

---

## **Sammanfattning till Extremregn i nuvarande och framtida klimat**



## **SAMMANFATTNING till Klimatologirapport nr 47, Extremregn i nuvarande och framtida klimat**

Tre huvudsakliga resultat från rapporten är:

- En grundläggande kartläggning av skyfall i olika delar av Sverige.
- Statistik från historiska mätningar visar att det inte har blivit fler eller kraftigare skyfall.
- I framtiden förväntas skyfallen öka med 10-40% beroende på tidshorisont och scenario.

I denna sammanfattning beskrivs och kommenteras dessa resultat.

### **1. Inledning**

Rapporten redovisar ett regeringsuppdrag som SMHI fick år 2015. SMHI skulle genomföra en studie om metod för beräkning av värsta möjliga korttidsnederbörd (skyfall). Underlaget syftar till att öka tillgången till klimatinformation och beslutsunderlag för klimatanpassning för att därmed stödja länsstyrelser, kommuner och landsting i deras arbete med anpassning till ett förändrat klimat. Tidigare i arbetet har en kunskapssammanställning inom området tagits fram (Olsson och Josefsson, 2015).

SMHI har tagit fram och tillämpat en ny metodik för att beräkna skyfallsstatistik för Sverige. Skyfall definieras som "minst 50 mm nederbörd på en timme eller minst 1 mm på en minut", med skyfallsstatistik menas regnmängder för olika varaktigheter (hur lång tidsperiod som avses) och olika återkomsttider (hur ofta vi kan förvänta oss ett skyfall av en viss storlek). Eftersom skyfall karakteriseras av korta tidsförlopp med hög regnintensitet ligger fokus i rapporten på varaktigheter från 15 minuter upp till 12 timmar. Tyngdpunkten i uppdraget låg på verkligt extrema (det vill säga ovanliga) skyfall och därför har fokus lagts på långa återkomsttider.

