stockholms län⁵. Analysen visar att förändringen ökar med återkomsttiden – ju högre återkomsttid desto större förändring. Den här typen av resultat kommer kontinuerligt att ändras till följd av utvecklingen av klimatmodeller. Det aktuella kunskapsläget om klimatförändringarna redovisas av SMHI och kan följas via www.smhi.se.

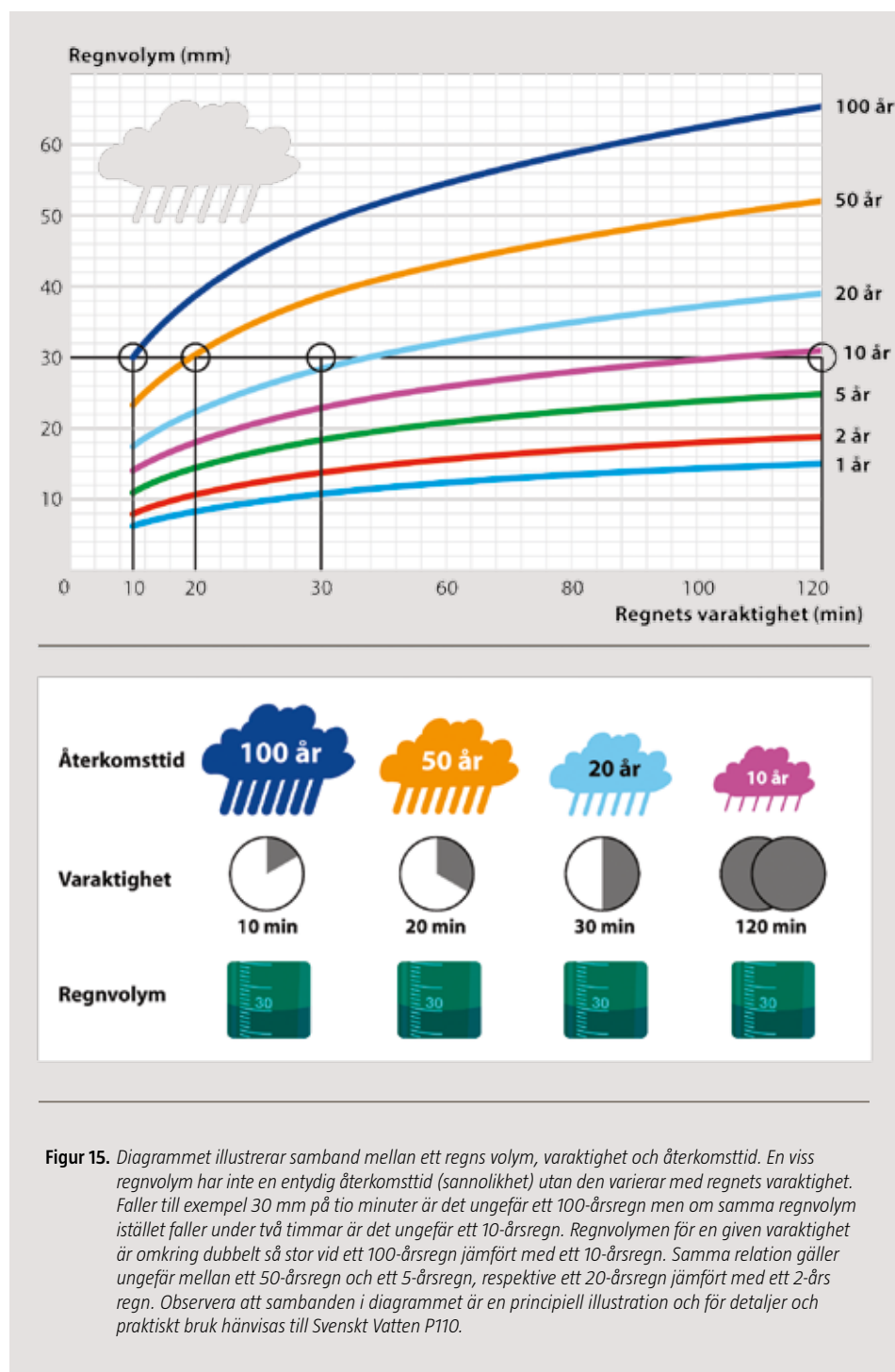
VARAKTIGHET	RCP 4.5	RCP 8.5
20 min	30	51
1 timme	20	34
3 timmar	17	29
12 timmar	18	29

Tabell 2. Procentuell ökning av korttidsnederbörd med 10 års återkomsttid från 1961–1990 till 2069–2098. Beräkningen är gjord för olika varaktigheter på regnet och för scenarierna RCP4.5 och RCP8.5. Tabellen visar ett medelvärde för hela landet.⁶

4. Klimatologi Nr 14, 2015. SMHI. Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattenutredningen.

5. Klimatologi Nr 21, 2015. SMHI. Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier.

6. Klimatologi Nr 14, 2015. SMHI. Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattenutredningen.



Återkomsttid och sannolikhet

Med återkomsttid menas den genomsnittliga tiden mellan två händelser med samma omfattning. Det gäller för alla typer av översvämningsrisker – extrema regn, höga flöden i vattendrag och extrema nivåer i sjöar och hav. Sannolikheten för att ett regn med en viss återkomsttid (T) ska inträffa eller överträffas är densamma för varje år: $1/T$. Sannolikheten för att exempelvis ett 100-årsregn ska inträffa eller överträffas är alltså $1/100$ eller en procent för varje enskilt år, oberoende av när händelsen inträffade senast.

Om man vill veta sannolikheten för att ett regn med en viss återkomsttid inträffar eller överträffas under en längre period måste man beräkna den ackumulerade sannolikheten. I tabellen nedan visas den ackumulerade sannolikheten för några olika återkomsttider. Exempelvis är den ackumulerade sannolikheten 63 procent att en 100-årshändelse inträffar en gång under en period på hundra år.

ÅTERKOMSTTID	SANNOLIKHET UNDER			
	10 ÅR	20 ÅR	50 ÅR	100 ÅR
10 år	65 %	88 %	99 %	100 %
20 år	40 %	64 %	92 %	99 %
50 år	18 %	33 %	64 %	87 %
100 år	10 %	18 %	39 %	63 %
500 år	2 %	4 %	10 %	18 %
1000 år	1 %	2 %	5 %	10 %

Val av beräkningsfall

Återkomsttiden för det studerade regnet bör vid kartering av markavrinning med god marginal överstiga ledningsnätets kapacitet. Det är en förutsättning för att det ska vara rimligt att förenkla ledningsnätets inverkan till ett schablonmässigt avdrag från regnet. Rekommendationen är att en kartering av markavrinning bör genomföras med regn som har en återkomsttid på minst 100 år. Vid en kartering där markavrinningen kombineras med ledningsnät finns inga begränsningar i vilka regn som är lämpliga att studera.

