



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Redovisning av regeringsuppdrag

Metod för skyfallskartering av tätorter

Redovisning av regeringsuppdrag – Metod för skyfallskartering av tätorter

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
Enhet: Enheten för arbete med naturolyckor och beslutstödssystem

Publ nr: MSB2257 - december 2023
ISBN: 978-91-7927-433-7

Innehåll

SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	7
Uppdraget	7
Bakgrund.....	7
Genomförande av uppdraget	7
INVENTERING AV GENOMFÖRDA SKYFALLSKARTERINGAR	9
Syfte	9
Genomförande.....	9
Resultat från inventeringen.....	9
METOD FÖR SKYFALLSKARTERING	11
Syfte	11
Bakgrund.....	11
Resultat.....	11
Studie om klimatfaktorer	12
TILLÄMPNING AV METOD.....	13
Syfte	13
Bakgrund.....	13
Resultat.....	13
KARTJÄNST	15
Syfte	15
Bakgrund.....	15
Resultat.....	15
FÖRSLAG PÅ UTVECKLING OCH FÖRVALTNING AV SKYFALLSKARTERINGAR	16
Syfte	16
Bakgrund.....	16
Utveckling och förvaltning av metod för skyfallskartering.....	16
Utveckling och förvaltning av skyfallskarteringar.....	17
Utveckling och förvaltning av en nationell karttjänst.....	19
Åtgärder för att minska konsekvenserna	20
BILAGA 1 INVENTERING SKYFALLSKARTERINGAR	21
Vilka kommuner har karterats?	21
Vilka årtal genomfördes karteringarna?.....	22
Vilka metoder har använts vid skyfallskartering?	22
Vilka återkomsttider har använts i karteringen?	23
Vilken varaktighet på regnet har använts i karteringen?	24
Vilket typregn har använts i karteringen?	25
Vilken klimatfaktor har använts för regnet?	25
Har en konsekvensanalys gjorts utifrån resultaten från skyfallskartering?	26

Hur har resultatet från karteringen använts?	27
BILAGA 2 FÖRSTUDIE SKYFALLSSTATISTIK	28
Sammanfattning	28
Bakgrund.....	28
Syfte	29
Data och metodik	29
Resultat och diskussion	30
Slutsatser.....	35
Referenser Bilaga 2.....	37

Sammanfattning

Regeringen gav i juli 2022 MSB i uppdrag att utveckla en standardiserad metod för skyfallskartering av tätorter. MSB fick också extra medel på anslag 1:10 klimatanpassning för att bedriva detta arbete.

Arbetet med att ta fram metoden påbörjades genom att inventera vilka skyfallskarteringar som har tagits fram i Sverige samt vilka metoder som använts vid framtagandet. Totalt samlades information om 230 skyfallskarteringar fördelade på 173 kommuner in.

Metoden som tagits fram redovisas i rapporten Vägledning – Metod för skyfallskartering av tätorter¹. Vägledningen riktar sig dels till beställare av skyfallskarteringar som exempelvis kommuner och länsstyrelser, dels till utförare av skyfallskarteringar, exempelvis konsulter.

Ambitionen med vägledningen är att höja kunskapsnivån om att ta fram en skyfallskartering och öka förståelsen för vilka val av metoder som är möjliga och lämpliga.

Vägledningen kan exempelvis användas för att ta fram skyfallskarteringar som stöd för översiktsplanearbete, detaljplaneringsarbete och i framtagandet av riskhanteringsplaner samt för att genomföra förebyggande åtgärder.

Vägledningen innehåller rekommendationer om val av metod med hänsyn till syftet med skyfallskarteringen, vilka underlag som behövs, hur skyfallskarteringar utförs kopplat till val av metod och kvalitetsgranskning av resultaten.

En viktig del i en skyfallskartering är hur klimatfaktorer hanteras. MSB har som underlag till framtagandet av vägledningen, låtit SMHI genomföra en studie för att uppdatera och komplettera det material och den information som finns om klimatfaktorer. Resultaten tyder på att dagens bedömning, på 20-40% ökning av regnextremerna fram till seklets slut, överlag står sig.

Den framtagna metodiken för skyfallskartering av tätorter har testats i två områden, Karlstad och Uddevalla. För vardera tätort har tre skyfallskarteringar enligt vägledningen tagits fram.

Skyfallskarteringarna från testet redovisas i en karttjänst. I karttjänsten finns också uppgifter om vilka skyfallskarteringar som kommuner och länsstyrelser har tagit fram i Sverige, vilket årtal karteringarna genomförts, vilka tätorter som karterats samt länk till de skyfallskarteringar som kommuner och länsstyrelser valt att publicera externt.

¹ Vägledning – Metod för skyfallskartering av tätorter. MSB2260 – december 2023

För att kunna utveckla ett lättillgängligt och enhetligt rikstäckande kunskapsunderlag om skyfall lämnas även förslag på hur arbetet med skyfallskarteringar kan utvecklas och förvaltas.

Behov finns bland annat av att

- Uppdatera genomförda skyfallskarteringar när förändringar sker i tätorterna.
- Utveckla och förvalta karttjänsten för att kunna ge en nationell bild av riskerna med skyfall.
- Öka stödet till kommunerna genom att ta fram skyfallskarteringar för prioriterade områden i Sverige på samma sätt som görs i arbetet med att ta fram översvämningskarteringar för vattendrag.
- Ta fram vägledning som stöd till kommunerna för att genomföra konsekvensanalyser av skyfall.
- Öka finansieringen för att genomföra förebyggande åtgärder mot skyfall.
- Uppdatera Vägledning - Metod för skyfallskartering av tätorter när ny kunskap kommer fram.
- Sammanföra Vägledning för skyfallskartering (MSB 2017) och Vägledning - Metod för skyfallskartering av tätorter (MSB 2023) till en gemensam vägledning.
- MSB:s uppdrag att stödja kommuner och länsstyrelser med karteringar avseende översvämningsrisker, skyfall, ras, skred, värmeböljor och skogsbränder i framtiden styrs och finansieras via MSB:s regleringsbrev.

Inledning

Regeringen gav i juli 2022 MSB i uppdrag att utveckla en standardiserad metod för skyfallskartering av tätorter. I denna rapport redovisas uppdraget.

Uppdraget

Regeringen gav i juli 2022 MSB i uppdrag att utveckla en standardiserad metod för skyfallskartering av tätorter. I uppdraget ingick att tillämpa metoden på redan genomförda skyfallskarteringar och att tillgängliggöra resultaten så att de blir jämförbara i ett nationellt perspektiv. Inom ramen för uppdraget skulle också förslag lämnas på hur en nationell samordning av skyfallskarteringar kan utvecklas och förvaltas. MSB fick också extra medel på anslag 1:10 klimatanpassning för att genomföra detta arbete.

Bakgrund

Risken för intensiva skyfall ökar i ett förändrat klimat. Regnextremerna förväntas öka med 20-40% fram till seklets slut.

För att minska sårbarheten i samhället och öka anpassningen till ett förändrat klimat krävs en ökad beredskap för att möta skyfall. Det finns ett stort behov av att genomföra förebyggande åtgärder.

Kunskap om vilka områden som kan drabbas vid ett skyfall är en förutsättning för att kunna planera samhället och genomföra åtgärder så att negativa konsekvenser inte uppstår. Skyfallskarteringar behövs som stöd för exempelvis översiktsplanarbete, detaljplaneringsarbete och i framtagandet av riskhanteringsplaner samt för att genomföra förebyggande åtgärder.

Genomförande av uppdraget

MSB har genomfört uppdraget i nära samverkan med länsstyrelserna, Boverket och SMHI. Representanter från Länsstyrelsen Östergötland, Länsstyrelsen Värmland, Länsstyrelsen Västra Götaland, Länsstyrelsen Norrbotten och Länsstyrelsen Stockholm har deltagit i projektgruppen.

Sweco har deltagit i utvecklingen av metodiken för skyfallskartering och framtagandet av rapporten Vägledning – Metod för skyfallskartering av tätorter².

En referensgrupp har bidragit med kunskap och råd i framtagandet av vägledningen. I referensgruppen har DHI Sverige AB, SMHI, Ramboll, SCALGO, Svenskt Vatten, Stockholms stad, Göteborgs stad, Halmstad kommun, Malmö stad, Lunds Universitet och länsstyrelserna deltagit.

MSB har även låtit SMHI genomföra en förstudie för att uppdatera och komplettera det material och den information som finns om klimatfaktorer, som används vid framtagandet av en skyfallskartering.

² Vägledning – Metod för skyfallskartering av tätorter. MSB2260 – december 2023

Metodiken har testats genom att ta fram skyfallskarteringar för två kommuner, Uddevalla och Karlstad.

Samtliga kommuner har även fått möjlighet att lämna in uppgifter om genomförda skyfallskarteringar. Inventeringen har fungerat som underlag till framtagning av en karttjänst för skyfallskarteringar.

Projektet har löpande presenterats på olika konferenser för att sprida information om den kommande vägledningen. Ett slutseminarium hölls den 8 december 2023 där den nya vägledningen presenterades.

Inventering av genomförda skyfallskarteringar

En inventering har genomförts för att få kunskap om vilka metoder som använts vid framtagandet av skyfallskarteringar i Sverige.

Syfte

Syftet med inventeringen var att följa upp vilka skyfallskarteringar som har tagits fram i Sverige, samt ta reda på vilka metoder som har använts vid framtagandet av skyfallskarteringarna. Detta för att ge ett bra underlag till att ta fram metodiken för skyfallskarteringar.

Genomförande

Ett frågeformulär togs fram av MSB tillsammans med representanter från länsstyrelserna, Boverket och SMHI. Samråd av frågeformuläret har även gjorts med Sveriges kommuner och regioner (SKR) innan utskick.

Frågeformuläret skickades till kommunerna via länsstyrelsernas klimatanpassningssamordnare. Ett digitalt enkätverktyg användes. Enkäten skickades ut den 1 november 2022. Sista svarsdatum sattes till den 16 december. Den 16 februari 2023 skickades en påminnelse om enkäten ut med svarstid till den 10 mars.