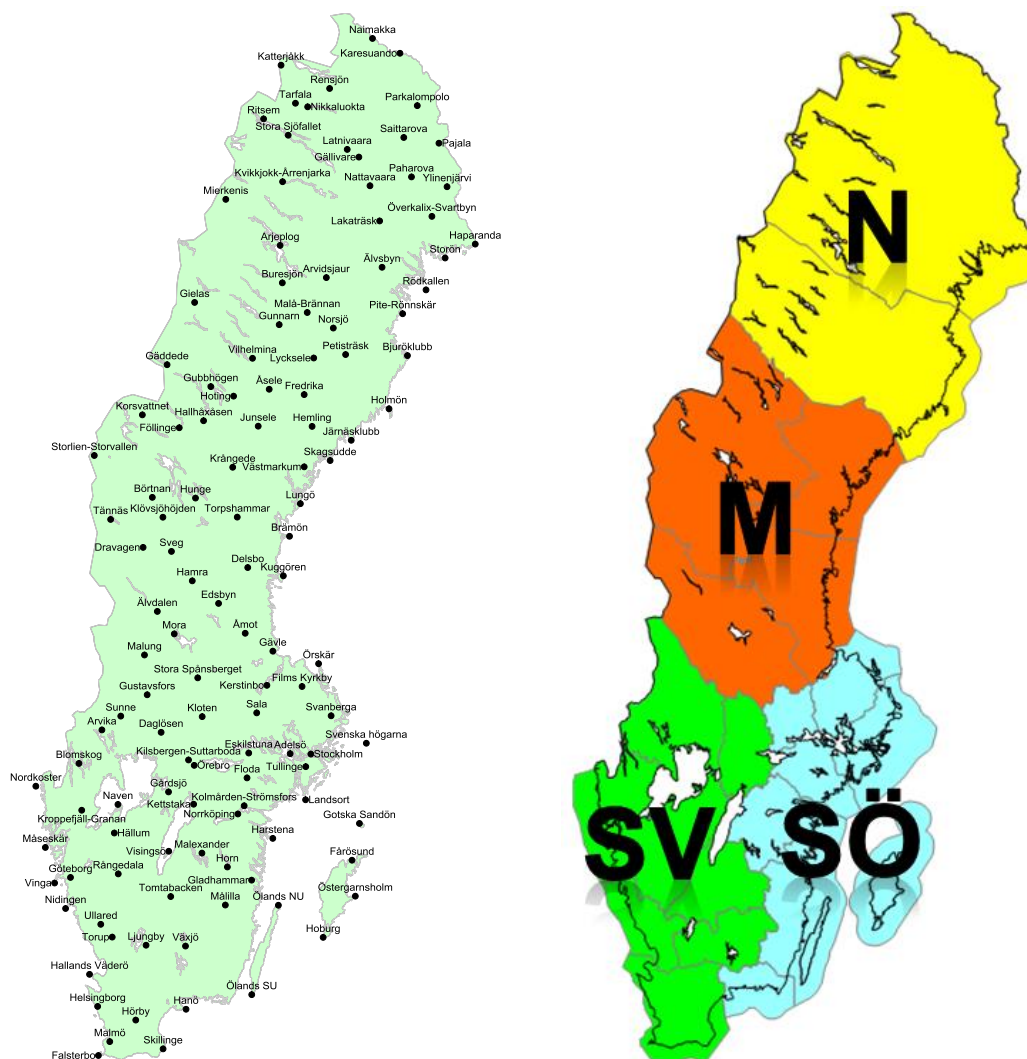
Rapporten innehåller också ett antal analyser av både uppmätt och beräknad nederbörd. De mätningar som använts kommer främst från SMHIs nationella observationsnät med automatiska meteorologiska stationer, men också från kommunala stationer samt väderradar. Analyserna har gjorts i syfte att öka kunskapen om skyfall i Sverige och deras variationer i tid och rum. Beräkningarna av framtida nederbörd kommer från framtidsscenarioer gjorda med klimatmodeller och syftet med dessa analyser har varit att bedöma klimatförändringens påverkan på skyfallen.

### **2. Ny skyfallsstatistik**

Rapporten innehåller en statistisk analys av 22 års observationer från SMHIs stationsnät med 128 automatiska meteorologiska mätstationer (automatstationer). En grundläggande frågeställning var till vilken grad skyfallsstatistiken skiljer sig åt i olika delar av landet. Ett flertal tidigare analyser av skyfall i Sverige har indikerat regionala skillnader och med ett stort dataunderlag som bas har dessa skillnader inom landet nu kvantifierats.

Figur 1a visar automatstationernas placering. Dessa stationer har mätt nederbörd med 15 minuters mellanrum (d.v.s. total nederbörd under varje 15-minutersperiod) sedan 1996. Tack vare den höga tidsupplösningen kan stationerna mäta även de mycket höga men kortvariga regnintensiteter som karakteriserar skyfall, något som inte är möjligt med enbart dygnsvisa mätningar.

Rapporten innehåller en regional analys, figur 1b, där Sverige har delats in i fyra regioner med olika skyfallsstatistik: sydvästra (SV), sydöstra (SÖ), mellersta (M) och norra (N) Sverige. Indelningen har gjorts genom att först göra en matematisk beskrivning av de uppmätta



Figur 1. SMHIs nät av automatiska meteorologiska stationer (a) och den regionala indelning som gjorts för den nya skyfallsstatistiken (b).

skyfallen i varje automatstation. Därefter sammanförs stationer med likartad matematiskt beskrivning i homogena grupper. En redovisning av metodiken finns i avsnitt 3.1.1 i rapporten.

Det datamaterial som finns tillgängligt idag visar på variationer inom regionerna. Variationerna är dock så begränsade att statistiken inom regionerna kan betraktas som likvärdig. Under detta antagande kan mätningarna från alla stationer i varje region slås samman för att på så sätt få ett stort underlag för en stabil statistisk analys.