Vid en skyfallskartering rekommenderas att man studerar regn mellan 100 och 1000 års återkomsttid. Med anledning av själva definitionen av skyfall rekommenderas att det minst extrema regnet är ett 100-årsregn. Ytterligare minst ett större regn bör karteras. Genom att studera mer än ett regn kan man få förståelse för inom vilka områden översvämningen blir värre och vilka nya områden som tillkommer. Regn med återkomsttider på över 1000 år bedöms inte vara relevanta att kartera för svenska förhållanden (se informationsruta nedan). Vilka regn som väljs för kartering hänger ihop med vilken skyddsnivå som kommunen bedömer vara rimlig.

Det rekommenderas att ta höjd för klimateffekter genom att använda en klimatfaktor på de valda regnen. Lämplig klimatfaktor för ett regn från 100 till 1000 års återkomsttid är utifrån dagens kunskapsläge 1,2 till 1,5. Det innebär att man ökar regnvolymen med 20–50 procent.

Hur extrema regn är det rimligt att studera?

Ett 10 000-årsregn med klimatfaktor?

Under den mest intensiva halvtimmen faller ca 270 mm (klimatfaktor 1,3). Det är en extrem regnvolymer på kort tid som kan jämföras med världsrekordet från 1974 då 280 mm föll under 30 minuter i Henanprovinsen i Kina.

Ett 1000-årsregn?

Även ett 1000-årsregn är mycket extremt för vårt svenska klimat men det ligger ändå inom ramen för vad som har observerats.

Det svenska regnrekordet för dygnsnederbörd är från augusti 1997 då 276 mm uppmättes på Fulufjället. Ett 1000-årsregn utan klimatfaktor beräknas under 24 timmar ge ca 240 mm. Uppgifter saknas dock kring hur snabbt nederbörden föll under dygnet, varför detta rekord har mindre relevans för urbana miljöer där regn med kortare varaktighet är mer kritiska.

Köpenhamnsregnet från juli 2011 är sannolikt den mest extrema korttidsnederbörd som observerats i vår klimatzon. Här uppmättes ca 150 mm under två timmar. Ett 1000-årsregn utan klimatfaktor motsvarar ca 140 mm på samma tid. Ett 1000-årsregn är därför rimligt att studera. För att ta hänsyn till dagens kunskap om klimatförändringar bör även klimatfaktor användas.

Om en känslighetsanalys för markens infiltrationskapacitet är motiverad styrs av jordartsförhållandena i relation till regnintensiteten. För täta jordar (lerhaltiga) är infiltrationskapaciteten marginell i förhållande till ett 100-årsregn och en känslighetsanalys är inte motiverad eftersom resultaten skulle bli likartade. För friktionsjordar (sand/grus) är situationen den omvända men rekommendationen densamma. Infiltrationskapaciteten är mycket stor och en ändring av infiltrationshastigheten inom rimliga intervall skulle ge likartade resultat.

Känslighetsanalyser är framförallt motiverade för områden med morän, matjord och fyllnad, då infiltrationskapaciteten är i samma storleksordning som regnintensiteten. Här kan även mindre ändringar av jordens egenskaper eller hydrologiska situation få effekt på översvämningens utbredning och vattendjup. Känslighetsanalyser bör göras för det minst extrema regnet.

Rekommendation vid val av beräkningsfall

- Genomför skyfallskarteringen med minst två regn med olika återkomstid.
- Välj regn med återkomstid i intervallet 100–1000 år.
- För att ta hänsyn till klimatförändringen, inkludera en klimatkfaktor på 1,2–1,5.
- Överväg känslighetsanalys med avseende på markens infiltrationskapacitet beroende på aktuella jordartsförhållanden.
- Genomför känslighetsanalyser på det minst extrema regnscenariot i områden med morän, matjord och fyllnad.

Kalibrering av modell

Vid modellering är det vanligt att kalibrera modellens parametrar så att modellresultaten överensstämmer med uppmätta värden. Det kan till exempel vara uppmätta vattenflöden eller vattennivåer. Generellt bör en modell kalibreras mot den typ av händelser som modellen ska beskriva. Vid modellering av extrema händelser, som skyfall, ger detta ett problem därför att de uppträder så sällan, samt att observationer och mätningar ofta saknas. Modelleringens trovärdighet grundar sig främst på att modellen inkluderar de viktigaste processerna och de fysiska data som har störst betydelse för studerat förlopp.

Desto mindre regn som ska studeras med modellen, desto viktigare är det att ledningsnätmodellen kalibreras. Det är främst storleken på anslutna ytor och avrinningen från dessa som är viktiga att bekräfta mot flödesmätningar. Även ledningsnätets kapacitet (råhet och förekomsten av eventuella sediment) är viktigt att stämma av mot mätningar. Vid kraftigare regn (skyfall) har ledningsnätets kapacitet mindre betydelse och därmed minskar även betydelsen av att kalibrera ledningsnätmodellen. Det blir då andra parametrar, som markens infiltrationsförmåga, som blir betydande för avrinningsförloppen. Kalibrering av avrinningsförloppen vid skyfall är dock sällan möjlig eftersom det oftast saknas mätningar av nederbörd och observationer av översvämningsutbredning och vattendjup.

Skyfall är ofta mycket lokala och regnintensiteten kan variera stort i både tid och rum. Det ställer höga krav på ett tätt nät av nederbörds-mätare som mäter med hög tidsupplösning. Att samla in uppgifter om vattendjup kan vara svårt under pågående översvämnning och kan istället göras genom inmätning av vattenmärken på till exempel husfasader eller i viadukter efter översvämnningen. Under förutsättning att man lyckats fånga den rumsliga och tidsmässiga variationen i skyfallet och har ett antal tillförlitliga observationer av vattendjup, är det möjligt att kalibrera modellen. De variabler som kan användas för anpassning är avledning till ledningsnätet och markinfiltration.

Alternativet till en kalibrering är känslighetsanalyser. Som tidigare nämnts är det framförallt motiverat att testa känsligheten för markens infiltrationskapacitet och den hydrologiska situationen.

Praktikfall Malmö

Den 31 augusti 2014 drabbades Malmö av ett skyfall. Ett drygt tiotal mätare registrerade regnet med hög tidsupplösning. Störst total regnvolym på 122 mm uppmättes vid Söderkulla under ca sex timmar, vilket motsvarar en återkomsttid på nästan 400 år. Regnintensiteten varierade kraftigt i både tid och rum mellan olika delar av Malmö.

Konsekvenserna av regnet var stora och ledde bland annat till ett stort antal skadekrav mot VA Syd till följd av källaröversvämningar. Källaröversvämningarna orsakades dels av att vatten trängde upp via golvbrunnarna från lednings-systemet och dels av inträngande ytvatten. I syfte att utreda vilka fastigheter som påverkats av ytvatten karterades det inträffade skyfallet med kommunens tvådimensionella skyfallsmodell.