Resultat från inventeringen

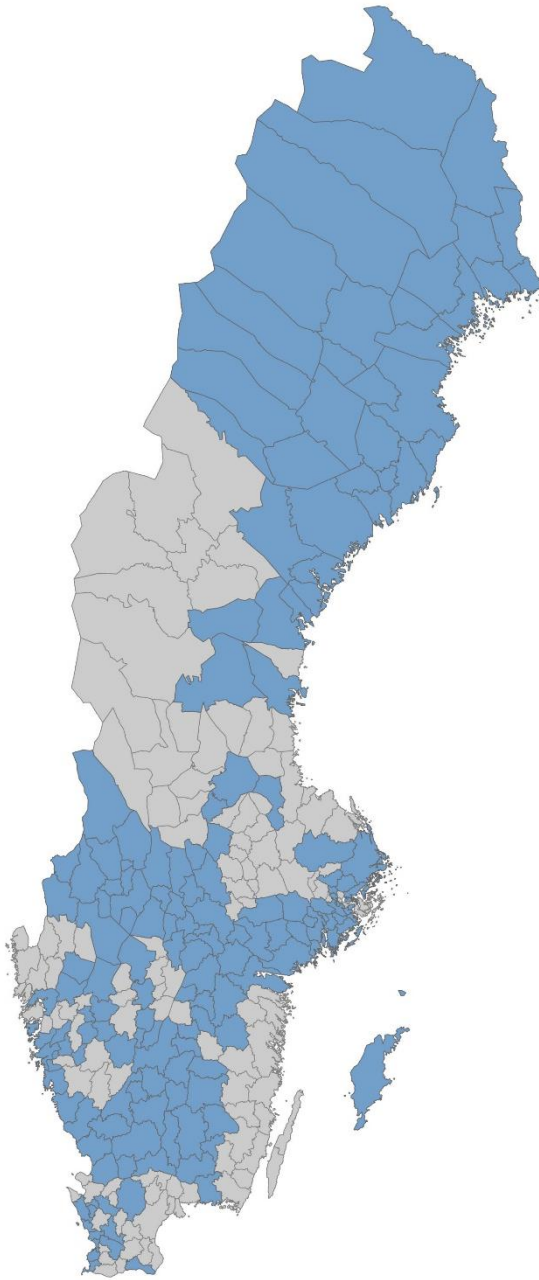
Totalt inkom information om 230 skyfallskarteringar fördelade på 173 kommuner. I inventeringen efterfrågades endast svar om man tagit fram karteringar. Det innebär att de kommuner som valt att inte svara på enkäten kan ha genomfört skyfallskarteringar som ej har rapporterats in.

Den vanligaste metoden som har använts vid framtagande av skyfallskarteringarna är en 2D markavrinningsmodell. Metoden har använts vid 107 skyfallskarteringar.

I de skyfallskarteringar som tagits fram är det vanligast att analysera ett 100-årsregn. Den vanligaste varaktigheten som använts på regnet i är 6 timmar och den vanligaste klimatfaktorn som använts i skyfallskarteringarna är 1,3.

Resultatet av skyfallskarteringarna har främst används till översiktsplanering, detaljplanering och VA-planering. Flera andra användningsområden har också lyfts. Vid mer än hälften av skyfallskarteringarna har ingen konsekvensanalys genomförts efter skyfallskarteringen.

Resultatet redovisas i sin helhet i Bilaga 1.



Figur 1. Karta som visar vilka kommuner som redovisat att de genomfört en skyfallskartering vid inventeringen. Kommuner med blå markering har svarat på enkäten. Kommuner som ej valt att svara på enkäten kan ha genomfört skyfallskarteringar som inte har rapporterats in.

Metod för skyfallskartering

En vägledning som redovisar en nationell metod för skyfallskartering av tätorter har tagits fram. Vägledningen ger stöd i arbetet med att beställa eller ta fram en skyfallskartering.

Syfte

Vägledningen som tagits fram syftar till att ge stöd till aktörer som genomför eller använder sig av skyfallskarteringar i samhällsplaneringen, det vill säga kommuner, länsstyrelser, konsulter eller andra aktörer som arbetar förebyggande med skyfallshantering.

Vägledningen kan exempelvis användas i översiktsplanearbetet, detaljplaneringsarbete och i framtagandet av riskhanteringsplaner samt risk-och sårbarhetsanalyser.

Bakgrund

MSB tog 2017 fram en vägledning för skyfallskartering³. Den äldre vägledningen ger en generell beskrivning av skyfallskartering. I vägledningen finns också tips på hur man kan genomföra konsekvensanalyser efter en skyfallskartering.

Regeringen har sett ett behov av en mer standardiserad metodvägledning för att underlätta bedömning av översvämningsrisker.

Metoden som tagits fram i detta regeringsuppdrag utgör ett komplement till den vägledning för skyfallsmodellering som togs fram av MSB 2017 men ersätter ej denna.

Resultat

Vägledning - Metod för skyfallskartering av tätorter⁴, som tagits fram i regeringsuppdraget ger information om vilka förberedelser som behöver göras inför genomförande av en skyfallskartering och vilka underlag som behöver samlas in.

I vägledningen ges rekommendationer för tre olika tillämpningsnivåer för skyfallskartering:

- Förenklad analys – fungerar för en översiktlig screening av översvämningsrisker och som input till val av metod för skyfallskartering.
- Detaljerad analys – skyfallsmodellering som rekommenderas för de flesta tillämpningsområden.

³ Vägledning för skyfallskartering. Tips för genomförande och exempel på användning. MSB1121 – augusti 2017.

⁴ Vägledning - Metod för skyfallskartering av tätorter. MSB2260 – december 2023.

- Fördjupad analys – skyfallsmodellering som rekommenderas vid detaljerade utredningar, dimensionering av åtgärder och i områden där skyfallsavrinning i hög grad påverkas av till exempel ledningsnät eller vattendrag.

Vid en skyfallskartering behöver man genomföra olika val, exempelvis val av beräkningsnät, upplösning på höjdmodell, markens råhet, infiltration, ledningsnät, nederbördsstatistik, typregn, varaktighet och randvillkor. Olika val beskrivs i vägledningen. Valen utgår från de olika tillämpningsnivåerna ovan.

I vägledningen beskrivs också hur känslighetsanalyser kan genomföras.

För att stödja kommunerna ytterligare i sitt arbete redovisas också exempel på hur en beställning av en skyfallskartering kan göras.

Studie om klimaffaktorer

En viktig del i en skyfallskartering är hur klimaffaktorer hanteras.

MSB har som underlag till framtagandet av Vägledning – Metod för skyfallskartering av tätorter⁵, låtit SMHI genomföra en förstudie för att uppdatera och komplettera det material och den information som finns om klimaffaktorer. Detta har gjorts på basis av nya klimatprojektioner som tillkommit sedan 2017 då SMHI senast publicerade data om klimaffaktorer.⁶

Resultaten tyder på att dagens bedömning, på 20-40% ökning av regnextremerna fram till seklets slut, överlag står sig. Osäkerheten är dock hög och en fördjupad analys behövs för att kvantifiera denna med fokus på praktiska tillämpningar.

Studien redovisas i Bilaga 2.

⁵ Vägledning – Metod för skyfallskartering av tätorter. MSB2260 – december 2023.

⁶ Extremregn i nuvarande och framtida klimat (Extreme rainfall in present and future climate), SMHI Climatology No 47. Olsson m.fl. 2017.

Tillämpning av metod

Den framtagna metodiken för skyfallskartering av tätorter har testats i Karlstad och Uddevalla. För vardera tätort har tre skyfallskarteringar enligt vägledningen genomförts.

Syfte

Syftet med tillämpningen är att identifiera begränsningar i metodiken genom att jämföra de tre olika tillämpningsnivåerna i vägledningen samt att utvärdera hur detta påverkar möjligheten till olika användningsområden för skyfallskarteringarna. Syftet med tillämpningen är också att bedöma om vägledningen kan användas oberoende av val av programvara.

Bakgrund

Karlstad och Uddevalla valdes som testområden utifrån att de har identifierats ha betydande översvämningsrisk enligt förordningen om översvämningsrisker. Områdena har också olika karaktär i form av höjdskillnader inom området.

De tre tillämpningsnivåerna som har utvärderats är:

- Förenklad analys
- Detaljerad analys
- Fördjupad analys

Tillämpningen av metodik har genomförts med tre olika programvaror.

Resultat

Förenklad analys

Skyfallskarteringar i statistiska verktyg går mycket snabbt att genomföra och med relativt litet behov av underlag, men med bekostnad på tillförlitlighet i resultat.

Med förenklade analyser är resultat för vattendjup och utbredning begränsade till lågpunktens storlek. Det innebär att risk för skador på byggnader enbart kommer att indikeras för byggnader som är lokaliserade i instängda områden. Exempelvis kommer byggnader som ligger mitt i flödesvägar inte att indikeras vara i risk.

Detaljerad analys

Detaljerade analyser går förhållandevis snabbt att genomföra. Tillämpningsnivån innebär att det görs förenklingar i beskrivningen av ledningsnät, vattendrag och infiltration. Tidsåtgång kan påverkas av hur antaganden och ansättande av parametrar görs samt vilken programvara som används.

För att ta fram en detaljerad analys finns ett större behov av underlag jämfört med förenklad analys.

Vid en detaljerad analys kan schablonavdrag användas för att beakta ledningsnät och infiltration. Dessa avdrag innebär att modellen ges en mindre belastning, vilket medför en risk att underskatta översvämningen särskilt i områden nedströms ledningsnät eller flacka genomsläppliga ytor.

Resultaten från en detaljerad analys kommer sannolikt indikera mer översvämmade byggnader än vad en motsvarande kartering i en fördjupad analys visar. Detta främst till följd av skillnader i beräkningsnätets upplösning.

Fördjupad analys

En fördjupad analys är krävande med avseende på kompetens, tid och datorkapacitet. Den kräver tillgång till detaljerat underlag för ledningsnät, vilket ofta är en begränsande faktor.

Det krävs inte nödvändigtvis mer underlag för en fördjupad analys än en detaljerad, men underlaget förväntas hålla en högre kvalitet för att det ska vara lönt att upprätta avancerade modeller.

Att koppla en markavrinningsmodell med en ledningsnätmodell bedöms kunna ge bästa möjliga förutsättningar för skyfallskartering i tätorter. Det är dock ovanligt att information om rännstensbrunnar och tillhörande servisers ledningsdimension och vattengångar finns tillgängliga, vilka i hög grad påverkar intagskapaciteten till ledningsnätet. Det innebär att antaganden måste göras om intagskapaciteten även i kopplade modeller, vilket innebär en osäkerhet – även om den är betydligt mindre än vid andra typer av avdrag för ledningsnätets kapacitet.