Statistiken ger högst värden i region sydväst (SV), följt av SÖ, M och N. Skillnaden beror främst på att skyfall är vanligare i söder än i norr och inte att de är kraftigare i söder än i norr (se avsnitt 2 nedan). Skillnaden i skyfallsfrekvens är kopplad till temperaturskillnaden samt att södra Sverige påverkas mer av större skyfallsområden från Europa. Det förekommer alltså skyfall av liknande storlek över hela landet. Den variation som framträder överensstämmer med resultat från tidigare studier.

I Tabell 1 redovisas exempel på den nya regionala skyfallsstatistiken för olika varaktigheter och återkomsttider. Fullständiga tabeller finns i rapporten, avsnitt 3.1.2.3. Tre aspekter av denna statistik är värda att understryka:

1. Den regionala indelning som visas i figur 1b gäller enbart för korta varaktigheter, upp till maximalt 12 timmar. För längre varaktigheter (1 dygn och uppåt) finns tydligare lokala variationer, som kan kvantifieras genom ett avsevärt större datamaterial (se avsnitt 3.2).
2. Den sammanslagning av mätningar inom varje region som beskrevs ovan gör det möjligt att ta fram förbättrade uppskattningar av regnmängderna för långa återkomsttider (t.ex. 100 år) än de som gjorts tidigare.
3. Varje värde har försetts med ett beräknat intervall som avspeglar osäkerheten i de underliggande statistiska analyserna.

*Tabell 1. Exempel på skyfallsstatistik, regnvolymer (mm) för varaktigheter 15 min, 1 tim och 3 tim och återkomsttider 10 år och 100 år.*

|        | Region SV |            | Region SÖ |           | Region M  |           | Region N  |           |
|--------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        | 10 år     | 100 år     | 10 år     | 100 år    | 10 år     | 100 år    | 10 år     | 100 år    |
| 15 min | 18.0 ±1.1 | 35.1 ±6.1  | 16.3 ±1.0 | 28.1 ±4.9 | 15.7 ±0.9 | 29.7 ±5.2 | 14.2 ±0.8 | 26.3 ±4.6 |
| 1 tim  | 24.5 ±1.4 | 45.2 ±7.9  | 22.6 ±1.3 | 38.3 ±6.7 | 21.6 ±1.3 | 38.2 ±6.7 | 19.0 ±1.1 | 32.6 ±5.7 |
| 3 tim  | 34.1 ±2.0 | 60.2 ±10.5 | 32.0 ±1.9 | 53.5 ±9.3 | 30.2 ±1.8 | 50.9 ±8.9 | 26.1 ±1.5 | 42.1 ±7.3 |

### 3. Historiska variationer

Vi kan se en pågående snabb klimatförändring som i stor utsträckning orsakas av mänsklig aktivitet och klimatförändringen påverkar oss redan nu. En omdebatterad fråga är om skyfallen redan har förändrats och specifikt om de har blivit kraftigare och/eller vanligare på sistone. En konsekvens av den pågående globala uppvärmningen är att atmosfären kan innehålla mer vattenånga, vilket skapar förutsättningar för mera intensiva regn. Har den ökning av medeltemperaturen i Sverige som observerats sedan drygt 150 år påverkat skyfallen?