Det täta nätet av nederbördsrätmätare gjorde det möjligt att på ett realistiskt sätt beskriva regnets tidsmässiga och geografiska variation med modellen. I samband med skyfallet gjordes observationer av översvämningens utbredning och vattendjup av både kommunen, VA Syd och framförallt allmänheten (samlades in via sociala medier). Observationerna kunde användas till att verifiera modellresultaten. Efter anpassning av framförallt infiltrationskapaciteten i modellen erhöles en avvikelse inom ± 10 cm i de flesta observationspunkter, med ett medelfel för samtliga observationer på +6 cm.

Resultaten från karteringen pekade tydligt ut vilka fastigheter som var påverkade av översvämning via ytvatten. Tack vare verifieringen kunde modellens tillförlitlighet stärkas och graderas mellan olika områden.

Överensstämmelsen mellan modellerade och observerade vattendjup var klart sämre i området runt två nederbördsrätmätare som tidvis under skyfallet inte fungerade och därmed underskattade nederbörden. Beräkningarna visade vikten av ett tätt nät av nederbördsrätmätare för att kunna fånga ett skyfall och på så sätt verifiera modellresultat mot observationer.



Figur 16. Beräknad maximal återkomsttid.



5. Konsekvensanalyser

Skyfall kan orsaka stora samhällsstörningar och skador för miljardbelopp. Utslagning av viktiga samhällsfunktioner kan få stora konsekvenser. Det kan uppstå kostnader till följd av direkta skador på byggnader och infrastruktur, men även indirekta konsekvenser som exempelvis elbortfall och avbrott i transporter och kommunikationer.

En skyfallskartering visar översvämningsutbredning och vattendjup för de studerade regnen. Eftersom det är svårt att direkt utläsa konsekvenserna i kartan krävs en strukturerad konsekvensanalys. Det finns många sätt att genomföra en konsekvensanalys beroende på syfte, önskad detaljeringsgrad och tillgängliga resurser. För att inspirera till vidare användning av skyfallskarteringen presenteras fyra exempel på möjliga analyser. Metoderna konkurrerar inte med varandra utan kan genomföras efter varandra eller parallellt för att få en så bra problembild som möjligt.

Den första metoden (1) fokuserar på analys av konsekvenserna för utvalda, känsliga verksamheter medan den andra metoden (2) syftar till att omvandla översvämningskartan till en konsekvenskarta vilken beskriver den relativa konsekvensen mellan olika områden. Denna karta kan användas för prioritering av områden för vidare detaljanalyser. Både (1) och (2) är lämpliga analyser att börja med och kan genomföras parallellt. Behovet och nyttan med (2) ökar med stadens storlek. Med den tredje och mest detaljerade metoden (3) analyseras konsekvenserna med målsättningen att titta på effekter på samhällets funktionalitet. Den sista metoden (4) fokuserar på att analysera den direkta faran för människoliv till följd av stora vattendjup och höga vattenhastigheter och kan genomföras utan koppling till övriga analysmetoder.

1. Analys med fokus på samhällsviktig verksamhet
2. Analys för prioritering av områden
3. Analys med fokus på samhällets funktionalitet
4. Analys av fara för människors liv

Analys med fokus på samhällsviktig verksamhet

Ett sätt att identifiera var konsekvenserna av ett skyfall blir som störst är att utgå från de verksamheter som bedöms vara mest skyddsvärda, det vill säga de som har en stor negativ påverkan på samhället om de slås ut. Verksamheterna studeras i detalj med avseende på påverkan från beräknad översvämningsutbredning och vattendjup. På detta sätt görs en fokuserad insats för ett antal utvalda verksamheter/anläggningar. Genom att först utreda vid vilken nivå/vattendjup respektive verksamhet blir påverkad i olika grad, kan den informationen sedan relateras till olika skyfallsscenarier. Denna metod är att föredra framför att bara konstatera om verksamheten blir påverkad eller inte vid ett specifikt scenario. Då kan informationen återanvändas om nya översvämningsscenarier tillkommer, för skyfall eller andra typer av översvämning. Analysen bör omfatta både direkta och indirekta konsekvenser.

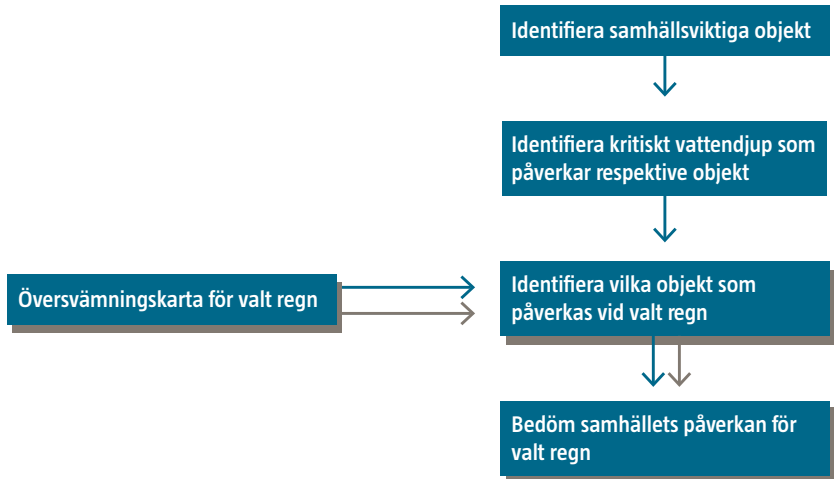
Platsbesök på respektive anläggning krävs för att säkerställa att de verkliga höjdförhållandena överensstämmer med de som legat till grund för modelleringen. I karteringen kan det se ut som att vatten står intill en byggnad trots att marken i verkligheten sluttar bort från byggnaden. Det kan bero på beräkningsmodellens upplösning samt att det finns osäkerheter och mindre fel i höjdmodellen. Det blir tydligast för stora flacka områden där den verkliga höjdskillnaden är liten. Den slutliga bedömningen för att avgöra påverkan utifrån beräknade vattendjup måste göras av respektive anläggningsägare.

Begränsningar

Metoden fokuserar på de mest skyddsvärda objekten och bortser då från andra konsekvenser.

Arbetsinsats

Insatsen är starkt kopplad till storleken på orten. I en större ort finns ett större antal objekt att utreda konsekvensen för. Analysen kräver även ett engagemang från respektive anläggningsägare för bedömning av påverkan.



Figur 17. Exempel på analys med fokus på samhällsviktig verksamhet.



TIPS!

Som underlag för identifiering av de mest sårbara verksamheterna kan information från projektet Styrel användas. Där har kommunens verksamheter delats in i åtta prioriteringsklasser där exempelvis den högsta klassen omfattar verksamheter där avbrott redan på kort sikt (timmar) har stor betydelse för liv och hälsa. Prioriteringen är gjord utifrån elbortfall men kan tillämpas även för andra störningar som översvämnning. Mer information om Styrel finns på: www.msb.se/styrel

LÄS MER!