För att dimensionera eller kontrollera projekterade anläggningar med avseende på fördröjningsvolym, dimension, avtappning och så vidare rekommenderas fördjupade analyser.

Kartjänst

En karttjänst som redovisar framtagna skyfallskarteringar i Sverige har tagits fram.

Syfte

Syftet med karttjänsten är att tillgängliggöra en nationell bild av vilka skyfallskarteringar som finns framtagna i Sverige.

Bakgrund

Skyfallskarteringar tas fram av både kommuner och länsstyrelser och finns framtagna för hela tätorter eller mindre områden. Skyfallskarteringarna genomförs för olika syften, exempelvis som underlag till översiktsplaner, detaljplaner, beredskapsplaner, strukturplan för vatten och VA-planer.

Flera kommuner har delat resultatet av sina skyfallskarteringar på kommunens webbplats. Alla kommuner har dock inte valt att publicera skyfallskarteringarna externt utan använder dem endast som ett planeringsunderlag internt inom kommunen.

Vid genomförandet av regeringsuppdraget har insamling av data till karttjänsten gjorts via en enkät. I enkäten fanns möjlighet att dela länkar till webbsidor där skyfallskarteringar har publicerats.

Resultat

En karttjänst med skyfallskarteringar har tagits fram som finns publicerad i MSB översvämningportal där även kartor över översvämningrisker utmed vattendrag och kust finns samlad. Länk:

<https://gisapp.msb.se/apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor.html>

Karttjänsten redovisar de skyfallskarteringar som samlats in vid inventeringen som genomförts i samband med regeringsuppdraget. Länkar finns till de karteringar som kommuner har valt att publicera externt.

Inom projektet har metoden för skyfallskarteringar testats inom två kommuner. Karteringarna som togs fram i samband med testet av metoden i vägledningen redovisas i karttjänsten.

I karttjänsten finns också möjlighet för kommuner att komplettera med information när nya skyfallskarteringar finns framtagna. I karttjänsten visas skyfallskarteringar från kommuner och länsstyrelser via länkar.

Förslag på utveckling och förvaltning av skyfallskarteringar

För att kunna utveckla ett lättillgängligt och enhetligt rikstäckande kunskapsunderlag om skyfall lämnas förslag på hur en nationell samordning av skyfallskarteringar kan utvecklas och förvaltas.

Syfte

Syftet med förslaget till en nationell samordning av utveckling och förvaltning av skyfallskarteringar är att skapa ett uppdaterat kunskapsunderlag som kan användas för att förebygga risker för översvämningar som kan uppstå i samband med skyfall.

Bakgrund

Det saknas idag rikstäckande jämförbara skyfallskarteringar. Tillgång till skyfallskarteringar är nödvändigt för att kunna göra riskbedömningar och vidta förebyggande åtgärder för att minska konsekvenserna vid skyfall.

Genom att ta fram en nationell metod för skyfallskartering av tätorter har möjligheten ökat för att kunna genomföra nationella jämförelser för var konsekvenserna från skyfall är som störst i Sverige.

Skyfallskarteringarna utgör ett viktigt underlag för att kunna genomföra kostnadseffektiva förebyggande åtgärder på rätt plats.

Utveckling och förvaltning av metod för skyfallskartering

Metoden för skyfallskartering av tätorter utgår från dagens kunskap om skyfallsmodellering. Området utvecklas snabbt och nya förfinade metoder tas fram. Detta gör att vägledningen som tagits fram inom detta uppdrag har behov av att uppdateras när ny kunskap kommer fram. MSB ser därför behov av att vägledningen regelbundet ses över och uppdateras.

Även kunskapen om hur klimatet förändras kommer att utvecklas. Tydliga rekommendationer för de hydrometeorologiska indata och randvärden som används vid skyfallskartering behövs tas fram enligt SMHI.

MSB tog 2017 fram en vägledning för skyfallskartering⁷. Metoden som tagits fram i detta regeringsuppdrag utgör ett komplement till den vägledning för

⁷ Vägledning för skyfallskartering. Tips för genomförande och exempel på användning. MSB1121 – augusti 2017.

skyfallsmodellering som togs fram av MSB 2017 men ersätter ej denna. De båda vägledningarna föreslås i framtiden sammanföras till en gemensam vägledning.

Utveckling och förvaltning av skyfallskarteringar

Skyfallskarteringar tas fram och förvaltas både av kommuner och MSB.

Kommunerna tar fram och uppdaterar sina skyfallskarteringar som underlag till arbetet enligt flera olika lagstiftningar.

MSB ansvarar för att kartor över översvämningshotade områden tas fram enligt förordningen (2009:956) om översvämningsrisker. Detta arbete finansieras i nuläget via anslag 1:10 klimatanpassning där villkoren för anslaget inriktning styrs via SMHI:s regleringsbrev. MSB föreslår att uppdraget att stödja kommuner och länsstyrelser med karteringar, konsekvensbedömningar och riskhanteringsplaner avseende klimatrelaterade översvämnings-, skyfall-, ras-, skred-, värmeböljor och skogsbränder i stället styrs och finansieras via MSB:s regleringsbrev. Arbetet genomförs i huvudsak via konsulttjänster i dagsläget.

Kommunens ansvar för att ta fram skyfallskarteringar

Flera olika lagstiftningar ställer krav på kommunerna att utreda risker för klimatrelaterade händelser. En skyfallskartering är ofta ett nödvändigt underlag för arbetet enligt lagstiftningen. Följande lagstiftningar utgör exempel på detta:

- Enligt plan- och bygglagen (2010:900) framgår att kommunen i översiktsplanen ska ge sin syn på risken för skador på den byggda miljön som kan följa av översvämnings-, ras-, skred- och erosion som är klimatrelaterade samt på hur sådana risker kan minska eller upphöra.
- Enligt lagen (2006:412) om allmänna vattentjänster ska kommunen ta fram en vattentjänstplan. Vattentjänstplanen ska bland annat beskriva hur den allmänna VA-anläggningen påverkas av skyfall, samt definiera vilka åtgärder som krävs för att hantera detta.
- Enligt lagen (2006:544) om kommuners och regioners åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap, ska kommunen analysera vilka extraordinära händelser som kan inträffa i kommunen och hur dessa händelser kan påverka den egna verksamheten. Resultatet av arbetet ska värderas och sammanställas i en risk- och sårbarhetsanalys.
- Enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor ska kommunen ha ett handlingsprogram för både förebyggande verksamhet och räddningstjänst. I programmet ska kommunen bland annat ange målen för verksamheten, de risker för olyckor som finns i kommunen och som kan leda till räddningsinsatser och förmågan att genomföra räddningsinsatser för varje typ av sådan olycka.

Skyfallskarteringarna utgör också ett nödvändigt underlag för att kunna utreda vilka förebyggande åtgärder som det finns behov av att genomföra för att minska konsekvenserna av inträffade skyfall.

Förordningen om översvämningsrisker

Enligt förordningen (2009:956) om översvämningsrisker ska MSB för de områden där betydande översvämningsrisker finns utarbeta kartor över översvämningshotade områden.

Karteringar tas fram för översvämningsrisker vid vattendrag, kust och för skyfall.

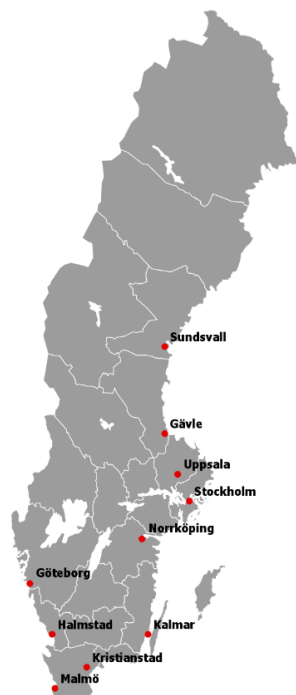
MSB har under 2023 genomfört en övergripande analys för att identifiera områden i Sverige som har betydande översvämningsrisk på grund av skyfall.

Analysen har utförts på en översiktlig nivå (dvs en förenklad analys) av hela Sverige för en skyfallshändelse av 100 års återkomsttid. För att säkra hydrologiskt korrekta rinnvägar har även områden i Norge och Finland, där ytvatten kan rinna in i Sverige över gränserna inkluderats i analysen.

För att erhålla skyfallsområden har nederbörds mängder motsvarande en 100-årshändelse baserat på SMHI:s statistik för extrem korttidsnederbörd använts där hänsyn tagits till ett förändrat klimat.

Områden med betydande översvämningsrisk har identifierats genom att både bedöma påverkan på antalet människor som bor och jobbar inom översvämmade områden samt hur människors hälsa, miljön, kulturarvet och ekonomisk verksamhet påverkas. Utöver det har även hänsyn tagits till hur samhällsviktig verksamhet påverkas.

Områden med betydande översvämningsrisk på grund av skyfall enligt förordningen om översvämningsrisker kommer att rapporteras under 2024. De preliminära resultaten visar att följande områden har betydande översvämningsrisk för skyfall. Flera av orterna har även identifierats med betydande risk för översvämmning från vattendrag och hav.



Figur 2. Identifierade områden med betydande översvämningsrisk vid skyfall enligt förordningen om översvämningsrisker.

Uppdatering av skyfallskarteringar

Skyfallskarteringar är färskvara. De är ögonblicksbilder av hur förhållandena var vid tidpunkten då data till karteringen samlades in.

En kommun med hög takt på nybyggnation och förändring av infrastruktur får snabbare en inaktuell kartering än en kommun där bebyggelsen är förhållandevis oförändrad. På samma sätt kan detta naturligtvis variera inom olika delar av en kommun.

Det är därför nödvändigt att kontinuerligt reflektera över skyfallskarteringens aktualitet och uppdatera skyfallskarteringen vid behov.

Utveckling och förvaltning av en nationell karttjänst

En karttjänst som redovisar framtagna skyfallskarteringar i Sverige har tagits fram och finns tillgänglig i MSB:s översvämningsportal. MSB ansvarar för att hålla karttjänsten uppdaterad med de skyfallskarteringar som MSB tar fram enligt förordningen om översvämningsrisker.