#### 3.1 Varaktighet 15 min

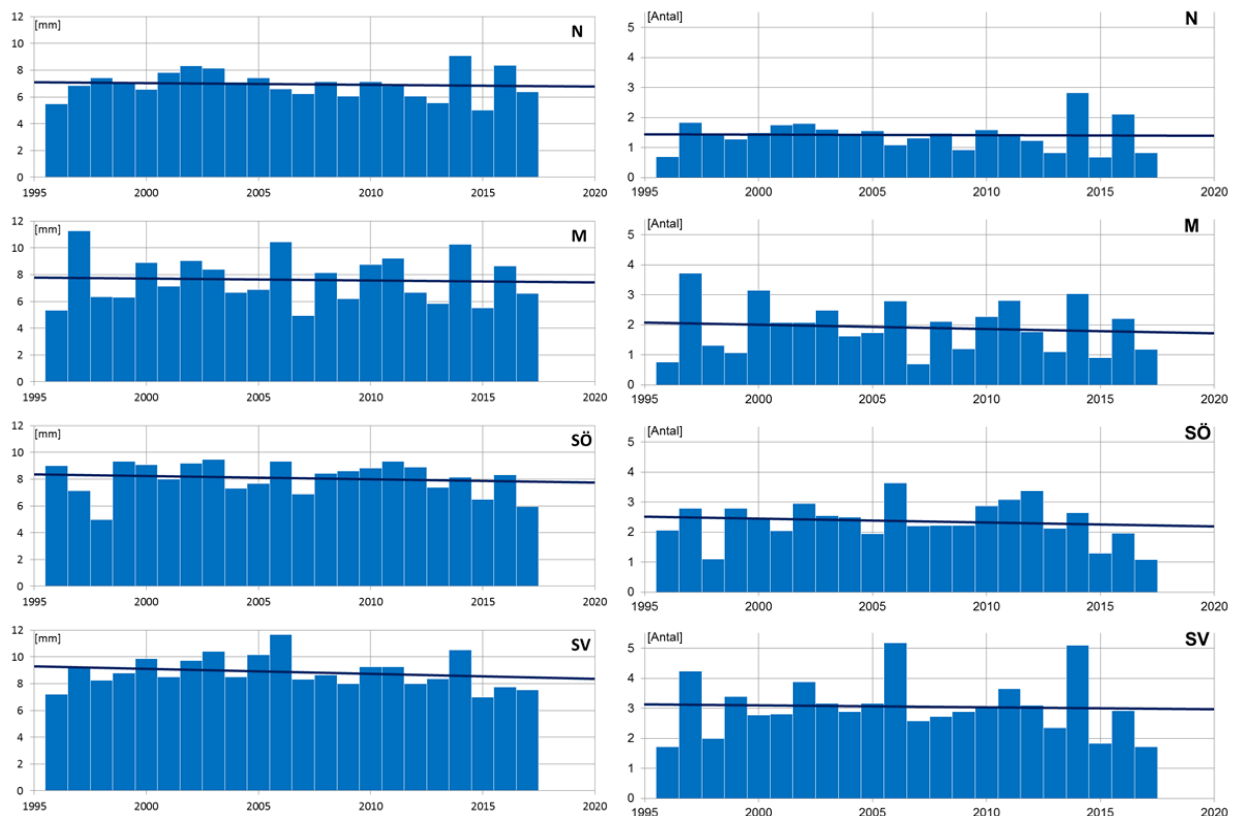
Även med det stora dataunderlag som beskrivs i föregående avsnitt förblir denna fråga svår att besvara. Förekomsten av skyfall påverkas av naturliga variationer i klimatet, vilka är av liknande storlek som uppvärmningen hittills. Med detta i åtanke är 22 år en för kort period för att dra några säkra slutsatser om trender i klimatet, och särskilt i detta fall när det handlar om en ovanlig händelse som skyfall. Men det går ändå studera vad som skett under de senaste 22 åren för att se om det finns några tydliga tendenser.

Har skyfallen blivit kraftigare?