För ytterligare information om samhällsviktig verksamhet rekommenderas Vägledning för samhällsviktig verksamhet - Att identifiera samhällsviktig verksamhet och kritiska beroenden samt bedöma acceptabel avbrottstid. Publ.nr: MSB620 – januari 2014.

Praktikfall Göteborg

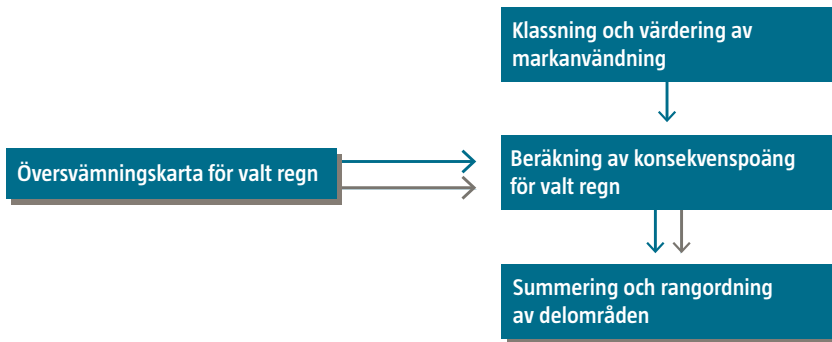
Göteborgs Stad har kartlagt områden med översvämningsrisk orsakade av vattendrag, skyfall och hav. Utifrån resultatet har riskerna för olika samhällsfunktioner studerats. Underlaget består av en kartläggning av samhällsviktiga anläggningar inom staden. Med samhällsviktig menas här anläggningar som om de slås ut innebär stor skada för samhället och att det är kostsamt eller omöjligt att återskapa. Staden har som förslag att på liknande sätt som för höga havsnivåer införa planeringsnivåer för översvämningsrisker orsakade av skyfall och vattendrag. Det innebär att en extra säkerhetsmarginal tillämpas för stadens samhällsviktiga anläggningar.

Kritiska tröskelnivåer för samhällsviktiga anläggningar har kartlagts och de anläggningar som drabbas har identifierats. Det har gett en sammanfattande bild över hur stadens samhällsviktiga funktioner drabbas vid olika översvämningsscenarier.

Den övergripande riskanalysen ligger till grund för vidare analys och åtgärdsarbete av respektive huvudman. Analysen är översiktlig och det krävs platsspecifik anläggningsinformation för att avgöra den faktiska risknivån för varje enskild anläggning. Risknivån avgörs utifrån anläggningsdetaljer såsom nivå på öppningar i byggnaden, placering av vitala delar och utformning av elförsörjning. Även anläggningens strategiska funktion (försörjningsområde) måste avgöras för att kunna prioritera skyddsbehovet mellan olika anläggningar.

Analys för prioritering av områden

Om en översvämning medför en konsekvens eller inte, beror i huvudsak på var översvämningen uppstår. En halv meter vatten på parkmark är sällan ett bekymmer medan samma vattendjup på en väg eller intill en byggnad normalt ger störningar och skador. Det är svårt att bedöma konsekvenser genom att bara utgå från en översvämningskarta. Att manuellt gå igenom och tolka materialet är tidskrävande. Det finns ofta behov av att gallra bort mindre viktiga områden som stöd för prioritering av insatser. Principen för denna analys är att information om markanvändning värderas och skyddsvärda objekt ges högre värdering. Värderingen kombineras med beräknade vattendjup för att skapa en konsekvenskarta som visar var översvämningen ger störst konsekvenser.



Figur 18. Exempel på analys för prioritering av områden.

1. Klassning och värdering av markanvändning

Först delas markanvändningen in i olika klasser som byggnader, vägar och grönytor. Byggnader kan i sin tur delas in i underklasser efter byggnadens ändamål och byggnadstyp. Vägar kan delas in i prioriterade vägar, uttryckningsvägar, vägar med kollektivtrafik och övriga vägar.

Alla klasser får sedan ett värderingstal. Med värderingstal menas ett enhetslöst värdesystem där 0 innebär inget värde. I sin enklaste form kan värderingen sättas till 1 för alla klasser där en betydande konsekvens väntas uppstå medan övriga klasser får värdet 0. Värderingstalet speglar den relativa värderingen mellan olika klasser. Det kan göras genom att sätta en högre värdering på byggnader med till exempel samhällsviktig verksamhet. Om flera klasser förekommer inom samma yta summeras värderingstalen.



TIPS!

Utvärdering av konsekvenser kan även ske med avseende på skadekostnad. Värderingstalen kan då sättas efter den relativa skillnaden i skadekostnad mellan till exempel olika byggnadstyper (enfamiljshus, flerfamiljshus, industri), vägar och andra ytor. Underlag för det kan fås från försäkringsstatistik.

2. Beräkning av konsekvenspoäng

När den inledande klassningen och värderingen är gjord jämförs de beräknade vattendjupen med värderingstalen. Vattendjup under 0,1 meter utesluts eftersom de sällan medför några konsekvenser. Ett övre gränsvärde kan sättas om konsekvensen inte bedöms bli större över ett visst vattendjup. Exempelvis skulle man kunna anta att skadan för en byggnad är densamma oavsett om det står en eller två meter vatten runt byggnaden.

En beräkning av konsekvenspoäng görs sedan baserat på vattendjup och värderingstal. Ett exempel är följande formel:

$$\text{Konsekvenspoäng} = \text{Värderingstal} \times \text{Vattendjup}^2$$

Genom att ta vattendjupet i kvadrat fås en icke linjär ökning av konsekvenserna med ökat vattendjup. På detta sätt inkluderas tidsaspekten indirekt eftersom översvämningen kommer att pågå längre vid platser med stort vattendjup, och där kan skadorna förväntas bli större. Metoden är dock inte beroende av den enkla formeln ovan och finns det kunskap om hur konsekvenser varierar med vattendjupet kan formeln anpassas.

TIPS!

Utvärdera konsekvenser på bebyggelse och vägar separat. Vëganalysen kan då användas för att studera påverkan på framkomlighet i staden.