MSB ger också kommuner och länsstyrelser som önskar presentera sina genomförda skyfallskarteringar möjlighet att presentera karteringarna i karttjänsten via länkar. MSB kan dock inte ställa krav på kommuner och länsstyrelser att leverera karteringar för att publicera genomförda karteringar publikt. MSB ser dock att en samlad bild av vilka skyfallskarteringar som finns framtagna i Sverige är nödvändigt för att kunna göra nationella riskbedömningar och även kunna prioritera mellan de förebyggande åtgärder mot naturolyckor som kommunerna söker bidrag för från staten.

En fortsatt utveckling av karttjänsten genom att hålla den uppdaterad med aktuella karteringar från länsstyrelser och kommuner är nödvändigt för att kunna ge en nationell bild av riskerna med skyfall.

MSB kan också med förutsättningen att finansiering ges, öka stödet till kommunerna genom att ta fram skyfallskarteringar för ytterligare prioriterade områden i Sverige på samma sätt som myndigheten gör i arbetet med att ta fram översvämningskarteringar för vattendrag. Kunskap om vilka områden som kan drabbas vid ett skyfall är en förutsättning för att kunna planera samhället och genomföra åtgärder så att negativa konsekvenser inte uppstår.

Åtgärder för att minska konsekvenserna

En skyfallskartering visar översvämningsutbredning och vattendjup för de studerade regnen. För att identifiera vilka skador ett skyfall ger behöver man efter att en skyfallskartering tagits fram göra en konsekvensanalys.

Inventeringen som genomförts i uppdraget visade att det inte genomförts någon konsekvensanalys vid mer än hälften av de framtagna skyfallskarteringarna. MSB anser därför att vägledning behöver tas fram som stöd till kommunerna för att genomföra konsekvensanalyser av skyfall. Med syftet att kunna genomföra rätt åtgärder.

Det finns ett stort behov av att genomföra omfattande åtgärder för att minska konsekvenserna vid skyfall. Erfarenheter från flera omfattande skyfall som drabbat Sverige visar på det.

Finansiering för att genomföra förebyggande åtgärder mot skyfall kan sökas via MSB:s statsbidrag för förebyggande åtgärder mot naturolyckor. Kommuner har möjlighet att söka statsbidraget för att genomföra fysiska åtgärder i syfte att minska risken för översvämning, ras och skred samt erosion.

Skyfallskarteringar kan ingå som ett underlag i bidragsansökan.

Ansökningsprocessen ställer krav på att utredningar har genomförts för att åtgärden ska vara rätt dimensionerad, prioriterad och lokaliserad. En genomförd skyfallskartering kan vara en av dessa utredningar.

Skyfallskarteringen ska hålla detaljerad eller fördjupad nivå för att den ska vara bidragsberättigad. Detta för att karteringen ska användas som underlag så att åtgärden kan planeras på ett varaktigt och kostnadseffektivt sätt.

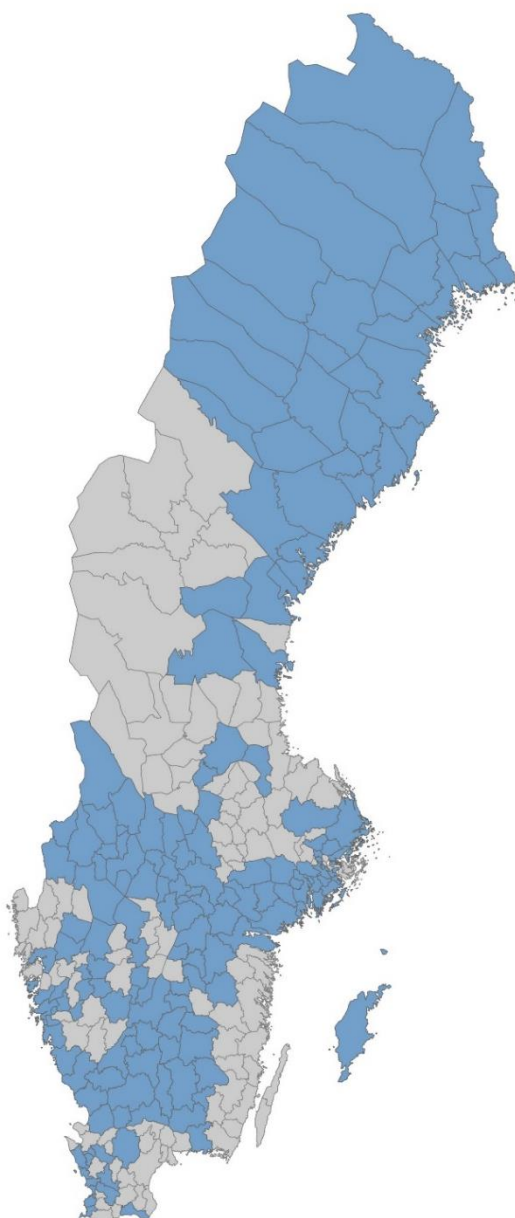
En översiktlig skyfallskartering kan användas till att identifiera problemområden i kommunen, men inte som underlag för dimensionering och åtgärdsval. Därför är översiktliga skyfallskarteringar inte bidragsberättigade.

Söktrycket på bidraget är stort och alla åtgärder som behöver genomföras ryms inte inom bidraget idag. MSB ser behov av ökad finansiering för att genomföra åtgärder mot konsekvenser av skyfall.

Bilaga 1 Inventering skyfallskarteringar

Vilka kommuner har karterats?

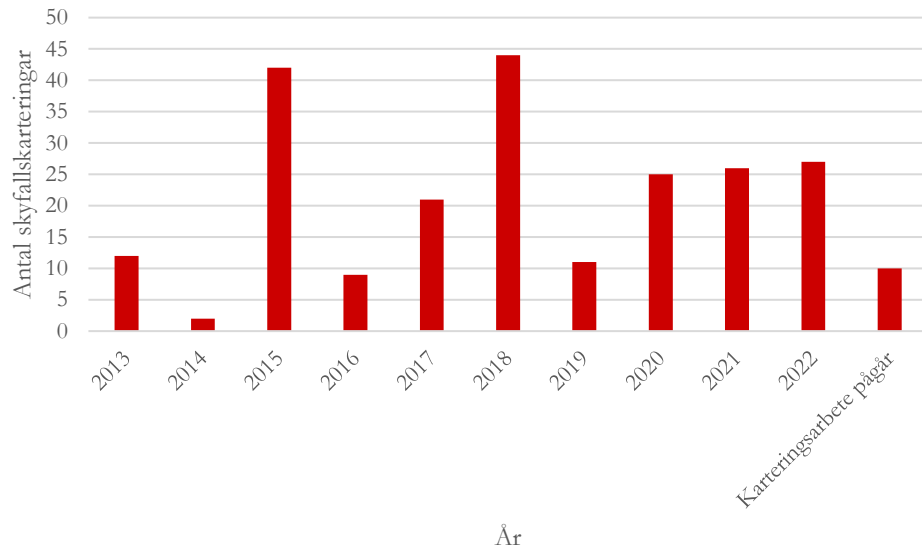
Totalt inkom information om 230 skyfallskarteringar fördelade på 173 kommuner. I inventeringen efterfrågades endast svar om man tagit fram karteringar. Det innebär att de kommuner som valt att inte svara på enkäten kan ha genomfört skyfallskarteringar som ej har rapporterats in.



Figur 3. Karta som visar vilka kommuner som redovisat att de genomfört en skyfallskartering vid inventeringen. Kommuner med blå markering har svarat på enkäten och tagit fram en skyfallskartering.

Vilka årtal genomfördes karteringarna?

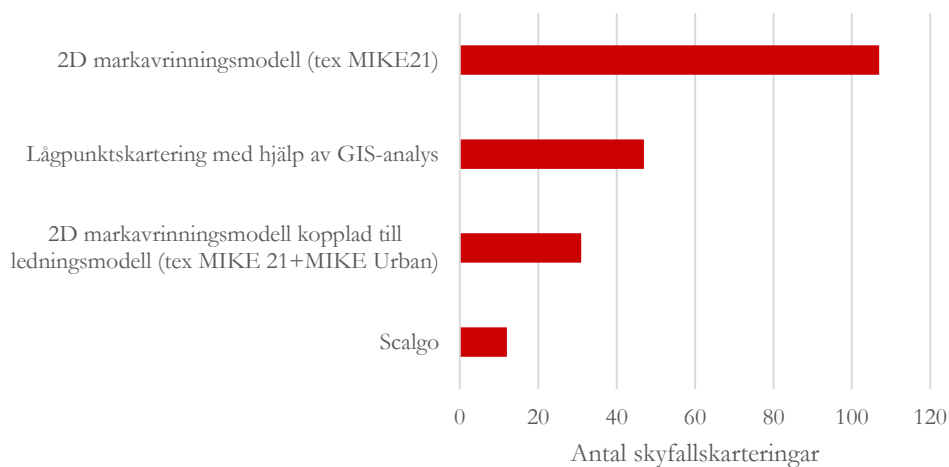
Flest skyfallskarteringar har genomförts under åren 2015 och 2018. Anledningen till det stora antalet genomförda skyfallskarteringar under dessa år var att under 2015 genomförde länsstyrelserna i Norrbotten och Västernorrland skyfallskarteringar av samtliga större tätorter i länen och under 2018 genomförde länsstyrelserna i Värmland och Västerbotten motsvarande insats.



Figur 4. Antal skyfallskarteringar genomförda per år.

Vilka metoder har använts vid skyfallskartering?

Den vanligaste metoden som har använts är en 2D markavrinningsmodell. Metoden har använts vid 107 skyfallskarteringar. Vid 31 skyfallskarteringar har en ledningsnätsmodell kopplats till 2D markavrinningsmodellen. Lågpunktskartering har gjorts i 47 kommuner. Scalgo har använts vid 12 inventerade skyfallskarteringar.



Figur 5. Metoder som använts vid framtagande av skyfallskarteringar.

Metoder för skyfallskartering

Lågpunktskartering

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.

Scalgo

Statistisk skyfallsmodell som visar hur vatten rinner i terrängen vid en given regnhändelse. En volym fördelas över terrängen och djup beräknas.

2D markavrinningsmodell

Med en tvådimensionell hydraulisk modell kan flödet på markytan och resulterande översvämningutbredning, 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 regnvolymer.