Frågan om skyfallen blivit kraftigare kan studeras genom att för varje år beräkna medelvärdet av den högsta mätningen i regionens samtliga stationer, regionens *årshögsta*. Resultaten av en sådan beräkning visas i Figur 2a, för varaktighet 15 minuter. För samtliga regioner ligger årshögsta tämligen stabilt och ifall en trendlinje anpassas till värdena visar denna snarare på en mycket svag minskning. Det finns alltså inget stöd i datamaterialet för att skyfallen skulle ha blivit kraftigare sedan 1996, utan nivån är praktiskt taget konstant. Figur 2a visar att årshögsta är högst i region SV (8.9 mm/15 min) och lägst i region N (6.9 mm/15 min), men att spannet det varierar inom är relativt likartat över landet (cirka 6-10 mm/15 min). Kraftiga skyfall kan således förekomma i hela Sverige.

**a**

**b**



Figur 2. Variation av årshögsta 15-min regn (a) och frekvens av regn över 5 mm/15 min (b) mellan 1996 och 2017 i de olika regionerna.

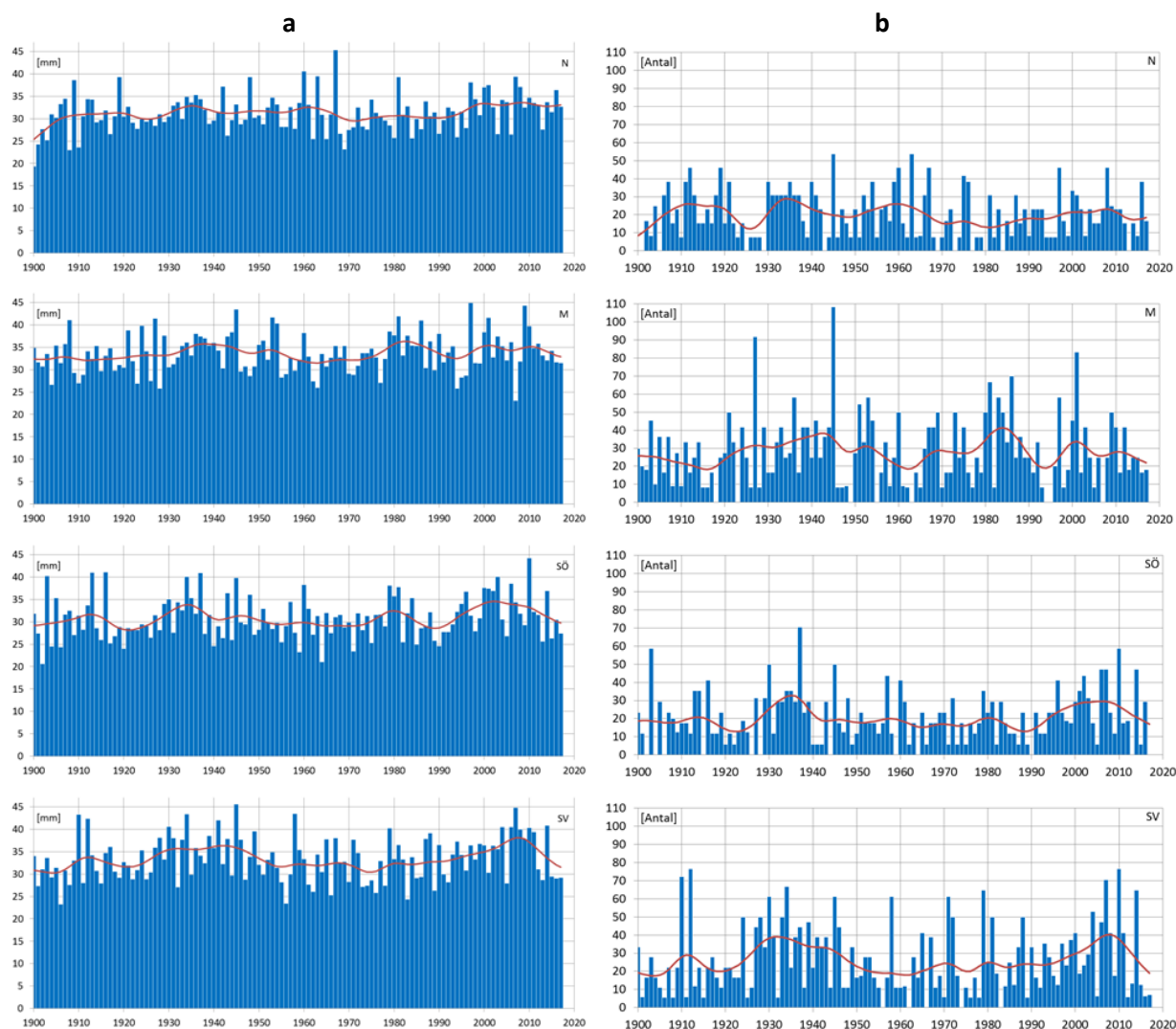
Har skyfallen blivit vanligare?