3. Summering och rangordning av delområden

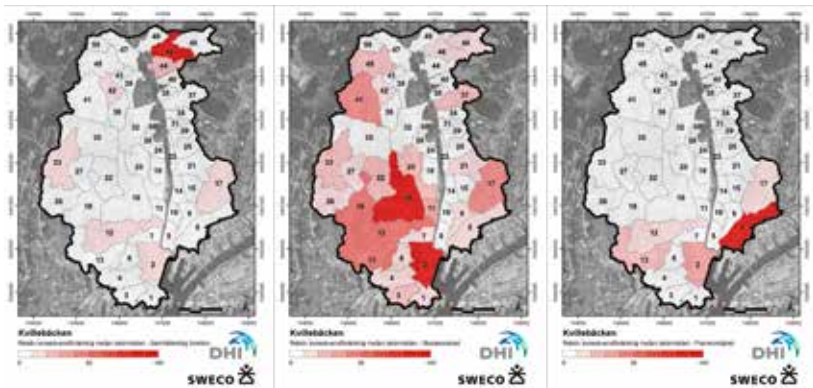
Beräkningen av konsekvenspoäng sker inledningsvis med samma upplösning som skyfallskarteringen. För att få överblick krävs en summering av beräknade konsekvenspoäng till större områden, exempelvis 100x100 meters rutor eller delavrinningsområden. När den totala konsekvenspoängen har beräknats kan de större områdena rangordnas och prioriteras.

Begränsningar

Metoden beskriver enbart den relativa konsekvensen som kan jämföras mellan olika områden. Inga objekt studeras i detalj och någon analys av om vattendjupet verkligen medför några konsekvenser görs inte.

Arbetsinsats

Den huvudsakliga arbetsinsatsen är kopplad till val av klassificerings- och värderingssystem samt bearbetning av GIS-data. Övrig arbetsinsats kan mer eller mindre automatiseras varför koppling till storleken på stad är liten.



Figur 19. Exempel från Kvillebäckens avrinningsområde i Göteborg. Bilden visar konsekvensklasser för samhälls viktig verksamhet (vänster), skadekostnad (mitten) och framkomlighet (höger).⁷

7. Strukturplan för hantering av översvämningsrisker. Kvillebäckens avrinningsområde. Stadsbyggnadskontoret Göteborg Rapport April 2017.

Praktikfall Göteborg

Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs Stad har gjort en övergripande konsekvensanalys utifrån tre olika parametrar: samhällsviktig verksamhet, skadekostnad och framkomlighet.

En klassificering av samhällsviktig verksamhet har genomförts utifrån Styrel där kommunens verksamheter delats in i åtta prioritetsklasser. Den högsta klassen omfattar verksamheter som vid avbrott redan inom timmar har stor betydelse för liv och hälsa. Den lägsta klassen omfattar övrig bebyggelse som inte innefattas i någon av de andra klasserna, exempelvis bostadshus.

Utifrån försäkringsstatistik för olika byggnadstyper (enfamiljshus, flerfamiljshus, industri) och vägtyper (motorväg, riksväg och lokalväg) har en normerad värdeskala skapats.

En tredje klassificering har gjorts utifrån störningar i trafiken där vägar klassificerats efter betydelse tillsammans med spårbunden trafik. Denna del omfattar de indirekta konsekvenserna av att väg och spårväg behöver stängas av vid ett skyfall.

För de tre parametrarna kombineras konsekvens/skadekostnad med vattendjup för att beräkna konsekvenspoäng som sedan summeras till delavrinningsområden.

Resultaten kommer bland annat att användas som underlag för prioritering av ordningen för framtagande av strukturplaner för delavrinningsområden för hela Göteborgs Stad. Underlaget kommer även att användas för utvärdering av olika åtgärders effekt genom att jämföra konsekvenser före och efter åtgärder.

Analys med fokus på samhällets funktionalitet

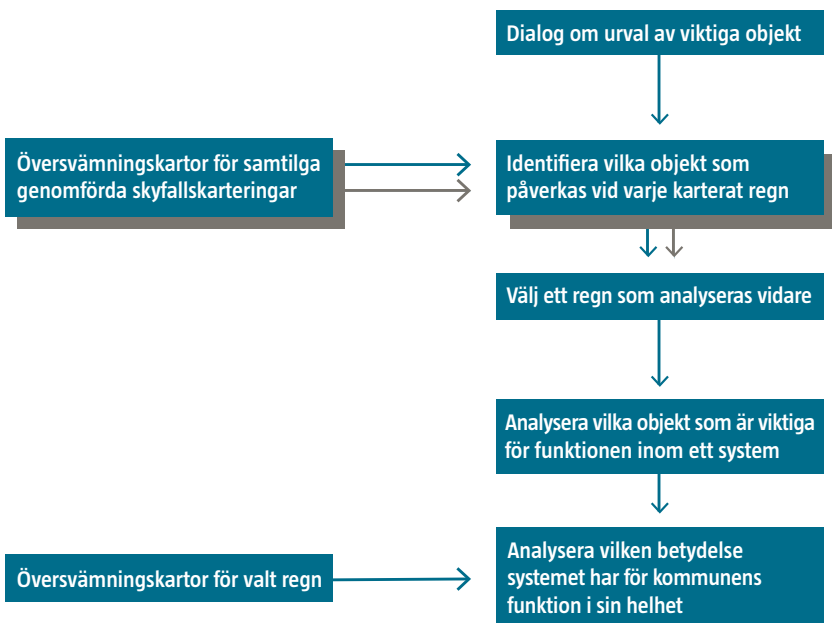
För att få fram de konsekvenser som har störst betydelse för samhällets funktionalitet kan en analys genomföras genom att först studera enskilda objekt, därefter vilka konsekvenser översvämningen har på systemnivå och slutligen systemens betydelse för samhället i stort. Analysen bör göras av en grupp aktörer inom kommunen med ansvar för olika sakområden. Det är också relevant att engagera kommunala bolag och förbund.

Objekt, system och samhälle

- Objekt kan vara en transformatorstation, vägkonstruktion, vattenverk eller pumpstation.
- System kan vara elsystem, vägar, vattenförsörjning eller bostadsområde.
- Samhälle omfattar olika samhällssektorer och funktioner.

Exempel

En transformator (objekt) påverkar elförsörjning (system) för en stadsdel med ett flertal samhällsviktiga funktioner som är vitala för kommunen (samhälle).



Figur 20. Exempel på analys med fokus på samhällets funktionalitet.

1. Analys av objekt som påverkas

Analysen av konsekvenser på objektsnivå ska ge en övergripande bild av vilka skyddsvärda objekt som påverkas vid olika regn.

Notera vilka typer av skyddsvärda objekt som finns inom de översvämningsdrabbade områdena. För varje objekt bedöms sedan om översvämningsutbredning och vattendjup medför en konsekvens. Att det står 0,3 meter vatten på baksidan av en vårdcentral medför nödvändigtvis ingen störning på verksamheten. Översvämmas där-
emot entréerna uppstår en störning.

Analyserna görs för samtliga regn i skyfallskarteringen. Syftet med att analysera flera regn är att få en uppfattning om vad som drabbas vid de olika regnen. Att få en bild av hur kommunen påverkas vid olika regn ger en uppfattning om problemets karaktär. Målet är att sedan besluta om ett specifikt regn som behöver analyseras vidare.