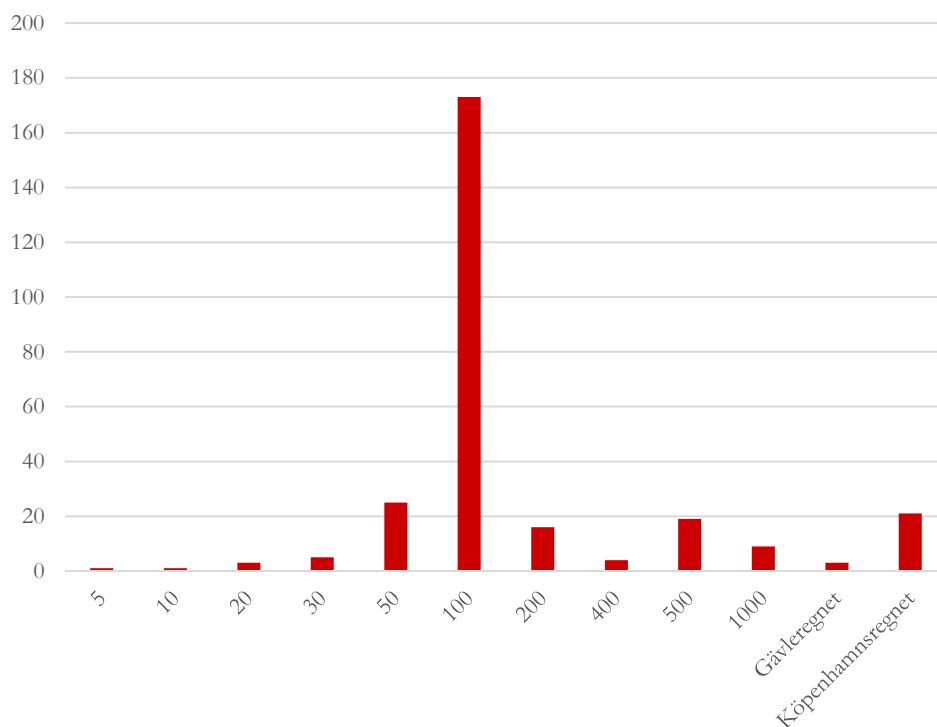
2D markavrinningsmodell kopplad till ledningsnätetsmodell

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.

Vilka återkomsttider har använts i karteringen?

I de skyfallskarteringar som tagits fram är det vanligast att analysera ett 100-årsregn. Ofta analyseras flera olika regn i skyfallskarteringarna. En kombination som använts är 100 och 500-årsregn.

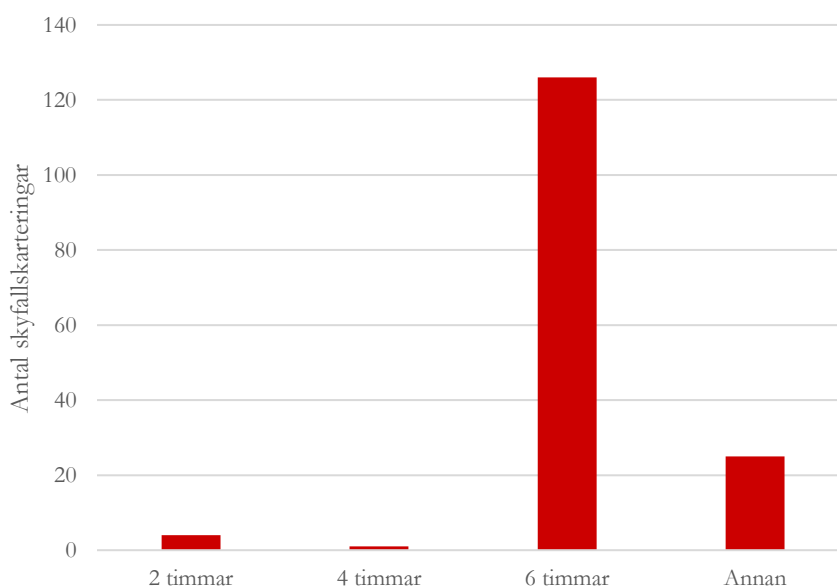
Andra regn som har använts är "Köpenhamnsregnet" då ca 150 mm uppmättes under två timmar och "Gävlerregnet" då 102 mm uppmättes under två timmar. Även 5, 10, 20 och 30-årsregn används i skyfallskarteringarna.



Figur 6. Återkomsttider som använts vid framtagandet av skyfallskarteringarna.

Vilken varaktighet på regnet har använts i karteringen?

Konsekvenserna på marken av ett skyfall beror i hög grad på under hur lång tid som regnet faller, vilket benämns regnets varaktighet. Den vanligaste varaktigheten som använts på regnet i skyfallskarteringarna är 6 timmar.



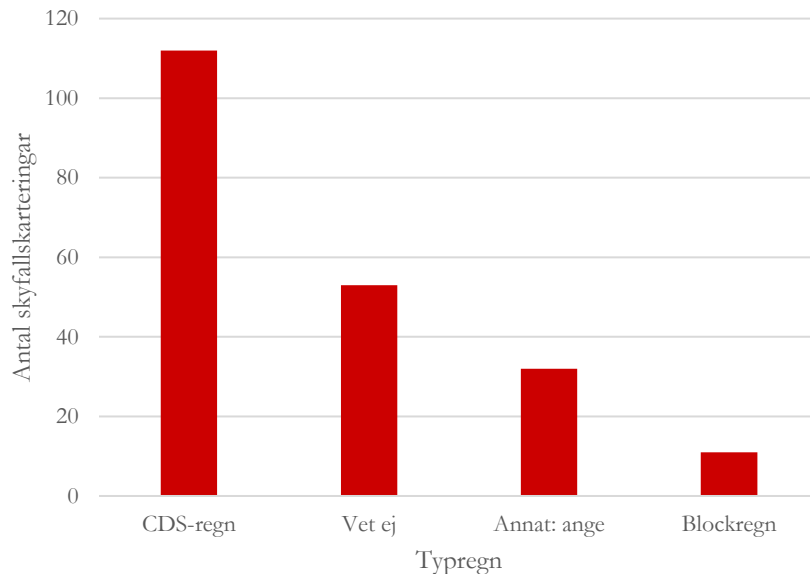
Figur 7. Varaktighet (timmar) på regnet som använts i skyfallskarteringen.

Vilket typregn har använts i karteringen?

Ett typregn är ett regn med en viss antagen enhetlig form. Ofta angett som blockregn eller CDS-regn.

CDS-regn har använts vid 112 karteringar och blockregn har använts vid 11 skyfallskarteringar.

”Annat” är ofta angett för de karteringar där ett specifikt regn inte används. Exempelvis vid en lågpunktskartering.



Figur 8. Typregn som använts i skyfallskarteringen.

Blockregn

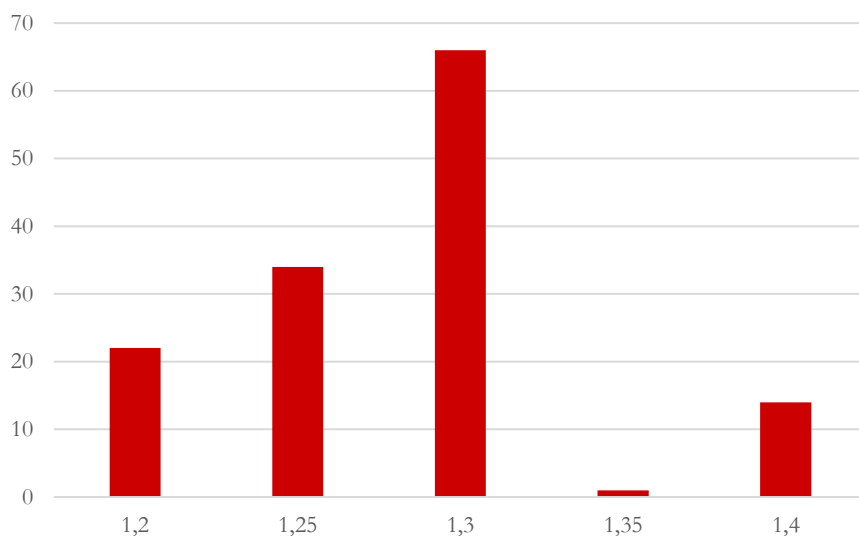
Vid simulering av skyfall används s.k. blockregn för att beskriva nederbördsförloppet. Blockregn beskriver regnets medelintensitet som ett konstant värde för en given varaktighet och återkomsttid.

CDC-regn

CDS-regn (Chicago Design Storm). Ett syntetiskt regn för en specifik återkomsttid och varaktighet, bestående av en tidsserie där regnets intensitet varierar med tiden.

Vilken klimaffaktor har använts för regnet?

Den vanligaste klimaffaktorn som använts i skyfallskarteringarna är 1,3. I något fall har olika klimaffaktor använts för 100-årsregn respektive 200-årsregn.



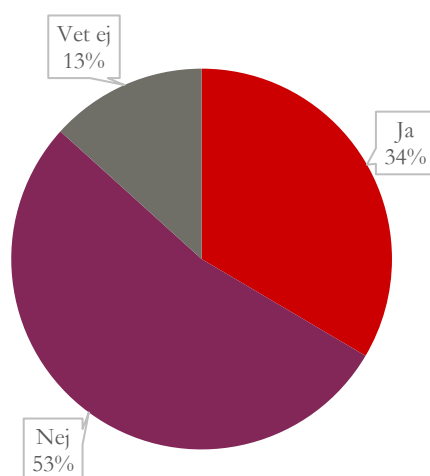
Figur 9. Klimatfaktorer som använts i skyfallskarteringarna.

Klimatfaktor

Klimatfaktor är 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.

Har en konsekvensanalys gjorts utifrån resultaten från skyfallskartering?

En skyfallskartering visar översvämningsutbredning och vattendjup för de studerade regnen. Eftersom det är svårt att direkt utläsa konsekvenserna i kartan krävs att man utifrån skyfallskartering gör en konsekvensanalys. I enkäten efterfrågades om kommunen genomfört en konsekvensanalys. Vid mer än hälften av skyfallskarteringarna har ingen konsekvensanalys genomförts efter skyfallskartering.



Figur 10. Andelen gånger där en konsekvensanalys genomförts efter skyfallskartering.