Frågan om skyfallen blivit vanligare kan studeras genom att för varje år beräkna antalet gånger ett visst (högt) värde för regnintensiteten överskrids i regionen, *frekvensen*. Resultaten av en sådan beräkning visas i Figur 2b, för tröskelvärde 5 mm/15 min. Frekvensen anges som genomsnittligt antal överskridande per station. Inte heller denna analys visar någon ökning under perioden, utan även här finns en stabil och snarare minskande tendens. Det finns alltså heller inget stöd i datamaterialet för att skyfallen skulle ha blivit vanligare sedan 1996. För frekvensen finns tydligare skillnader mellan regionerna. Tröskeln 5 mm/15 min överskrids i genomsnitt 3 gånger per år i varje station i region SV men endast drygt 1 gång per år i stationerna i region N.

Inte heller medeltemperaturen under sommaren, då skyfallen normalt inträffar, uppvisar någon tydlig ökning sett över hela perioden 1996-2017. Detta är helt rimligt inom en kortare period, på grund av naturliga svängningar i klimatet. Eftersom skyfall har en koppling till temperatur kan därför heller inte några tydliga skillnader i skyfallens egenskaper under perioden förväntas.

### 3.2 Varaktighet 1 dygn

De regionala analyser av 15-min värden som gjordes i avsnitt 3.1 kan också göras för dygnsvärden (Figur 3). En fördel är att jämfört med 15-min värden uppmäts dygnsnederbörd i avsevärt fler stationer, varav åtskilliga varit i bruk sedan början av förra seklet och ännu tidigare. Därför finns



Figur 3. Variation av årshögsta 1-dygnsregn (a) och frekvens av regn över 40 mm/dygn (b) mellan 1900 och 2017 i de olika regionerna. Röd kurva visar ett glidande medelvärde.

möjlighet att verkligen studera klimatologiska variationer och trender. Höga dygnsvärden representerar emellertid inte enbart det vi menar med skyfall – hög regnintensitet under kort period (<1 timme) – utan kan också härstamma från dygn med medelhög intensitet under åtskilliga timmar. Därför kan resultaten inte entydigt användas för att dra några slutsatser om skyfallens variationer.

Figur 3a visar att den årshögsta dygnsnederbörden inte i någon region uppvisar någon tydlig förändring under perioden. Det finns delperioder på flera decennier med ökande eller sjunkande tendens, men totalt sett ligger nivån tämligen stabil. Skillnaderna mellan de olika regionerna är små. Gällande frekvens, uttryckt som antalet dygn med mer än 40 mm nederbörd, är resultaten i stort sett desamma; inga uppenbara trender och små skillnader mellan regioner. För dygnsnederbörd finns alltså mindre stöd för regional uppdelning, varför vår regionalisering bara ska användas för varaktigheter upp till maximalt 12 timmar, som nämnts i avsnitt 2. Återigen noterar vi att klimatförändringarna är relativt små under perioden i jämförelse med stora naturliga svängningar i klimatet och osäkerheter i statistik för extrema värden.