Analysen på objektsnivå ska resultera i en lista med objekt för vilka konsekvenser uppstår vid de studerade regnen. Dokumentera arbetet för att få en samlad bild av vilka objekt som drabbas vid de olika regnen.

Utifrån den samlade bilden av påverkade objekt väljs sedan ett av regnen ut som kommunen ska arbeta vidare med i efterföljande analyser. Vid valet av regn bör kommunen utgå från de mål man har satt i det inledande arbetet. Har kommunen exempelvis uttryckt att en viss funktion inte får upphöra att fungera bör man välja att analysera ett regn då funktionen påverkas.

2. Analys på systemnivå

I nästa steg lyfts analysen från objekts- till systemnivå. Här avgörs vilken betydelse de drabbade objekten har för sina respektive system, exempelvis om det översvämmade ställverket har påverkan på elsystemet i stort. Vissa objekt kan ha fungerande alternativ som tillfälligt kan ersätta funktionen. Målet med analysen på systemnivå är att dra slutsatser om vad som bör analyseras vidare utifrån ett övergripande samhällsperspektiv.

Analysen görs för det valda regnet och resulterar i en lista med de objekt som har stor betydelse för sitt systems funktion.

TIPS!

Tänk på följande vid analysen:

- Vilken betydelse har objektet för sitt system, till exempel ett ställverk för elsystemet?
- Finns det redundans i systemet, exempelvis en omledningsväg från huvudled?
- I vilken omfattning måste drabbad bebyggelse återställas?
- Innebär skadorna på byggnaderna att viktiga verksamheter tillfälligt eller permanent måste omlokaliseras?

3. Analys på samhällsnivå

I ett sista steg lyfts analysen från systemnivå till övergripande samhällsnivå. Här bedöms vilken betydelse systemet har för samhällets funktion, alltså för kommunens funktion i sin helhet, och om konsekvenserna är betydande för kommunen. Slutsatser dras om vilka konsekvenser som har störst betydelse för kommunen. Resultatet används sedan som underlag vid beslut om åtgärder.

TIPS!

Tänk på följande vid analysen:

- Hur beroende är kommunen av det aktuella systemet?
- Vad händer om funktionen upphör?
- Finns det redundans i kommunen för att täcka upp en förlorad funktion?

Begränsningar

Metoden kan för större städer innebära en omfattande arbetsinsats.

Arbetsinsats

Metoden kräver en stor insats från kommunen och behöver involvera personer med detaljkunskap om respektive objekt och system. Insatsen är direkt kopplad till storleken på staden.

Analys av fara för människors liv

I tidigare exempel analyseras konsekvenserna för samhällsviktig verksamhet, bebyggelse och infrastruktur med olika detaljeringsgrad. Indirekt kan konsekvenserna leda till fara för människoliv om exempelvis funktionen för ett sjukhus påverkas.

Med en metod utvecklad av DEFRA 2006⁸ kan den direkta faran för människoliv undersökas utifrån beräknade vattendjup och flödeshastigheter. Hela det skyfallskarterade området delas in i fyra olika klasser (ingen fara, fara för vissa, fara för de flesta, fara för alla). Metoden bygger på att man genomfört en kartering av markavrinning som ger uppgifter om vattendjup och vattenhastighet. Sedan görs en GIS-analys där vattendjup i kombination med vattenhastighet ger ett värde på hur stor faran är.

KLASSGRÄNSER FÖR $(V+C)*D$	BEDÖMD FARA
< 0,75	Ingen fara
0,75 – 1,25	Fara för vissa
1,25 – 2,50	Fara för de flesta
> 2,50	Fara för alla

Bedömningsvärde = $(V+C)*D$ där V =max hastighet, D =max vattendjup, C =koefficient (0,5)

8. DEFRA, 2006. Flood risks to people – Phase 2: The flood risks to people methodology. Department for Environment, Food and Rural Affairs. London.

$(V+C) \cdot D$	Vattendjup									
Vattenhastighet	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

Figur 21. Den direkta faran för människoliv är beroende av vattendjup och vattenhastighet.

Begränsningar

I områden där bottentopografin inte beskrivs i modellen, till exempel i dammar och vattendrag, kommer beräknade vattendjup att underskattas.

Arbetsinsats

Analysen görs enkelt av GIS-kunnig person utifrån skyfallskarteringens resultat.

Praktikfall Kristinehamn

Finns det platser där det är farligt att vistas vid ett skyfall? Det var en av många frågor som Kristinehamns kommun ställde sig när de skulle tolka resultaten från sin skyfallskartering. Bara genom att titta på karteringen såg man uppenbart farliga platser med stort vattendjup som exempelvis viadukter, men eftersom även vattenhastigheten har betydelse nöjde man sig inte med det visuella intrycket.

Erfarenheter från Kristinehamns kommun:

- DEFRA:s metodik är värdefull för att på ett enkelt sätt skapa en översiktlig bild av fara för människoliv och kunna ringa in potentiellt farliga platser.
- Generellt så framträder platser utmed vattendrag.
- På platser där det normalt är en vattenyta (exempelvis vattendrag och dammar) underskattas faran, eftersom höjdmodellen som använts i skyfallskarteringen inte visar bottentopografin utan vattenytan.



6. Åtgärda och följ upp

När konsekvensanalysen har genomförts startar arbetet med att finna lämpliga lösningar för att hantera de risker som inte kan accepteras. Lösningar kan vara olika permanenta förbyggande åtgärder och beredskapsåtgärder för att kunna hantera ett akut skede.

Strukturplan för vatten

Innan en åtgärdsplan utformas behövs en strukturplan för vatten som beskriver hur skyfall kan hanteras ur ett avrinningsområdesperspektiv. Konsekvensanalysen ger information om var skador och störningar blir som störst, men det är inte alltid så att den bästa lösningen är en åtgärd just där problemen uppstår.

Strukturplanen visar var olika typåtgärder som magasinering och avledning behöver genomföras. Det kan handla om att man hindrar vattnet från att nå sårbara områden med hjälp av fysiska barriärer eller identifierar vilka vägar som kan fungera som avrinningsvägar utan konflikter med viktiga transporter. Ett annat förhållningssätt är att låta vattnet ta plats genom att styra det till områden där det kan stå en tid utan att göra skada, exempelvis grönytor, fotbollsplaner och lekparkar. Med god planering kan man också uppnå synergieffekter som ökade ekosystemtjänster och nya rekreationsområden. Skyfallskarteringen kan användas för att utreda vilken kapacitet som krävs för avrinningsvägar (avledning) och vilka volymer som krävs för skyfallsytor (magasin). Strukturplanen kan också inkludera en plan för hantering av andra översvämningssrisker som höga havs-/sjönivåer och flöden i vattendrag.

Strukturplanen kan användas som underlag till översikts- och detaljplaner för att hitta lämplig placering av ny bebyggelse och avgöra vilka ytor som behöver reserveras för hantering av skyfall. Det är viktigt att komma ihåg att en exploatering medför en förändring av marknivåer och infiltrationsförmåga. Den framtagna modellen för skyfallskarteringen kan användas för att simulera hur planerade markomställningar och exploateringar förändrar översvämningssituationen.