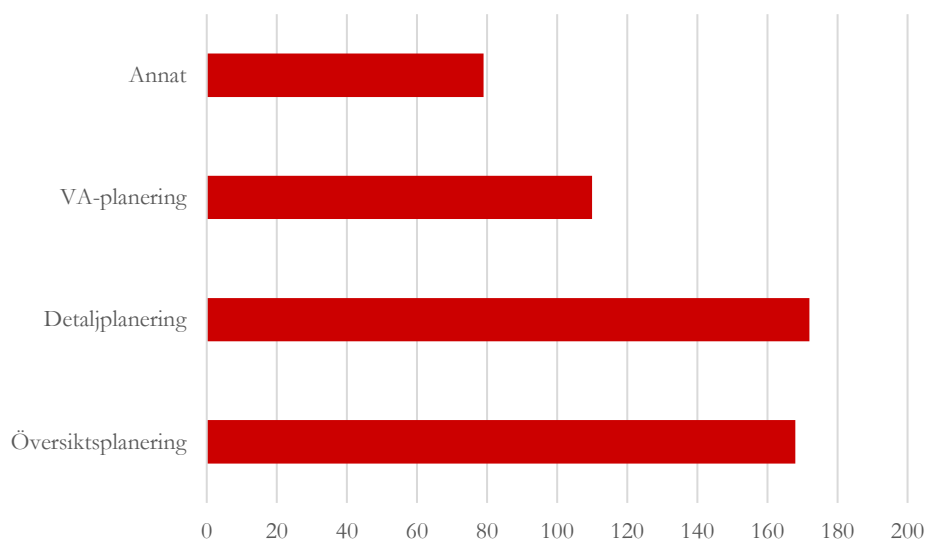
Hur har resultatet från karteringen använts?

Resultatet av skyfallskarteringarna har främst används till översiktsplanering, detaljplanering och VA-planering.

Andra användningsområden som lyfts i enkäten är:

- klimatanpassningsarbete, klimatanpassningsplan
- dagvattenplanering, driftplanering
- grönplan
- analys av sårbarheter kopplat till samhällsviktiga funktioner och samhällsviktig verksamhet
- beredskapsplaner, kontinuitetshantering, risk- och sårbarhetsanalys
- utbildning för fastighetsägare, tjänstepersoner och politiker
- framtagande av strukturplan för hantering av översvämningsrisker
- åtgärdsplanering

Länsstyrelserna använder skyfallskarteringarna vid granskning av översiktsplaner och detaljplaner.



Figur 11. Användningsområden för skyfallskarteringar.

Bilaga 2 Förstudie skyfallsstatistik

Författare: Jonas Olsson, Johan Södling, Peter Berg, SMHI.

Sammanfattning

Klimatfaktorer används vid dimensionering för att skala upp historisk regnstatistik, och på samma sätt ta höjd för den framtida förstärkningen av regnextremer som följer med global uppvärmning. Sedan SMHIs nuvarande bedömning av klimatfaktorer gjordes 2017 har ett flertal klimatprojektioner, d.v.s. simuleringar av framtidens klimat med klimatmodeller, tillkommit. Ett urval av dessa har studerats i denna rapport.

Resultaten tyder på att dagens bedömning, på 20-40% ökning av regnextremerna fram till seklets slut, överlag står sig. Osäkerheten är dock hög och en fördjupad analys behövs för att kvantifiera denna med fokus på praktiska tillämpningar. Utvecklingen på området går fort och det är viktigt att följa forskningen, t.ex. nya simuleringar med detaljerade klimatmodeller som även kan beskriva lokala skyfall.

I förstudien resoneras även kring några frågeställningar kopplade till användandet av historisk regnstatistik vid skyfallskartering. SMHI rekommenderar att ha SMHIs regionala statistik som utgångspunkt, gärna kompletterad med analyser av lokala mätningar om sådana finns.

Fortsatta utredningar behövs av val av typform (som beskriver regnintensitetens variation över tid) samt hur förmättnadsgraden (d.v.s. det hydrologiska initialtillståndet vid karteringen) bör hanteras.

SMHI rekommenderar avslutningsvis en utökad och fördjupad utredning som syftar till att ta fram tydliga rekommendationer för de hydrometeorologiska indata och randvärden som används vid skyfallskartering.

Bakgrund

I ett regeringsuppdrag 2017 genomfördes en studie av extrem korttidsnederbörd i observationer och klimatprojektioner, avrapporterad i rapporten Klimatologi 47 (Olsson m.fl, 2017). Studien utmynnade bl.a. i dels en ny nationell statistik för korttidsnederbörd, dels i en tabell med s.k. klimatfaktorer (Tabell 1) som används för att skala upp historisk statistik för att ta hänsyn till klimatförändringens effekter. Resultaten finns att tillgå i form av en webbtjänst på SMHI (SMHI, 2023).

Tabell 1. SMHIs nuvarande bedömning av klimatfaktorer för Sverige (Olsson m.fl., 2017).

Varaktighet (timmar)	2011-2040 (%)		2041-2070 (%)		2071-2100 (%)	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1	1.09	1.11	1.14	1.20	1.21	1.36
2	1.09	1.11	1.15	1.20	1.22	1.38
3	1.09	1.12	1.17	1.20	1.21	1.40
6	1.07	1.10	1.17	1.21	1.19	1.41
12	1.09	1.10	1.15	1.20	1.18	1.38
Bedömning	1.10	1.10	1.15	1.20	1.20	1.38

Syfte

I samband med MSBs regeringsuppdrag 2023, om skyfallskartering i tätorter, har SMHI genomfört denna studie för att uppdatera och komplettera det material och den information som finns i Olsson m.fl. (2017). Det handlar främst om en översyn av klimatfaktorerna, på basis av nya klimatprojektioner som tillkommit sedan 2017, men också diskussion kring hur olika observationsbaserade resultat kan tolkas och användas.

Data och metodik

Några nya beräkningar av klimatfaktorer har inte genomförts inom förstudien. Däremot har vi fått tillgång till beräknade klimatfaktorer från en Nordisk-Baltisk studie genomförd inom ramverket *National Framework for Climate Services* (NFCS), nyligen rapporterad av Dyrddal m.fl (2023). Denna studie omfattar analyser av två olika ensembler med klimatprojektioner (d.v.s. simuleringar av framtida klimat). Dessa projektioner utgår från simuleringar med globala klimatmodeller, som därefter skalats ned (till högre upplösning) med regionala klimatmodeller.

Två olika ensembler har använts:

1. CORDEX: Denna innehåller 21 medlemmar, d.v.s. 21 projektioner med olika kombinationer av global och regional klimatmodell. De regionala klimatmodellerna i denna ensemble har s.k. parametriserad konvektion, vilket innebär att de använder en delmodell för att beskriva uppkomsten av intensiv korttidsnederbörd eftersom upplösningen är för grov för att direkt kunna beskriva processen. Detta fungerar inte helt tillfredsställande, särskilt för korta tidssteg om en eller ett par timmar (t.ex. Berg m.fl., 2019). Trovärdigheten i de resulterande klimatfaktorerna bygger på antagandet att modellerna trots detta kan beskriva framtida relativa förändringar. Klimatfaktorerna i Tabell 1 är baserade på en mindre ensemble (nio medlemmar) av denna typ av regionala modeller. Den rumsliga upplösningen är ~12 km.
2. HCLIM: Denna innehåller två medlemmar, där en ny typ av s.k. konvektionstillåtande regional klimatmodell (t.ex. Lind m.fl., 2020) används för nedskalning av två globala modeller (EC-Earth och GFDL).

Dessa regionala modeller har visats avsevärt bättre kunna beskriva intensiv korttidnederbörd än de regionala modeller som används i CORDEX ovan (t.ex. Olsson m.fl., 2021), och kan därför antas ge mera trovärdiga klimatfaktorer. Emellertid är konvektionstillåtande modeller extremt beräkningskrävande och därför finns hittills bara ett fåtal projektioner för vissa framtida perioder. Den rumsliga upplösningen är ~3 km.

Materialet ovan består av klimatfaktorer som beräknats för varje ruta i ett grid som täcker Norden och Baltikum (Dyrrdal m.fl., 2023). Beräkningarna har gjorts för två framtida 20-årsperioder, 2041-2060 och 2081-2100, från referensperioden 1986-2005. För ensemble CORDEX finns beräkningar för både RCP4.5 (ett medelscenario med hänsyn till framtida koncentrationer av växthusgaser i atmosfären) och RCP8.5 (ett högt scenario); för ensemble HCLIM finns enbart beräkningar för RCP8.5. Klimatfaktorer har beräknats för återkomsttider 2, 5, 10, 20, 50 och 100 år.

Jämfört med klimatfaktorerna i Tabell 1 har faktorerna i detta material beräknats med en något annorlunda statistisk metodik, baserad på årliga maxima och anpassning av en statistisk extremvärdesfördelning till dessa maxima. För Tabell 1 användes i stället s.k. *peak-over-threshold*, där fler eller färre maxima än ett per år kan väljas ut för den statistiska anpassningen.

I denna förstudie har SMHI ur materialet ovan extraherat de beräknade klimatfaktorerna för Sverige och på olika sätt sammanställt dem för att förstudera följande frågeställningar:

1. Hur står sig de nuvarande klimatfaktorerna (Tabell 1) mot resultaten från den större CORDEX-ensemblen? Hur stor är osäkerheten för dessa klimatfaktorer, d.v.s. spridningen mellan olika enskilda projektioner?
2. Finns det i den större CORDEX-ensemblen indikationer på att klimatfaktorerna beror av varaktighet, återkomsttid eller region?
3. Vad indikerar klimatfaktorerna från den nya HCLIM-ensemblen?

Resultat och diskussion

Klimatfaktorer

Utökad ensemble med 12-km projektioner (CORDEX)

I Tabell 2 redovisas klimatfaktorerna från ensemble CORDEX medelvärdesbildade över hela Sverige. Medelvärdena över varaktigheter 1-12 timmar ligger något under nuvarande bedömning (Tabell 1), men överlag bekräftar de nya resultaten den nuvarande bedömningen. Skillnaden kan bero på att en något senare referensperiod användes i de nya beräkningarna; 1986-2005 jämfört med 1971-2000 i nuvarande bedömning. Även skillnaderna i statistisk metodik kan spela in.

Tabell 2. Klimatfaktorer från ensemble CORDEX (medelvärden över samtliga återkomsttider) för varaktigheter 1-12 timmar, samt medelvärden av dessa (Medel) och nuvarande faktorer (från Tabell 1) för motsvarande RCP och tidsperiod (Nuvarande).