#### 4. Framtida förändringar

Den globala uppvärmningen förväntas leda till mera intensiva och/eller frekventa skyfall. För att kvantifiera klimatförändringens effekter används klimatmodeller, som simulerar det framtida klimatet under olika antaganden om framtida ökning av koncentrationen av växthusgaser i atmosfären. Ett problem är att de meteorologiska processer som skapar skyfall är väldigt lokala. Hittills har klimatmodeller inte haft den detaljeringsgrad som behövs för att fullt ut beskriva skyfall, därför är det stor osäkerhet i bedömningarna.

Den senaste generationen klimatmodeller har emellertid en detaljeringsgrad (rumslig upplösning c:a 10 km) som närmar sig den lokala skala på vilken skyfall bildas. Detta förbättrar möjligheten till bedömning av framtida förändringar. Resultat från dessa modeller har inte analyserats för skyfall i Sverige förrän i denna rapport, i vilken framtida förändringar av skyfallen i ett urval av klimatprojektioner studerats. Urvalet omfattar ett antal olika regionala klimatmodeller. I tidigare bedömningar av klimatförändringseffekter på skyfall i Sverige har enbart resultat från en regional klimatmodell använts, vilket är en begränsning eftersom olika modeller kan ge olika signaler för den framtida förändringen. Eftersom vi nu använder olika modeller med högre detaljeringsgrad än tidigare bedömer vi att resultaten har en högre trovärdighet än resultaten från tidigare studier.

Effekten av klimatförändringen på skyfall kvantifieras normalt genom så kallade klimatfaktorer. För att beräkna ett framtida skyfall med en viss varaktighet och en viss återkomsttid multipliceras värdet för dagens klimat (Tabell 1) med en klimatfaktor. I Tabell 2 redovisas de klimatfaktorer som tagits fram med det nya materialet för tre olika framtidsperioder. Resultaten visar inga större skillnader för de olika regionerna. För varje framtidsperiod och varaktighet finns en faktor som motsvarar en medelhög framtida ökning av växthusgaskoncentrationen (RCP 4.5) och en faktor som motsvarar en hög framtida ökning (RCP 8.5). Faktorn ska tolkas som ökningen från perioden 1971-2000 fram till framtidsperioden och faktorerna kan antas gälla för alla återkomsttider.

*Tabell 2. Klimatfaktorer.*

| Varaktighet<br>(timmar) | 2011-2040 (%) |     | 2041-2070 (%) |     | 2071-2100 (%) |     |
|-------------------------|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|
|                         | Medel         | Hög | Medel         | Hög | Medel         | Hög |
| 1                       | 9             | 11  | 14            | 20  | 21            | 36  |
| 2                       | 9             | 11  | 15            | 20  | 22            | 38  |
| 3                       | 9             | 11  | 17            | 20  | 21            | 40  |
| 6                       | 7             | 12  | 17            | 21  | 19            | 41  |
| 12                      | 9             | 10  | 15            | 20  | 18            | 38  |
| Bedömning               | 10            | 10  | 15            | 20  | 20            | 40  |

Fram till perioden 2011-2040 kan en ökning med cirka 10% förväntas för både det medelhöga och det höga scenariot. Klimatmodellerna visar att skyfallen kan uppvisa en intensifiering större än de naturliga svängningarna under de kommande årtiondena. I perioden 2041-2070 skiljer scenarierna sig åt och ökningen är cirka 15% i det medelhöga och cirka 20% i det höga. I den sista perioden är ökningen cirka 20% respektive cirka 40%. Dessa värden återfinns längst ned i Tabell 2 som bedömda klimatfaktorer för samtliga varaktigheter och återkomsttider i hela landet. Värdena ligger nära tidigare bedömningar men något högre mot slutet av århundradet.

**Referens:** Olsson, J. och Josefsson, W. 2015. Skyfallsuppdraget, ett regeringsuppdrag till SMHI. SMHI rapport Klimatologi Nr 37.