LÄS MER!

Strukturplan för hantering av översvämningssrisker. Metodbeskrivning.
Stadsbyggnadskontoret Göteborg Rapport Mars 2017.

Planering av förebyggande åtgärder

Vid åtgärdsplanering studeras hur man praktiskt ska förverkliga de behov som har identifierats i strukturplanen. För avrinningsvägar kan det krävas en kombination av att utnyttja vägbanan och sidoliggande diken, och i vissa fall även kulvertar för att komma upp i den flödeskapacitet som är nödvändig enligt strukturplanen. För varje skyfallsyta behöver man ta ställning till om det krävs någon fördämning, hur magasinet ska tömmas efter regnet, hur det ska utformas estetiskt och om ytan ska kunna användas till något annat mellan skyfallen.

Skyfallsåtgärder kräver utrymme i en tät stadsmiljö. Utformningen måste ta hänsyn till de intresse- och målkonflikter som uppstår bland annat gällande framkomlighet, tillgänglighet, rådighetsfrågor och påverkan på kulturvärden. För att nå framgång krävs multifunktionella lösningar som fångar fler värden och nyttor än bara minskad översvämningsrisk. Exempel på andra nyttor som kan åstadkommas beroende på utformning är rening av dagvatten, ekosystemtjänster i stadsmiljö, minskad värmestress, mötesplatser och en attraktiv stadsmiljö. Multifunktionella lösningar kan också ge ökade förutsättningar för finansiering av åtgärder. Sammantaget behöver fler än tekniska aspekter vägas in vid utformning av skyfallsåtgärder.

Att ta fram förslag på åtgärder är ett arbete för den förvaltningsövergripande arbetsgruppen (se kapitel 2). Även representanter från berörda kommunala bolag bör engageras om de inte redan ingår i arbetsgruppen. Tänk på att kontakt bör tas med privata fastighetsägare om det blir aktuellt med åtgärder på privat mark.

Arbetet med att omsätta strukturplanen till konkreta åtgärder inleds med att arbetsgruppen identifierar och dokumenterar möjliga förebyggande åtgärder för att hantera de allvarligaste konsekvenserna som beskrivits i konsekvensanalysen. Fundera över och prioritera mellan möjliga åtgärder för varje konsekvens. Exempelen på frågeställningar på nästa sida kan fungera som en hjälp.

Med hjälp av en åtgärdsplan kan åtgärder integreras i stadsplaneringen och vidtas i samband med planerade ombyggnationer. Det underlättar om åtgärdsplanen beslutas på politisk nivå så att genomförandet får ett starkt mandat. Åtgärderna bör också beskrivas i kommunikationsplanen.



TIPS!

Kommuner har möjlighet att söka statsbidrag från MSB för förebyggande åtgärder mot naturolyckor. Bidrag kan lämnas med upp till 60 procent av åtgärdens kostnad, och både åtgärden, vissa utredningar och kostnader för ansökan i miljödomstol är bidragsberättigade. Läs mer på: www.msb.se/forebyggande/naturolyckor/statsbidrag.

Exempel på frågeställningar vid framtagande av strukturplan för vatten och åtgärdsplan

Effekter och synergieffekter

- På vilket sätt minskar konsekvensen om åtgärden vidtas?
- Skyddas andra objekt av samma åtgärd eller minskar översvämningsrisken i närliggande områden?
- Ger åtgärden ett mervärde, det vill säga att den även skyddar mot andra händelser än översvämnningar från skyfall? Kan ytan användas till annat när marken inte är översvämmad?

Hinder

- Finns det avtal, intressekonflikter eller tidigare beslut om markanvändning som försvårar att en åtgärd kan vidtas? Är den allmänna platsmarken tillräcklig eller behöver åtgärder också utföras på privat mark?
- Finns det hinder i lagstiftning som plan- och bygglagen eller miljöbalken?
- Finns det rekommendationer från myndigheter eller branschorganisationer att ta hänsyn till?
- Kan åtgärden försvåra för drift av samhällsviktig verksamhet eller beredskapsinsatser?
- Kan åtgärden endast vidtas under särskilda tider på året?
- Kan marksanering bli nödvändig för områden som planeras att tillfälligt översvämmas?

Kostnader

- Finns det flera åtgärder som kan förebygga samma konsekvens? Vilken är mest kostnadseffektiv?
- Gör en kostnads- och nyttoanalys för respektive åtgärd. Tänk på att skyfall kan inträffa flera gånger. Försök om möjligt att inkludera indirekta kostnader som kan uppstå om åtgärden inte vidtas.

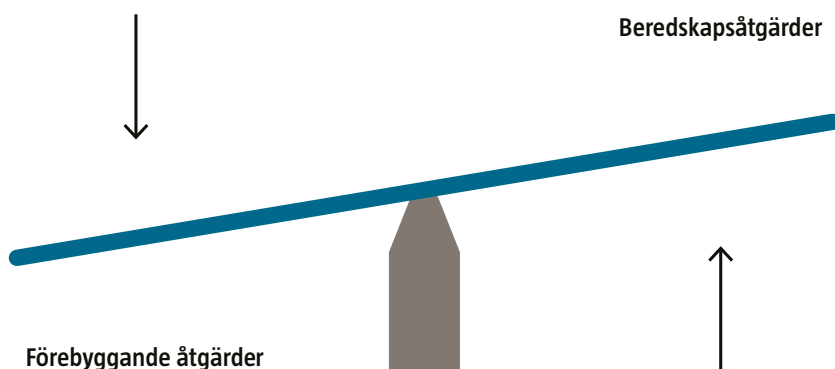
Övrigt

- Tid för genomförande?
- Kräver åtgärden löpande tillsyn och underhåll?
- Finns det ansvarsförhållanden som behöver klaras ut?
- Undersök och dra nytta av eventuella samordningsvinster med pågående stadsplanering.
- Kräver åtgärden tillstånd enligt miljöbalken?

Beredskapsplanering

En god beredskapsplanering behövs för att kunna hantera de konsekvenser som inte åtgärdas direkt, eller för konsekvenser där kommunen bedömer att kostnaderna kan tas när skadan uppstår.

Det kan ta lång tid innan de föreslagna förebyggande åtgärderna blir verklighet. Under tiden måste beredskapsåtgärder kunna hantera konsekvenserna av ett skyfall. Beredskapsåtgärder kan också behövas som komplement till de vidtagna åtgärderna för att hantera en situation om en vall brister eller om en pump slutar att fungera.



Figur 22. Ju mer resurser som läggs på förebyggande åtgärder desto mindre resurser behövs för beredskapsåtgärder.

LÄS MER!

För ytterligare information om beredskapsplanering rekommenderas:

- Insatsplanering Åttastegsmodellen. MSB931 – november 2015
- Beredskapsplanering för skyfall, Svenskt Vatten Utveckling rapport Nr 2017-03

Uppföljning

Den strukturplan och åtgärdsplan som tagits fram för att hantera extrema regn behöver följas upp kontinuerligt för att bedöma status och dra lärdomar av genomfört arbete och eventuellt inträffade skyfall. Vid uppföljningen är det viktigt att väga in ny kunskap och ändrade omvärldsförhållanden, såväl inom som utanför kommunen som har betydelse för hanteringen av extrema regn. De antaganden som arbetet har utgått från kan behöva uppdateras.

En samlad uppföljning genomförs av en sammanhållande funktion inom kommunen. Hur ofta en uppföljning behöver göras bör fastställas och en lämplig uppföljningstid kan vara vid aktualitetsprövning av översiktsplanen eller vid upprättande av handlingsprogram enligt lag om skydd mot olyckor (LSO) eller vid framtagande av andra relevanta planer och program.

Uppföljningen kan genomföras i tre steg. Först görs en uppföljning av beslutade mål och åtgärder. I andra steget analyseras förändrade omvärldsförhållanden som har betydelse för hanteringen av extrema regn. Slutligen formuleras nya uppdrag för att hantera identifierade brister. Nedan ges förslag på ett antal frågor som kan vara användbara vid uppföljningen.

Exempel på frågeställningar vid uppföljning av åtgärderna

- Har målen uppnåtts?
- Har åtgärderna genomförts? Status?
- Har åtgärder genomförts som innebär att beredskapsplanen behöver uppdateras?
- Har åtgärderna implementerats i alla berörda förvaltningars, bolags och förbunds verksamhet?
- Har oönskade konsekvenser uppstått av åtgärderna?
- Har kommunen drabbats av ett skyfall, där uppmätta nivåer observerats som kan verifiera modellresultaten från skyfallskarteringen?

Exempel på frågeställningar vid identifiering av ändrade omvärldsförhållanden

- Har något specifikt inträffat inom kommunen som har betydelse för hantering av extrema regn?
- Har något hänt inom kommunen som medför att tidigare gjorda antaganden behöver justeras? Det kan till exempel vara markarbeten, ny exploatering, förändring i beredskap med mera.
- Har nya fakta tagits fram om klimatets förändring som behöver beaktas? Nytt klimatunderlag kan innebära att skyfallskarteringen behöver uppdateras.
- Finns ny kunskap som har betydelse för åtgärderna?
- Finns ny teknik som är lämplig för åtgärdsarbetet?
- Innebär ändrade förhållanden att genomförda analyser och planer behöver uppdateras?

Exempel på frågeställningar vid formulering av nya uppdrag

- Finns behov av nya åtgärder eller uppdaterade analyser?
- Formulera uppdrag kring de brister som har framkommit.
- Besluta om nya åtgärder.
- Dokumentera i åtgärdsplanen vad som behöver göras.

Ordlista

100-årsregn – regn som statistiskt inträffar i genomsnitt en gång under 100 år.

Avrinning – sker när regnvatten (eller smältvatten) rör sig vidare i ett område antingen på markytan (ytavrinning), via grundvattnet (grundvattenavrinning), i ett vattendrag eller ledning.

Avrinningsväg – utpekad sträcka för avledning av ytvatten i samband med extrema regn.

Dagvattensystem – system av rör och öppna diken vilka har för avsikt att ta om hand och leda bort regn- och smältvatten.

Endimensionell hydraulisk modell (1D-modell) – endimensionell beskrivning av till exempel rörledningsnät eller vattendrag för beräkning av flöden, hastigheter och nivåer. Flödet följer alltid ledningens eller vattendragets riktning. Beräkningspunkterna ligger längs linjer.

Hydraulisk modell – används för att beräkna vattennivåer, hastighet och flöden i en, två eller tre dimensioner.

Höjdmodell – en modell som beskriver markytans topografi.

Infiltration – process där nederbörd tränger ner i marken.

Infiltrationskapacitet – mått på markens förmåga att infiltrera vatten.

Kalibrering – justering av parametrar i en modell så att den överensstämmer med observationer.

Klimatfaktor – en faktor, oftast över 1, som läggs till dagens förhållande som en faktor för att beskriva förändringen kopplad till ett ändrat framtida klimat. Klimatfaktor 1,3 innebär en ökning med 30 procent.

Känslighetsanalys – analys av känsligheten i modellresultat kopplat till enskilda parametrar.

Ledningsnät – system av rör vilka har för avsikt att ta om hand och leda bort regn- och smältvatten, spillvatten och dräneringsvatten.

Mannings tal – parameter som beskriver en ytas råhet i hydrauliska modeller.

RCP – Representative Concentration Pathways (RCP) är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden. Det benämns strålningsdrivning och uttrycks som watt per kvadratmeter (W/m^2). RCP-scenarierna benämns med den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100; 2,6, 4,5, 6,0 eller 8,5 W/m^2 .

Samhällsviktig verksamhet – En verksamhet som uppfyller minst ett av följande villkor:

- Ett bortfall av eller en svår störning i verksamheten kan ensamt eller tillsammans med motsvarande händelser i andra verksamheter på kort tid leda till att en allvarlig kris inträffar i samhället.
- Verksamheten är nödvändig eller mycket väsentlig för att en redan inträffad kris i samhället ska kunna hanteras så att skadeverkningarna blir så små som möjligt.

Skyfall – kortvarigt (minuter-timmar) högintensivt regn. Enligt SMHI:s definition ska intensiteten överstiga 50 mm/timme eller 1 mm/minut.

Tvådimensionell hydraulisk modell (2D-modell) – tvådimensionell beskrivning av modellområdet för beräkning av vattendjup, hastighet och flöde i två dimensioner. Vattnet kan röra sig åt alla håll i ett plan. Beräkningspunkterna ligger i ett rutnät.

Typregn – ett regn med en viss antagen enhetlig form, där intensitetsvärden för olika varaktigheter kopplas till en viss vald återkomsttid. Samband mellan intensitet, varaktighet och återkomsttid baseras på statistisk bearbetning av en stor mängd historiska regntillfällen. Regnets form kan till exempel byggas upp av olika varaktigheter, där regnintensiteten för varje varaktighet motsvarar samma återkomsttid. På så vis kan man ta hänsyn till alla olika intensiteter och varaktigheter för just den valda återkomsttiden i ett och samma regn.

Vattenbalans – uttryck för skillnaden mellan nederbörd och avdunstning samt avrinning inom ett avgränsat område. Vid en positiv skillnad magasineras vatten inom området och vid en negativ skillnad minskar magasinvolymen.

Återkomsttid – genomsnittlig tid mellan två händelser med samma omfattning. Se vidare faktaruta i kapitel 4.