	2041-2060		2081-2100	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1 timme	1.13	1.22	1.21	1.39
3 timmar	1.14	1.19	1.20	1.36
6 timmar	1.12	1.17	1.18	1.32
12 timmar	1.12	1.15	1.17	1.30
Medel	1.13	1.18	1.19	1.34
Nuvarande	1.15	1.20	1.20	1.40

Spridningen inom CORDEX-ensemblen är emellertid stor, vilket illustreras i Tabell 3. För varaktighet 1 timme finns projektion som indikerar en klimatfaktor större än 2; å andra sidan finns också faktorer ner till 1.16.

Tabell 3. Klimatfaktorernas spridning inom CORDEX-ensemblen för period 2081-2100, RCP8.5.

	Min	Median	Max
1 timme	1.16	1.39	2.05
3 timmar	1.16	1.36	1.82
6 timmar	1.14	1.32	1.70
12 timmar	1.13	1.30	1.58

Klimatfaktorernas beroenden

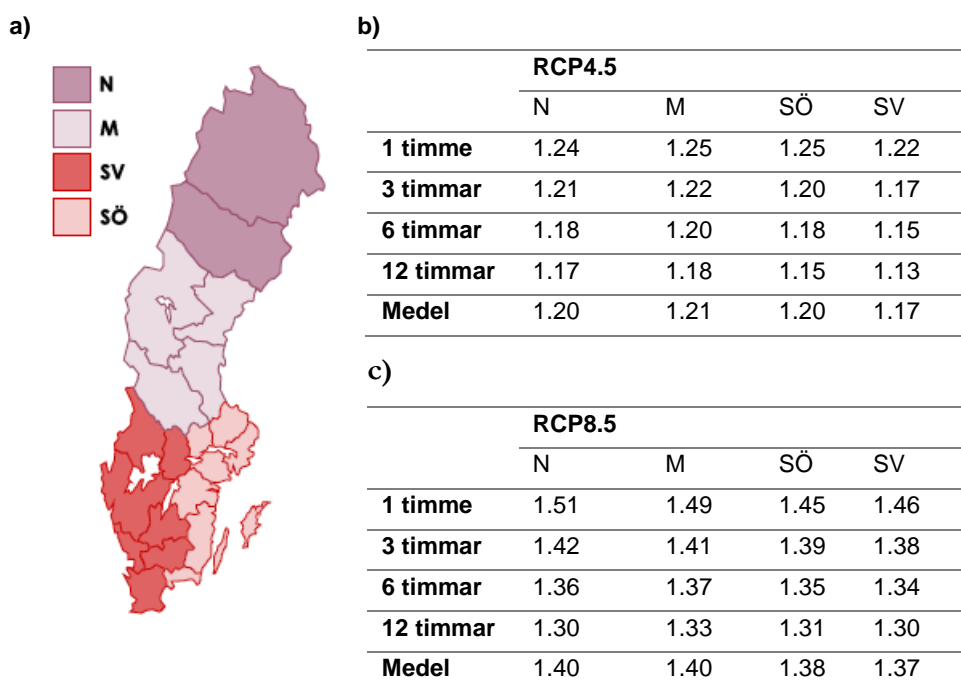
I nuvarande bedömning syns inget tydligt beroende av varaktighet, utan faktorerna är tämligen stabila (Tabell 1). Faktorerna från den utökade CORDEX-ensemblen (Tabell 2) uppvisar emellertid ett ganska tydligt beroende av varaktighet, med ökande faktorer för minskande varaktigheter. För RCP4.5, båda perioder, och RCP8.5, 2041-2060, är skillnaden mellan faktorerna för 1 respektive 12 timmar liten, ~ 0.05 , men för RCP8.5, 2081-2100, är skillnaden nästan 0.1.

Vad gäller klimatfaktorernas beroende av återkomsttid visade det sig vara mycket svagt i analysen bakom nuvarande bedömning (Olsson m.fl., 2017), och ansågs försumbart. I den utökade CORDEX-ensemblen indikeras ett visst beroende, där medianfaktorerna för återkomsttid 100 år är 0.05-0.1 större än medianfaktorerna för återkomsttid 2 år (Tabell 4). För de maximala faktorerna är skillnaden stor, med upp till ~ 0.5 högre faktor för återkomsttid 100 år (varaktighet 1 timme).

Tabell 4. Klimatfaktorer för CORDEX-ensemblen, medelvärden för hela Sverige, period 2081-2100, RCP8.5, återkomsttider 2 och 100 år.

	Återkomsttid 2 år			Återkomsttid 100 år		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max
1 timme	1.16	1.35	1.78	1.17	1.41	2.29
3 timmar	1.16	1.32	1.63	1.15	1.41	1.96
6 timmar	1.13	1.29	1.54	1.16	1.37	1.83
12 timmar	1.13	1.26	1.44	1.13	1.33	1.69

Baserat på ~20 års nederbördsobservationer med 15 minuters tidssteg i ~130 automatstationer i Sverige gjordes i Olsson m.fl. (2017, 2019) en indelning av Sverige i fyra ”skyfallsregioner” (Figur 12a), och historisk statistik beräknades för dessa regioner. Denna statistik ger högst värden i region SV och därefter gradvis minskande värden för regioner SÖ, M och N. I Olsson m.fl. (2017) beräknades också klimatfaktorer separat för dessa regioner, men enbart försumbara skillnader sågs. Samma beräkning för den utökade CORDEX-ensemblen överensstämmer med detta resultat; endast marginella regionala skillnader syns både för RCP4.5 (Figur 12b) och RCP8.5 (Figur 12c) vid slutet av seklet.



Figur 12. Indelning av Sverige i ”skyfallsregioner” (a) samt regionala klimatfaktorer för CORDEX-ensemblen, medelvärden över samtliga återkomsttider, period 2081-2100, RCP4.5 (b) och RCP8.5 (c).

Projektioner med nya regionala klimatmodeller (HCLIM)

Klimatfaktorer från de båda nya, högupplösta klimatprojektionerna (HCLIM) finns sammanställda i Tabell 5. Värdena bör jämföras med nuvarande faktor 1.4 för RCP8.5 vid slutet av seklet. I medel över alla varaktigheter och regioner ger projectionen med global modell EC-Earth ett värde på 1.34 medan GFDL-simuleringen ger 1.63. Några intressanta skillnader mot resultaten från CORDEX-ensemblen kan ses:

- ingen av projectionerna har ett monotont beroende av varaktighet utan båda har (i medel över alla regioner) högst faktor för varaktighet 3 timmar;
- båda projectionerna visar på en stor skillnad (0.15-0.20) i faktorer (i medel över alla varaktigheter) mellan regioner SV och N.

Tabell 5. Regionala klimatfaktorer för de båda medlemmarna i HCLIM-ensemblen, medelvärden över samtliga återkomsttider, period 2081-2100, RCP8.5.

	Global modell: EC-Earth					Global modell: GFDL				
	N	M	SÖ	SV	Medel	N	M	SÖ	SV	Medel
1 timme	1.43	1.31	1.31	1.32	1.34	1.77	1.71	1.60	1.47	1.64
3 timmar	1.47	1.34	1.33	1.33	1.37	1.75	1.77	1.60	1.49	1.65
6 timmar	1.47	1.34	1.28	1.31	1.35	1.69	1.75	1.60	1.49	1.63
12 timmar	1.43	1.30	1.21	1.28	1.31	1.60	1.66	1.62	1.47	1.59
Medel	1.45	1.32	1.28	1.31		1.70	1.72	1.61	1.48	

Historisk statistik

Typformer (hyetografer)

Vilken typform på ett skyfallsregn är lämpligt att rekommendera för skyfallskarteringar?

Generellt kan den regionala regnstatistiken i Olsson m.fl. (2017) användas med valfri typform, eftersom den bara beskriver den totala regnmängden för vald varaktighet och återkomsttid. Vad gäller de empiriska typformerna i samma publikation kan dessa tillhandahållas som normerade serier, men vi anser att de då först bör utjämnas till en jämn kurva för att reducera det statistiska bruset. Det finns också existerande typregnsköncept som eventuellt/troligen kan anpassas till de empiriska formerna, se t.ex. de tyska och franska typregnen i Svenskt Vatten (2011).

Särskilt för längre regn (>90 min) befanns i Olsson m.fl. (2017) peaken oftast inträffa under regnets första halva, i enlighet med Svenskt Vatten (2011). Olsson (2019) jämförde översvämningsresponsen på olika typformer och fann stora skillnader mellan olika empiriska former. Dessa jämfördes med responsen från ett CDS-regn vilket visade att CDS-regnet genererade den kraftigaste responsen, men att den empiriska typformen med peak alldeles i början av regnet (typform nr. 1) gav ett ganska likartat resultat.

Vi anser allmänt att det är bra att sträva efter en mer naturlig beskrivning av tidsförloppet under ett extremregn, än vad som görs med ett blockregn eller ett CDS-regn: Emellertid, vilken som lämpar sig bäst vid skyfallskartering bör utredas, t.ex. genom fler jämförande simuleringar liknande dem i Olsson (2019), gärna i samarbete med konsulter inom skyfallskartering.

Lokal statistik

Lokal statistik – om en kommun har lokala observationer de vill använda för en skyfallskartering, finns det något som de behöver tänka på?

Regnet som används i en skyfallskartering bör ha en återkomsttid av minst 100 år (MSB, 2017). För att trovärdigt beräkna ett sådant regn på en specifik plats krävs en mycket lång tidsserie, både för att nå en godtagbar statistisk säkerhet och för att minska effekten av lågfrekventa fluktuationer i regnklimatet. Så långa serier är mycket ovanliga. Dessutom måste dessa lokala observationer vara insamlade med en professionell regnmätare, som är rätt placerad och har regelbunden tillsyn, och datan måste vara noggrant granskad och rättad. För placering av mätaren finns rekommendationer (WMO, 2014) men vi känner inte till någon standard för kvalitetskontroll av datan. Erfarenheter från globalt insamlade data visar på stora svårigheter att använda data på grund av stora problem med osäkra data med felaktigheter och problem att automatiskt korrigera data (Blenkinsop m.fl., 2017, 2018).

Ett alternativ är att använda den regionala statistik som togs fram i Olsson m.fl. (2017) och som finns tillgänglig via webbtjänsten på SMHI (2023). Denna togs fram genom klusteranalys av de ~130 automatstationerna, där stationer med någorlunda likartad statistik och på inte för långt avstånd från varandra ”klustrades”, varvid fyra regioner med ungefär lika många stationer i varje utkristalliserades (Figur 12a). Syftet var att ta fram statistik som kan antas väl representera varje plats inom regionen, även för långa återkomsttider. Med detta sagt finns det variationer och gradienter inom regionerna, t.ex. tendenser till högre värden i kustnära områden och i s.k. konvektionshål. Denna inom-regionala variation är i statistiken kvantifierad genom ett konfidensintervall för regnmängden (Tabell 6). För varje kombination av varaktighet och återkomsttid finns således ett regionalt medelvärde och ett intervall; för varaktighet 1 timme och återkomsttid 100 år är medelvärdet 45.2 mm och intervallet ± 7.9 mm (vilket motsvarar en undre gräns på 37.3 mm och en övre på 53.1 mm).

Tabell 6. Exempel på den regionala statistiken (enhet: mm) framtagen i Olsson m.fl. (2017), för region SV (Figur 12a)

	15 min	30 min	45 min	1 tim	3 tim	6 tim	12 tim
2 år	11.3±0.3	13.1±0.4	14.6±0.4	16.0±0.4	23.0±0.6	28.6±0.8	36.3±1.0
5 år	14.8±0.6	16.9±0.7	18.6±0.8	20.4±0.9	28.8±1.2	35.3±1.5	44.2±1.9
10 år	18.0±1.1	20.5±1.2	22.5±1.3	24.5±1.4	34.1±2.0	41.4±2.4	51.5±3.0
20 år	22.0±1.8	24.8±2.0	27.1±2.2	29.4±2.4	40.4±3.3	48.7±4.0	60.0±4.9
50 år	28.7±3.6	32.0±4.0	34.7±4.4	37.5±4.7	50.7±6.4	60.5±7.6	73.7±9.3
100 år	35.1±6.1	38.8±6.8	41.9±7.3	45.2±7.9	60.2±10.5	71.3±12.4	86.3±15.0

Finns omfattande och pålitliga lokala observationsserier kan dessa naturligtvis gärna användas för att beräkna lokal statistik. Om denna statistik någorlunda väl matchar de regionala medelvärdena bör man kunna utgå ifrån att de regionala medelvärdena är representativa och kan användas. Om den lokalt beräknade statistiken tydligt avviker från de regionala medelvärdena, eller om man har andra anledningar att göra avsteg från dessa (t.ex. att platsen ligger nära en annan region), bör man i första hand hålla sig inom konfidensintervallet för den regionala statistiken och t.ex. använda den undre eller övre gränsen för detta intervall.

Årstidsberoende

Kan vi fastslå att vid utredning av skyfallshändelse är det ok att anta att det inträffar vid sommaren och att det därmed inte behöver kombineras med en högflödessituation i sjöar och vattendrag?

Kraftigt regn och skyfall i Sverige inträffar främst på sommaren och i synnerhet under perioden juli-augusti (Olsson m.fl., 2017). I takt med den globala uppvärmningen förväntas ”skyfallssäsongen” dock att gradvis förlängas. Detta i sig medför ökad risk för kombinerade händelser, där pluvial och fluvial översvämningsrisk sammanfaller. Sådana kombinationer är emellertid väldigt svåra att kvantifiera i termer av återkomsttid, eftersom de trots allt är mycket ovanliga. Med det sagt har vi nyss upplevt stormen Hans, som bl.a. medförde ett stort antal översvämningsvarningar runt Siljan under en lång period i augusti, alltså under skyfallssäsongen.

Kombinerade händelser kan inte uteslutas men om de behöver beaktas lär variera från fall till fall. Finns en historik av ”risksituationer” förefaller det rimligt att åtminstone utföra någon form av känslighetsanalys. Rent allmänt är flödes- och översvämningsresponsen på ett skyfall kraftigt beroende av initialtillståndet m.a.p. vatteninnehållet i marken och olika magasin, s.k. förmåttnad (MSB, 2017). SMHI tror att denna aspekt behöver större uppmärksamhet genom analyser av initialtillstånd baserat på både historiska observationer och klimatprojektioner, som ett viktigt komplement till själva skyfallens egenskaper (och förändringar).

Slutsatser

Den preliminära analysen av den utökade ensemblen med klimatprojektioner inom CORDEX stödjer överlag nuvarande klimatfaktorer. Något tydligare beroenden av varaktighet och återkomsttid indikerades än i studien bakom nuvarande klimatfaktorer, och dessa beroenden bör utredas vidare. Inga tydliga regionala skillnader i klimatfaktorerna syntes, utan nationella faktorer verkar lämpligt.

Det förtjänar att understrykas att spridningen mellan klimatfaktorer från olika enskilda projektioner i CORDEX-ensemblen är stor. Denna osäkerhet beror till del på att de regionala klimatmodellerna har stora begränsningar i sin kapacitet att beskriva lokal intensiv korttidsnederbörd. En mer noggrann utvärdering av de enskilda modellerna skulle kunna förklara skillnaderna och eventuell ge anledning att utesluta modeller som inte beskriver skyfall tillräckligt väl. En möjlighet är att

i en framtida uppdatering av klimatfaktorerna förse dem med ett konfidensintervall, som kan användas t.ex. för känslighetsstudier.

Den nya generationen högupplösta konvektionstillåtande regionala klimatmodeller, representerade av HCLIM i denna förstudie, bör producera mera trovärdiga klimatfaktorer. De båda projektioner som preliminärt analyserades i denna förstudie indikerade klimatfaktorer som är minst lika höga som de nuvarande, men åtskilligt fler projektioner måste inväntas innan vi kan dra några tydliga slutsatser. Det blir viktigt att följa forskningsfronten framöver och nya tillämpningar av de högupplösta modellerna för bedömning av framtida extremregn.

Nuvarande klimatfaktorer presenteras dels för olika RCP-scenarier, dels för olika tidsperioder. Förutom att uppdatera till SSP-scenarier, och andra tidsperioder, finns andra sätt att presentera faktorerna. En möjlighet är att koppla dem till olika uppvärmningsnivåer, som t.ex. 2°C över förindustriell nivå, som uppnås vid olika framtida tidpunkter beroende på utsläppsnivåerna. På detta sätt hade klimatfaktorerna kunnat ges en tydligare koppling till internationella avtal, som t.ex. Parisavtalet.

Vad gäller frågeställningarna kring historisk statistik kan vi sammanfatta resonemangen såsom att vi rekommenderar:

- att närmare utreda effekterna av val av typform vid skyfallskartering;
- att i första hand använda den regionala statistiken, och dess konfidensintervall, för framtagande av regnmängder med långa återkomsttider;
- att vid skyfallskartering göra någon form av känslighetsanalys av inverkan av förmättnadsgraden, åtminstone när det finns skäl att tro att den är signifikant.

Slutligen rekommenderar vi en fördjupad och utökad utredning som syftar till att ta fram tydliga rekommendationer för de hydrometeorologiska indata och randvärden som används vid skyfallskartering. Vad gäller regnet handlar det om att göra en total bedömning av osäkerheten, både i historisk statistik och i klimatfaktorer för framtiden. Från denna osäkerhet kan olika sannolikheter/risknivåer kvantifieras och användas som basis för val av regnindata. Vad gäller förmättnadsgraden kan t.ex. ”typförhållanden” vid skyfall och extremregn beräknas, baserat på analyser av både historiska observationer och framtida klimatprojektioner. En sådan utredning bör samla alla relevanta aktörer, inkl. MSB, SMHI, Boverket, städer och kommuner, Svenskt Vatten, försäkringsbranschen och konsulter.

Referenser Bilaga 2

Berg, P., Christensen, O. B., Klehmet, K., Lenderink, G., Olsson, J., Teichmann, C., and Yang, W. (2019) Summertime precipitation extremes in a EURO-CORDEX 0.11° ensemble at an hourly resolution, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 19, 957-971, doi: 10.5194/nhess-19-957-2019.

Blenkinsop, S., Lewis, E., Chan, S.C., and Fowler, H.J. (2017) Quality-control of an hourly rainfall dataset and climatology of extremes for the UK. *Int. J. Climatol.*, 37, 722-740. doi: 10.1002/joc.4735

Blenkinsop, S., mfl. (2018) The INTENSE project: using observations and models to understand the past, present and future of sub-daily rainfall extremes, *Adv. Sci. Res.*, 15, 117-126, doi: 10.5194/asr-15-117-2018.

Dyrddal, A.V., Médus, E., Dobler, A., Hodnebrog, Ø., Arnbjerg-Nielsen, K., Olsson, J., Thomassen, E.D., Lind, P., Gaile, D., and Post, P. (2023) Changes in design precipitation over the Nordic-Baltic region as given by convection-permitting climate simulations, *Weather Clim. Extremes*, 42, 100604, doi: 10.1016/j.wace.2023.100604.

Lind, P., Belušić, D., Christensen, O. B., Dobler, A., Kjellström, E., Landgren, O., Lindstedt, D., Matte, D., Pedersen, R.A., Toivonen, E. and Wang, F. (2020). Benefits and added value of convection-permitting climate modeling over Fenno-Scandinavia. *Clim. Dyn.* 55 (7), 1893-1912. doi:10.1007/s00382-020-05359-3.

MSB (2017) *Vägledning för skyfallskartering: tips för genomförande och exempel på användning (Guidelines for pluvial flood mapping: tips for implementation and examples of usage)*, MSB1121, ISBN 978-91-7383-764-4.

Olsson, J. (2019) The influence of storm movement and temporal variability of rainfall on urban pluvial flooding, Department of Earth Sciences, Uppsala University, UPTEC W 19 040, ISSN 1401-5765.

Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L., and Yang, W. (2017) *Extremregn i nuvarande och framtida klimat (Extreme rainfall in present and future climate)*, SMHI Climatology No 47, SMHI, 601 76 Norrköping, Sweden, 82 pp (in Swedish).

Olsson, J., Du, Y., An, D., Uvo, C.B., Toivonen, E., Belušić, D., and Dobler, A. (2021) An analysis of (sub-)hourly rainfall in convection-permitting climate simulations over southern Sweden from a user's perspective, *Frontiers Earth Sci.*, 9:681312, doi: 10.3389/feart.2021.681312.

SMHI (2023) <https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/skyfallsstatistik-regional-statistik-for-extrema-korttidsregn> (accessed on 2023-09-18).

Svenskt Vatten (2011) *Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppsvatten (Precipitation data for design and analysis of sewer systems)*. Publication P104, Svenskt Vatten, Stockholm, Sweden (in Swedish).

WMO (2014). *WMO Guide to meteorological instruments and methods of observation*, WMO No. 8; Geneva.



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap