

# Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar

Katarina Losjö, Johan Södling, Lennart Wern och Jonas German



Pärmbild.  
Bilden föreställer Gideåbacka regleringsdamm.  
Foto: Statkraft

KLIMATOLOGI Nr 51, 2019

## Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden

Katarina Losjö, Johan Södling, Lennart Wern och Jonas German

Denna sida är avsiktligt blank

## Sammanfattning

De svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden (Klass I-flöden) för dammanläggningar publicerades första gången för snart 30 år sedan (Flödeskommittén, 1990). SMHI har på uppdrag av Svenska kraftnät undersökt om de parametrar som används för flödesbestämningarna har förändrats över tiden.

Riktlinjerna föreskriver att simuleringar med en hydrologisk modell ska användas för beräkningarna, och ett antal parametrar anges för dessa beräkningar. En uppdelning av Sverige i fem regioner gjordes och parametrarna avser

- ett snötäcke med 30 års återkomsttid
- en dimensionerande nederbördsekvens över 14 dygn och 1000 km<sup>2</sup>
- korrekationer av denna nederbördsekvens med avseende på avrinningsområdets storlek
- korrekationer av nederbördsekvensen med avseende på årstid
- extrem vind

Dessutom framhålls tillämpningen i ett klimat i förändring i den senaste upplagan (Svensk Energi m.fl. 2015).

För att undersöka om de parametrar som används för flödesbestämningen har förändrats över tiden, och därmed behöver justeras, har analyser gjorts av huruvida det går att se någon trend i nederbörd, snötäcke och extrem vind sedan de första riktlinjerna skrevs.

Förutom detta har även analyser gjorts av de högsta årliga flöden som uppmäts vid vattenföringsstationer i Sverige för att undersöka om det finns någon trend i dessa data

En första uppföljning gjordes för 10 år sedan (Berström, m.fl., 2008) och föreliggande rapport är en uppdatering med tillgång till längre mätserier både efter 2008 och bakåt i tiden.

Långa serier med mätdata från ett urval av SMHI:s klimatstationer och hydrologiska stationer har använts i analyserna och resultatet av uppföljningen sammanfattas nedan.

- Utvärdering av den dimensionerande nederbördsekvensen har gjorts dels genom att analysera tillfällen med nederbörd större än 90 mm över 1000 km<sup>2</sup> under såväl 24 timmar som två dygn för perioden från c:a 1930 till 2018, och dels av den totala nederbördssumman under en 14-dygnsperiod 1961-2018. Även den högsta stationsnederbörd som varje år uppmäts (punktnederbörd) har analyserats för perioden 1945-2018.
- Ingen av dessa analyser uppvisar en trend över de analyserade perioderna. Detta står i kontrast mot det resultat som framkom i den uppföljningen 2008, då man konstaterade en trend mot ökande punktnederbörd för perioden 1961-2007.
- För att undersöka om det finns anledning att justera arealkorrektionen av nederbördsekvensen har såväl den stationsvisa dygnsnederbörden som den ackumulerade 14-dygnsnederbörden över olika stora arealer analyserats. De årliga variationerna är likartade över tid och över landet, och ingen trend kan ses. Anpassningen av de nu analyserade värdena för den ackumulerade 14-dygns nederbörden över 100, 1000 respektive 10 000 km<sup>2</sup> ger något olika resultat beroende på analysmetodik. Ingen av metoderna är identisk med den som användes när riktlinjerna togs fram. Ingen entydig avvikelse från riktlinjerna finns dock.
- Årstidskorrekturen av nederbörden har utvärderats genom att dela upp 14-dygnsnederbörden respektive den observerade punktnederbörden större än 90 mm på de månader den inträffade, dels perioden 1961- 1990 och dels 1991-2018. Resultatet visar att säsongsfördelningen uppvisar ett liknande mönster för de båda

perioderna, och som, även åskådliggörs i Flödeskommittén, (1990), och således finns inget skäl till att justera årstidskorrektionen i riktlinjerna.

- För utvärderingen av eventuella trender i snötäcket har analyser gjorts av medelvärdet av varje års största snödjup vid 42 klimatstationer. Variationerna är stora mellan år under hela den analyserade perioden i hela landet, och även ett flytande 10-årsmedelvärde varierar. Sett över hela perioden 1904/05–2017/18 kan dock ingen trend ses, och inte heller för perioden 1961-2018, utan endast variationer över kortare tid. Eftersom beräkningar av 30-årssnön förutsätter att ingen trend finns i tidsserien som används för den statistiska analysen, kvarstår rekommendationen i riktlinjerna att frekvensanalysen för snön ska göras för så lång period som data finns tillgängliga.
- Analysen av varje års högsta dygnsmedelvärde på vattenföringen har gjorts för 69 oreglerade eller endast obetydligt reglerade vattenföringsstationer med långa tidsserier. Antalet stationer varierar för olika delar av landet, men analysresultatet visar inte på någon långsiktig trend i storleken av flödestopparna.
- Den geostrofiska vinden, som är en slags idealiserad genomsnittlig vindhastighet beräknad från lufttrycksobservationer, har beräknats, uppdelat i nio områden fördelade över Sverige. Antalet tillfällen från och med 1940 med geostrofisk vind på minst 25 m/s uppvisar ingen långsiktig trend som kan föranleda justeringar i kriterierna för beräkningen av vågor och seicher.
- Analysen av förhållanden mellan Klass I-avrinningen och 100-årsflödet tyder på att kvoten ökar med minskande avrinningsområden. Här kan det finnas en anledning att följa utvecklingen vid nya beräkningar för att eventuellt kunna se något orsakssamband.

Slutsatsen är att inga förändringar av kriterierna i riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar behöver göras i dagsläget. Likaså framkommer vikten av långa tidsserier som underlag för bedömning av trender.

## Summary

Commissioned by Svenska kraftnät, the Swedish Meteorological and Hydrological Institute has carried out a follow-up study on the Swedish guidelines for determination of design floods for dams. The main purpose was to investigate whether the Swedish meteorological and hydrological observation data show any signs of climatic change, which could affect the validity of the guidelines, formulated in 1990 (Flödeskommittén, 1990), later updated twice, in which the edition of 2015 (Svensk Energi et.al., 2015), emphasize the application also in a changing climate. The first follow-up study was performed in 2008 (Bergström m.fl., 2008), and the present study has used longer time series, both after 2008 and earlier than in the study of 2008.

The guidelines prescribe that the calculation of design flood should be carried out using a hydrological model, and the following parameters are decided to be used in the simulations:

- a snow cover with a statistical return period of 30 years
- a 14-day precipitation sequence over 1000 km<sup>2</sup>
- corrections of this sequence regarding the area of the catchment
- corrections of the sequence regarding elevation above sea level and month of the year
- extreme wind speed

The present analyses have used long series of observation data from SMHI climatological and hydrological databases, mostly using the division of Sweden into five regions, described in the guidelines.

- The analyses of the 14-day precipitation sequence has been made by analysing precipitation higher than 90 mm over 1000 km<sup>2</sup> during 24 hours and 2 days during the period 1930-2018, as well as the 14-day precipitation sum 1961-2018. Also the highest point precipitation values have been analysed for the period 1945-2018.
- It is not possible to find a trend in the data for neither of these analyses, in contrary to the findings in the previous follow-up, where an increase in the highest point precipitation was seen for the period 1961-2007.
- Two adaptations of accumulated 14-day precipitation over three areas: 100, 100 and 10 000 km, to the areal correction curve in the guidelines show some discrepancies. However, the present analyses are made using another database than the basis of the original curve, and the results indicate that there is no immediate need for adjustment of the areal correction in the guidelines.
- The distribution of high precipitation over the year has been studied, and it shows the same pattern as the monthly corrections of the sequence in the guidelines. The pattern is similar for the periods 1961-90 and 1991-2018.
- The mean values of yearly largest snow cover have been analysed for the period 1904/05-2017/18. The results do not indicate any trend, only shorter time variations, neither for the whole period nor for the period 1961-2018. As the determination of snow cover with a return period of 30 years should be made using frequency analysis, the recommendations in the guidelines to use a long data period for the analyses are still valid.
- An analysis of the daily highest flood peaks was made for data from 60 unregulated or very slightly regulated discharge stations. No long time trend that could reveal changes in flood risks can be seen in the results.
- The geostrophic wind, an idealized average wind speed, computed from observations of air pressure, has been studied 1940-2017. For geostrophic wind of at least 25 m/s no signs of long term trend can be seen.
- The analyses of the ratio between the design flood for flood design category I and the flood of a 100-year return period indicates increasing ratio with decreasing catchment area. This could be a reason for follow-up when new calculations are done in small catchments.

The overall conclusion of the study is that there is presently no need for adjusting the parameters in the guidelines. The importance of using long time series for trend analyses is revealed.

Denna sida är avsiktligt blank

## Innehållsförteckning

|            |                                                                                                                               |           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b>   | <b>BAKGRUND .....</b>                                                                                                         | <b>1</b>  |
| <b>2</b>   | <b>KORT INTRODUKTION TILL RIKTLINJERNA FÖR<br/>BESTÄMNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN.....</b>                                  | <b>1</b>  |
| <b>3</b>   | <b>METODIK .....</b>                                                                                                          | <b>2</b>  |
| <b>3.1</b> | <b>Databaser.....</b>                                                                                                         | <b>6</b>  |
| <b>3.2</b> | <b>Extrem nederbörd .....</b>                                                                                                 | <b>6</b>  |
| <b>3.3</b> | <b>Akkumulerad 14-dygnsnederbörd, griddade data.....</b>                                                                      | <b>8</b>  |
| <b>3.4</b> | <b>Maximalt snödjup.....</b>                                                                                                  | <b>9</b>  |
| <b>3.5</b> | <b>Höga flöden .....</b>                                                                                                      | <b>11</b> |
| <b>3.6</b> | <b>Extrem vind .....</b>                                                                                                      | <b>15</b> |
| <b>3.7</b> | <b>Statistiska metoder .....</b>                                                                                              | <b>15</b> |
| <b>3.8</b> | <b>Förhållande mellan klass I-flöde och 100-årsflöde .....</b>                                                                | <b>15</b> |
| <b>4</b>   | <b>RESULTAT.....</b>                                                                                                          | <b>16</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Extrem arealnederbörd .....</b>                                                                                            | <b>16</b> |
| 4.1.1      | Nederbörd under 24 timmar och 1000 km <sup>2</sup> .....                                                                      | 16        |
| 4.1.2      | Nederbörd under 2 dygn och 1000 km <sup>2</sup> .....                                                                         | 20        |
| 4.1.3      | Den högsta ackumulerade nederbörden över 14 dygn och 1000 km <sup>2</sup> -<br>medelvärden .....                              | 21        |
| 4.1.4      | Jämförelser av det högsta ackumulerade nederbördsvärdet på 14 dygn<br>över 100, 1000 respektive 10 000 km <sup>2</sup> . .... | 24        |
| 4.1.5      | Säsongsfördelning av areell nederbörd.....                                                                                    | 25        |
| <b>4.2</b> | <b>Extrem punktnederbörd.....</b>                                                                                             | <b>28</b> |
| 4.2.1      | Antal nederbördsdygn.....                                                                                                     | 28        |
| 4.2.2      | Årlig extrem punktnederbörd .....                                                                                             | 30        |
| 4.2.3      | Säsongsfördelning av extrem punktnederbörd.....                                                                               | 33        |
| <b>4.3</b> | <b>Maximalt snödjup.....</b>                                                                                                  | <b>34</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Höga flöden .....</b>                                                                                                      | <b>36</b> |
| <b>4.5</b> | <b>Högsta observerade flöden .....</b>                                                                                        | <b>40</b> |
| <b>4.6</b> | <b>Extrem vind .....</b>                                                                                                      | <b>41</b> |
| <b>4.7</b> | <b>Förhållande mellan klass-I avrinning och 100-årsflöde.....</b>                                                             | <b>45</b> |
| <b>5</b>   | <b>SLUTSATSER .....</b>                                                                                                       | <b>49</b> |
| <b>6</b>   | <b>REFERENSER .....</b>                                                                                                       | <b>51</b> |

Denna sida är avsiktligt blank

## 1 Bakgrund

Nu gällande svenska riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I kom ut 2015 och är en reviderad utgåva av den omarbetning som gjordes 2007 av den ursprungliga versionen från 1990. I utgåvan 2015 (Svensk Energi m.fl., 2015) tydliggörs riktlinjernas tillämpning i ett klimat i förändring och därmed uppkommer även behovet av att analysera och följa upp huruvida de parametrar som används för flödesbestämningen har förändrats över tiden.

Föreliggande rapport har gjorts på uppdrag av Svenska kraftnät och är en uppdatering av en första uppföljning som gjordes 2008 (Bergström m.fl., 2008). Mätdata från ett urval av SMHI:s klimatstationer och hydrologiska stationer har använts i analysen för uppföljningen, som jämfört med rapporten från 2008 använder tidsserier som förlängts såväl bakåt som framåt i tiden.

Brandesten m.fl. (2006) gjorde en utförlig uppföljning av utförda beräkningar av dimensionerande flöden, bl.a. studerade man förhållandet mellan 100-årsflödet och klass I avrinningen. Studien gjordes på en databas innehållandes resultat från beräkningar i allt från kraftigt reglerade vattendrag till en del oreglerade vattendrag med varierande storlek på avrinningsområde. Resultaten pekade på att Klass I avrinningen i genomsnitt var 1,7 gånger större än 100-års flödet. Men det antyds också från en kartbild att kvoten ökar för randområden (oreglerade förhållanden) och i sydligare delar av landet. Det finns dock ingen analys av eventuella samband mellan latitud och kvot, areal och kvot eller regleringsgrad och kvot. I den kompletterande uppföljningen av German m.fl. (2014) ingick inte uppföljning av förhållandet mellan klass I avrinning och 100-årsflöde. En kompletterande utredning med nya data från vattendrag där regleringen är försumbar och för dessa följa upp eventuella geografiska samband behövs eftersom resultaten från 2006 ibland används för rimlighetsbedömningar.

## 2 Kort introduktion till riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden

*Texten i detta avsnitt är huvudsakligen hämtad från riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden (Svensk Energi m.fl., 2015)*

Vid bestämningen av de dimensionerande flödena tillämpas en indelning i flödesdimensioneringsklasser, som bygger på vilka konsekvenser ett dammhaveri skulle kunna medföra i samband med höga flöden. Flödesdimensioneringsklass I tillämpas för dammanläggningar som, i händelse av dammhaveri, skulle kunna medföra förlust av människoliv eller annan allvarlig personskada, allvarlig skada på infrastruktur, betydande miljövärde eller annan stor ekonomisk skadegörelse.

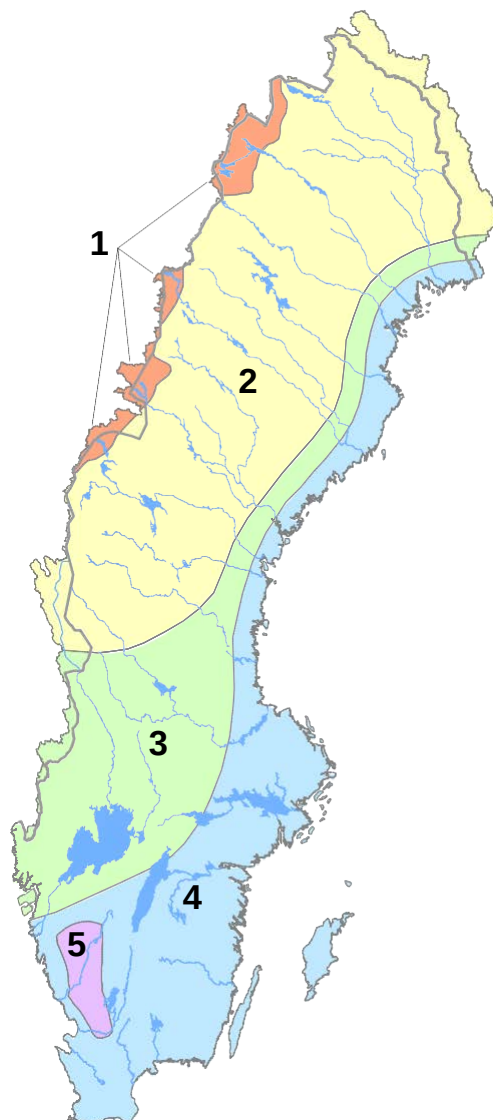
Bestämning av det dimensionerande flödet i flödesdimensioneringsklass I bygger på hydrologiska modellsimuleringar som beskriver följderna av att extremt stora nederbördsmängder faller under särskilt ogynnsamma förhållanden. I beräkningarna antas extrema nederbördsmängder samverka med en föregående blöt höst, kraftig snösmältning och vattenmättade markförhållanden. Kritiska flöden och vattenstånd simuleras under minst en tioårsperiod genom att den verkliga observerade nederbörden i det område som beräknas successivt byts ut mot en 14 dygn lång dimensionerande nederbördssekvens. De olika flödesskapande faktorerna, som var och en för sig ligger inom ramen för vad som har inträffat, kombineras på ett sätt som ger den mest kritiska samlade effekten på älvsystemet. Den samlade effekten, när de ogynnsamma förhållandena inträffar samtidigt, blir mycket extrema flöden.

Dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I ska, utan allvarlig skada på anläggningen, kunna motstå och släppa fram ett dimensionerande flöde som beräknats på detta sätt. De ska också i allmänhet vid dämningssgränsen kunna släppa fram en tillrinning med återkomsttid av minst 100 år.

Riktlinjerna föreskriver också att vågor och snedställning av vattenytan på grund av vindpåverkan beaktas under antagande av vind i mest ogynnsam riktning.

### 3 Metodik

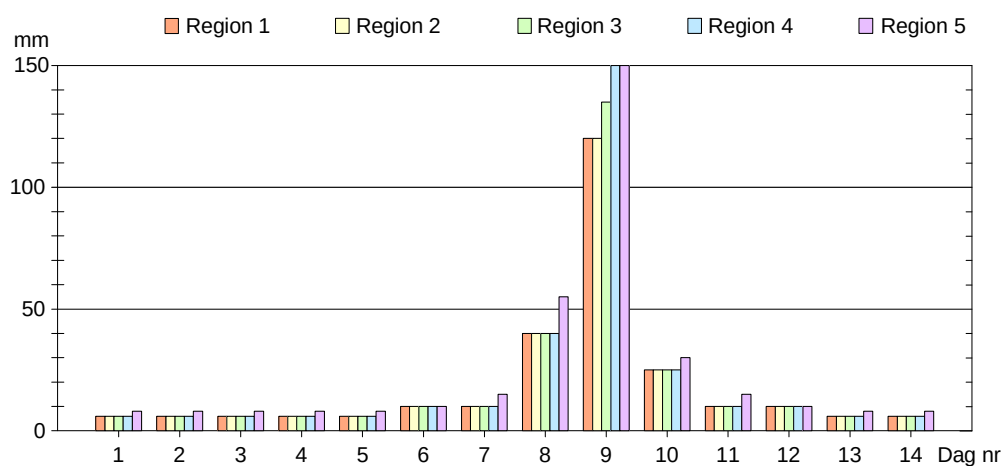
Riktlinjerna använder bestämda nederbördssekvenser över 14 dagar från den regionindelning som visas i Figur 1 och med den fördelning över de 14 dagarna som redovisas i Tabell 1 och Figur 2. Sekvenserna representerar den största observerade nederbörden under 24 timmar mellan 1927 och 1990 över en yta på 1000 km<sup>2</sup> (Vedin och Eriksson, 1988).



Figur 1 Regionerna som används för de olika nederbördssekvenserna i de svenska riktlinjerna för dimensioneringsberäkningar för dammanläggningar.

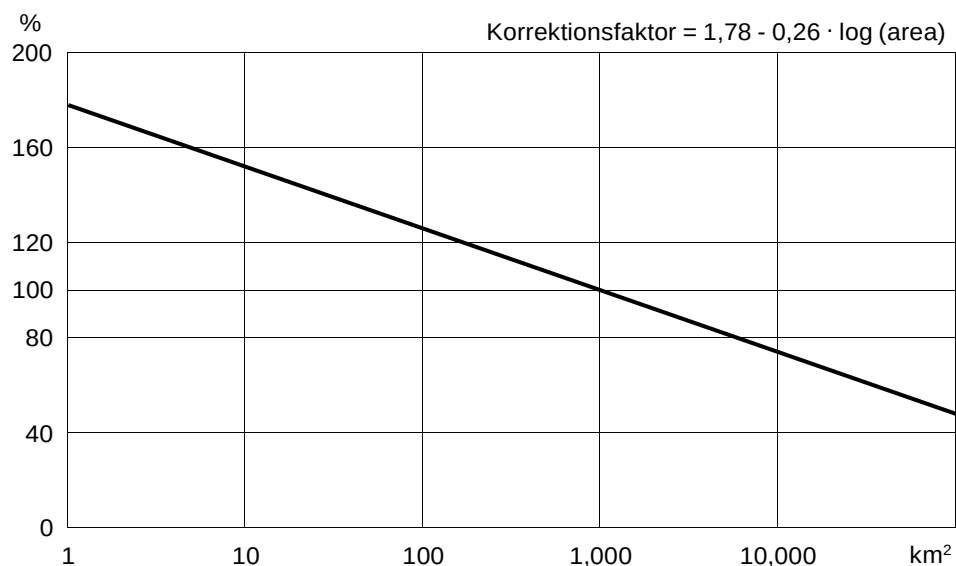
Tabell 1 Dimensionerande nederbördssekvenser för regionerna i Figur 1

| Dag nr   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9   | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | Summa |
|----------|---|---|---|---|---|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-------|
| Region 1 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 40 | 120 | 25 | 10 | 10 | 6  | 6  | 267   |
| Region 2 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 40 | 120 | 25 | 10 | 10 | 6  | 6  | 267   |
| Region 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 40 | 135 | 25 | 10 | 10 | 6  | 6  | 282   |
| Region 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 10 | 40 | 150 | 25 | 10 | 10 | 6  | 6  | 297   |
| Region 5 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 15 | 55 | 150 | 30 | 15 | 10 | 8  | 8  | 341   |



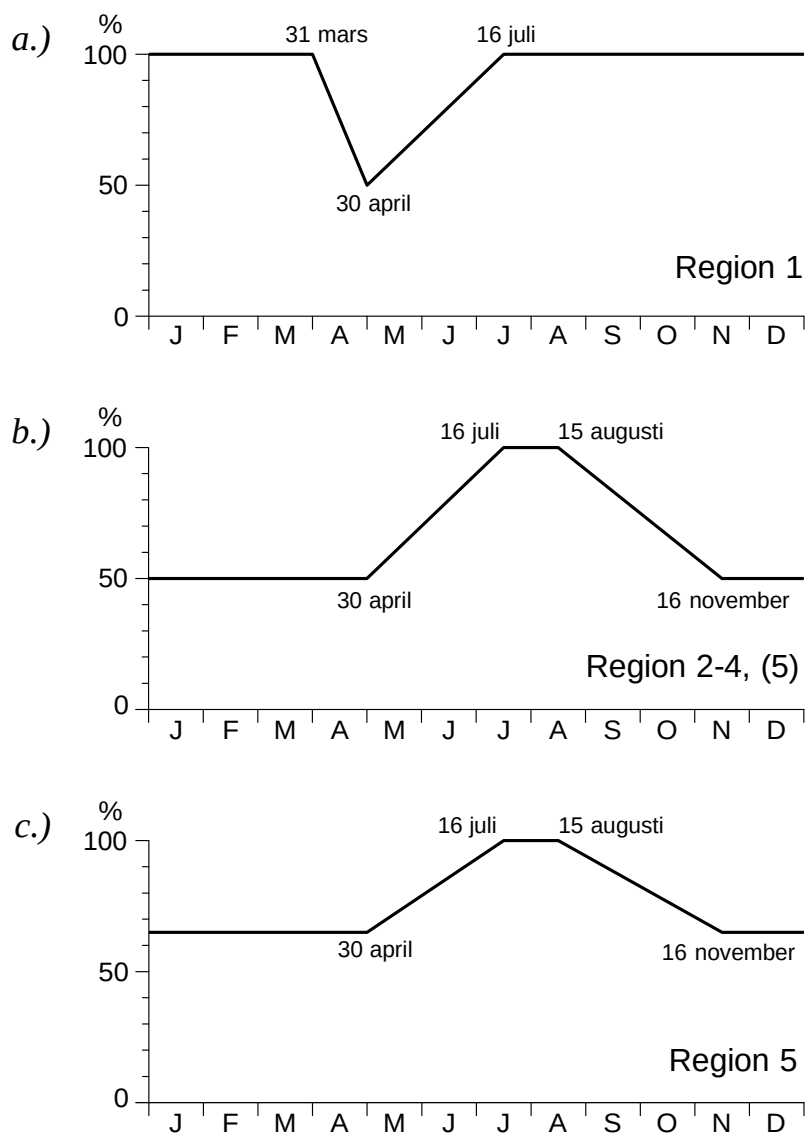
Figur 2 Den dimensionerande 14-dagars nederbördssekvensen per region i Figur 1. Värdena representerar areell nederbörd för varje region, i mm/24 timmar över en yta av 1000 km<sup>2</sup>.

Riktlinjerna föreskriver också att korrektioner görs för olika stora avrinningsområden och olika årstider. I Figur 3 åskådliggörs hur korrektionerna för avrinningsområdets storlek görs.



*Figur 3* Korrigering av nederbördssekvensen med avseende på avrinningsområdets storlek.

Årstidskorrektionen skiljer sig åt i de olika regionerna. I de flesta regionerna korrigeras alla nederbördsvärdena i sekvensen enligt ett gemensamt samband. I region 5 korrigeras dock sekvensens toppvärde och de övriga värdena enligt olika samband. Årstidskorrektionen illustreras i Figur 4.



Figur 4 Årstidskorrektur av den dimensionerande nederbördssekvensen.  
a.) Korrektur i region 1 av sekvensens samtliga värden.  
b.) Korrektur i regionerna 2 - 4 av sekvensens samtliga värden, samt i region 5 av sekvensens toppvärde (dag 9).  
c.) Korrektur i region 5 av sekvensens samtliga värden förutom toppvärdet.

I föreliggande rapport görs analys av observerade regnhändelser fram till och med 2018 för att utvärdera om regnmängder och korrekturen i riktlinjerna behöver justeras.

Förutom nederbörden görs analyser av snötäcke och vattenföringstoppar med samma syfte.

Befintliga databaser över meteorologiska och hydrologiska data, listade nedan, har använts för de sammanställningar och analyser som redovisas i rapporten.

För analysen av vågor och seicher föreskrivs en vindstyrka på 20-25 m/s, och analyser av den geostrofiska vinden har gjorts för att följa upp hur vindförhållandena har sett ut olika år.

### 3.1 Databaser

Sedan förra uppföljningen 2008 har databaserna utvidgats även bakåt i tiden, genom att fler äldre data har digitaliserats. Följande data har nu använts:

- Extrem areell nederbörd 1926-2018 över 1000 km<sup>2</sup> och 24 timmar
- Extrem areell nederbörd 1961-2018 över 1000 km<sup>2</sup> och 2 dygn
- Extrem punktnederbörd 1 dygn, 1881-2018 och 1945-2018
- Ackumulerad 14-dygnsnederbörd 1961-2018, griddad databas
- Maximalt snödjup 1905-2018
- Höga flöden 1911-2017
- Extrem vind, beräknat från lufttrycksobservationer 1900-2018 eller 1940-2018 (olika delar av Sverige)

### 3.2 Extrem nederbörd

Analys har gjorts för både punktnederbörd (dvs nederbörd vid en enskilda station) och nederbörd över 1000 km<sup>2</sup>.

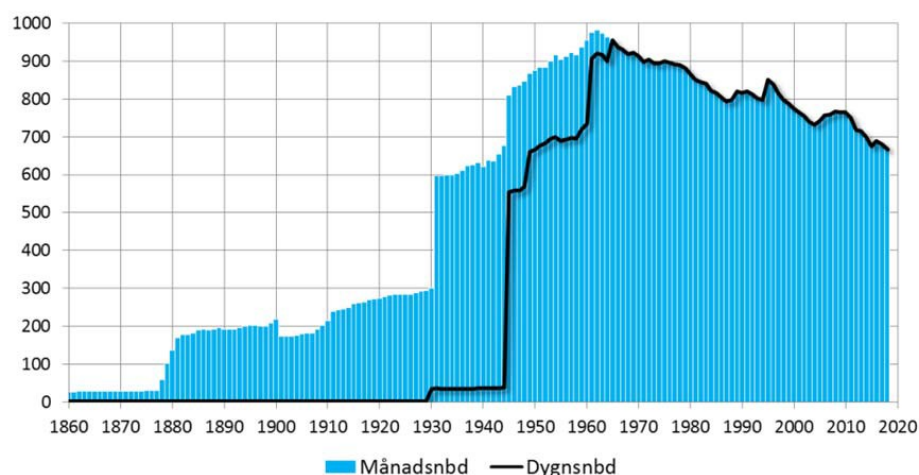
Den största punktnederbörden för varje år och station under ett dygn har tagits ut från SMHI:s databas. Avläsning görs kl. 06 UTC varje dag, vilket gör att det avlästa dygnsvärdet kan medföra att ett regntillfälle delas i två delar.

Analys av 24-timmars nederbörd på minst 90 mm över 1000 km<sup>2</sup> har gjorts på samma sätt som i tidigare rapporter (Vedin och Eriksson, 1988 samt Bergström m.fl., 2008) men nu fram till och med 2018. Eftersom avläsningar av nederbörden vid de flesta stationer historiskt gjorts endast en eller två gånger per dygn, har mängden nederbörd som fallit inom de värsta 24 timmarna måste uppskattas manuellt, och även dragningen av isolinjerna har gjorts manuellt. Detta innebär alltid en viss risk för subjektivitet.

SMHI har under senare år också analyserat 2-dygnsnederbörden, definierat som minst 90 mm under 2 dygn och 1000 km<sup>2</sup> åren 1961-2017 med digitaliserade dagliga nederbördsvärden (Olsson m.fl., 2017). Här har en ny, mer objektiv, metod använts där data från de fasta avläsningarna en gång per dygn vid mätstationerna används, och där ett datorprogram ritar isolinjerna och bedömer storleken på det område som anses ha fått minst 90 mm på dessa två dygn.

I vissa fall kan den objektiva analysen ge ett annat resultat än den manuella.

I Figur 5 nedan visas antalet stationer med digitaliserade data i SMHI:s databas. De blå staplarna visar hur många stationer per år med minst en månadsnederbörd under året som det finns i databasen, och den svarta linjen visar antal stationer där det finns dygnsnederbörd i databasen.

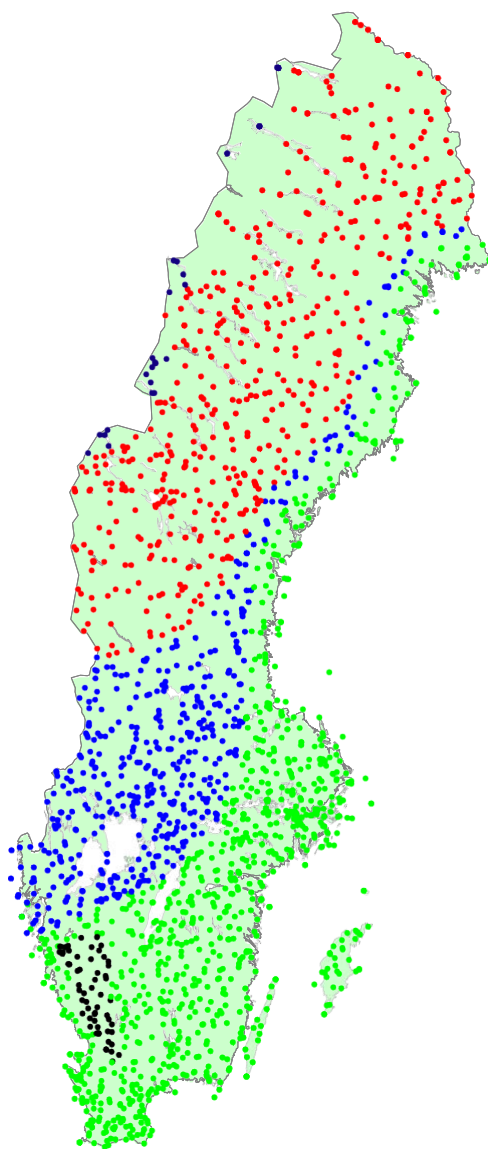


*Figur 5 Antalet nederbördsstationer i SMHI:s databas, tillgängliga för analyserna (2018-12-07).*

Det finns totalt 1961 stationer under perioden 1945-2018 med minst ett års dagliga data. Figur 6 visar lokaliseringen av stationerna uppdelat på regioner. För att finnas med måste en station haft minst en månads data per år. Ett fåtal finska och norska stationer som ligger nära svenska gränsen finns med bland dessa stationer. I Tabell 2 redovisas hur många stationer som ingått i analyserna för respektive region under den analyserade perioden.

*Tabell 2 Antalet stationer per region som använts under åren 1945-2018 för analyserna av extrem nederbörd.*

|       | Region 1 | Region 2 | Region 3 | Region 4 | Region 5 | Hela Sverige |
|-------|----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Min   | 4        | 88       | 109      | 214      | 14       | 485          |
| Medel | 10       | 181      | 178      | 336      | 21       | 727          |
| Max   | 15       | 237      | 224      | 440      | 27       | 889          |



*Figur 6 Lokaliseringen av alla de 1961 st nederbördsstationerna med dagliga data 1945-2018. Färgerna representerar de olika regionerna i figur 1.*

### **3.3 Ackumulerad 14-dygnsnederbörd, griddade data**

En griddad databas (PTHBV) över areell nederbörd 1961-2018 har använts. Den baseras på optimal interpolation av observerade nederbördsmängder och beskrivs i Johansson och Chen (2003, 2005).

Analysen har gjorts för största nederbörden över 100, 1000 och 10 000 km<sup>2</sup> varje år och uppdelat på de regioner som åskådliggörs i Figur 1. Dygnsnederbördsdata hämtades från PTHBV-databasen, som är ett 4\*4 km rutnät som täcker hela Sverige och har dygnsnederbörd för varje ruta och dygn. Som ett första steg identifierades vilka PTHBV-rutor som föll inom varje region. Sedan beräknades 14-dygnsnederbörden uppskattad på 1000 km<sup>2</sup> area på följande sätt:

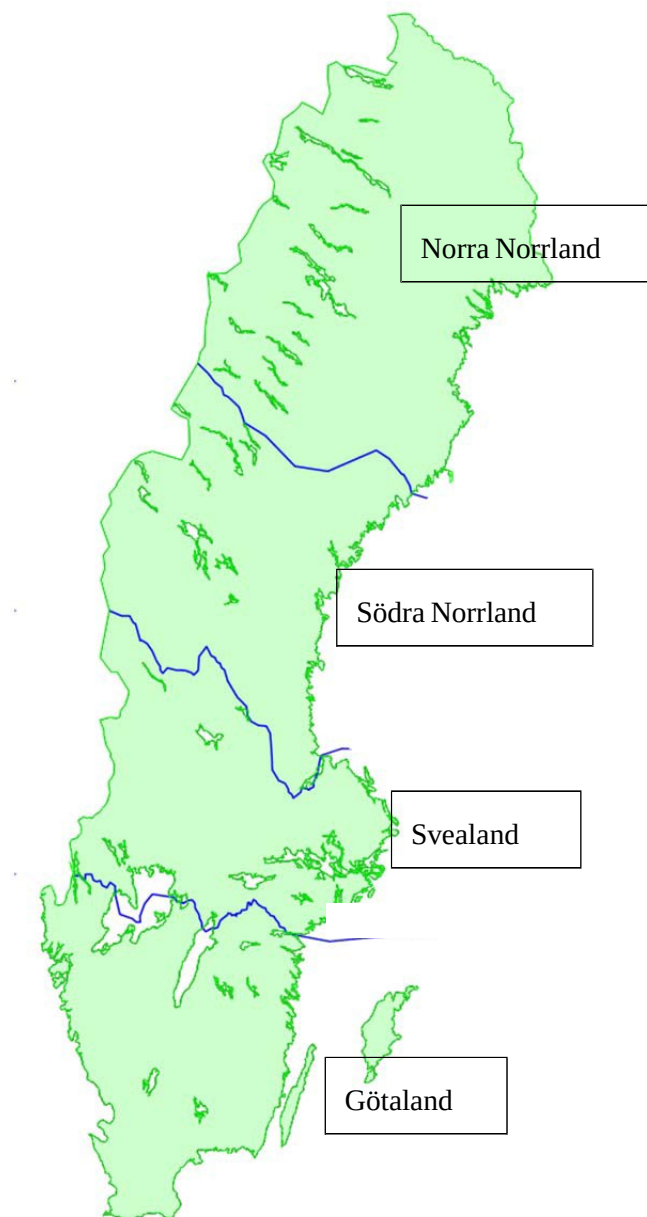
För varje ruta i vald region placerades en cirkel med den aktuella arean på rutan, med cirkelns mittpunkt i mitten av rutan. Efter detta steg beräknades 14-dygnsnederbörden, ackumulerad bakåt i tiden, på var och en av rutorna inom cirkeln (mer exakt alla rutor vars mittpunkt föll inom cirkeln). Sedan beräknas medelvärdet av dessa 14-dygnsvärden, och detta värde blir det tilldelade areella 14-dygnsvärdet för denna ruta.

Endast rutor där alla närliggande rutor inom denna 1000 km<sup>2</sup> cirkel faller inom samma region ingick i analysen. Detta för att närliggande regioners nederbörd inte ska influera värdet. Rutor nära kusten, där denna 1000 km<sup>2</sup> cirkel går utanför kusten förkastades också.

Maximalt snödjup Observera att motsvarande analys i den förra utvärderingen (Bergström m.fl., 2008) i stället gjordes för avrinningsområden av varierande storlek.

### 3.4 Maximalt snödjup

Det maximala snödjupet redovisas dels för hela Sverige och dels uppdelat på Norra Norrland, Södra Norrland, Svealand och Götaland. Uppdelningen åskådliggörs i Figur 7. Samma uppdelning används för analyserna av höga flöden.



Figur 7 Regionuppdelning för analys av snötäcke och flöden .

Ett stort snömagasin är en viktig komponent i riktlinjerna för dimensionerande flöden. I riktlinjerna föreskrivs att ett statistiskt beräknat 30-årsvärde på snötäckets vatteninnehåll används inför varje simulering av dimensionerande tillrinning. Denna snöstatistik beräknas i ett av beräkningsstegen i modellsimuleringen, vilket innebär att alla förändringar i snöackumulation beroende på ändrade väderförhållanden direkt inkluderas i beräkningarna.

Snöns vatteninnehåll mäts inte vid SMHI:s mätstationer, och därför har i stället snödjupsmätningar använts. Den digitala databasen för maximalt snödjup baseras på observationer vid 41 av SMHI:s klimatstationer mellan 1904/05 – 2017/18. Stationernas lokalisering framgår av Figur 8. Text och resultat för snödjupsanalysen har i stort hämtats från Wern (2015). Observera att det är skillnad på snödjup och vatteninnehåll i snön, vilket innebär att det maximala snödjupet inte nödvändigtvis är samma sak som snödjupet med maximalt vatteninnehåll.

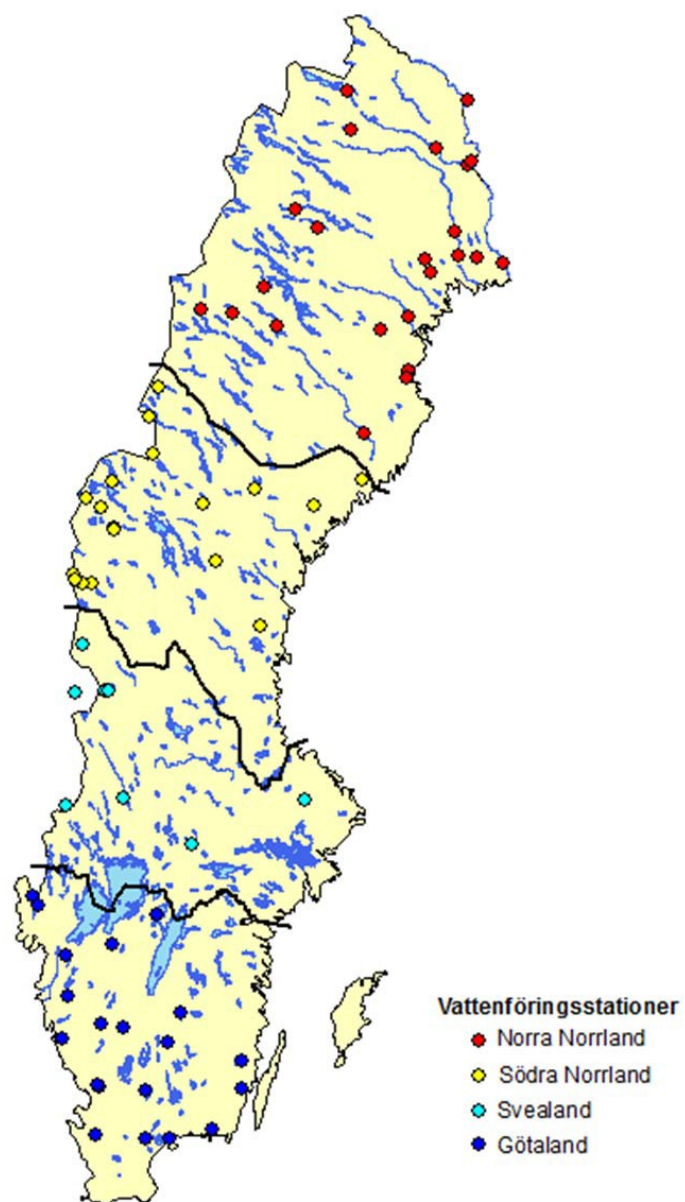
Sammanställningen har gjorts för hela vintersäsonger, dvs höst-vår, i stället för kalenderår. Detta för att undvika att ett års högsta snödjup uppmätts i december och nästkommande års i januari, fastän det handlar om samma snötäcke.



Figur 8 De 42 stationer vars data har använts för analyserna av vinterns största snödjup.

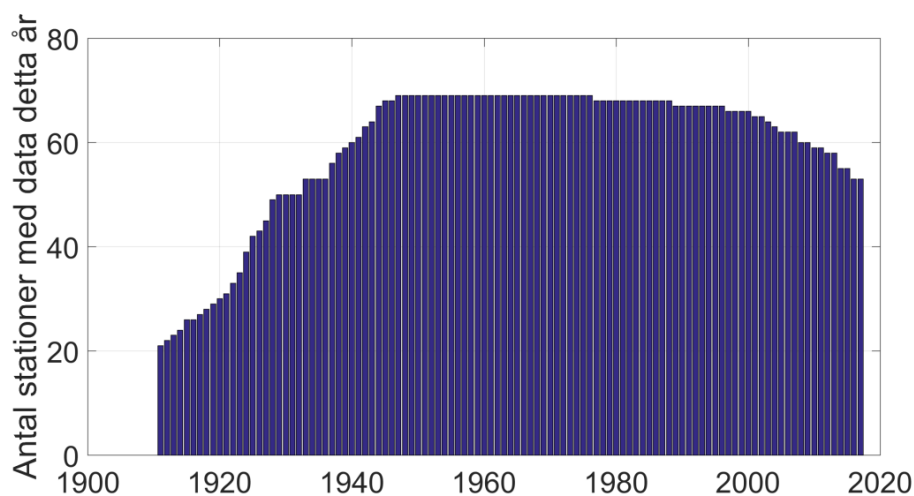
### 3.5 Höga flöden

Analysen av flöden baseras på 69 vattenföringsstationer i SMHI:s hydrologiska databas som har lång dataserie och är helt eller endast obetydligt påverkade av regleringar. De regioner som redovisningen avser är samma som för snödjup och återfinns i Figur 7. Lokaliseringen av stationerna redovisas i Figur 9 och det är huvudsakligen samma stationer som använts i Hellström och Lindström (2008).

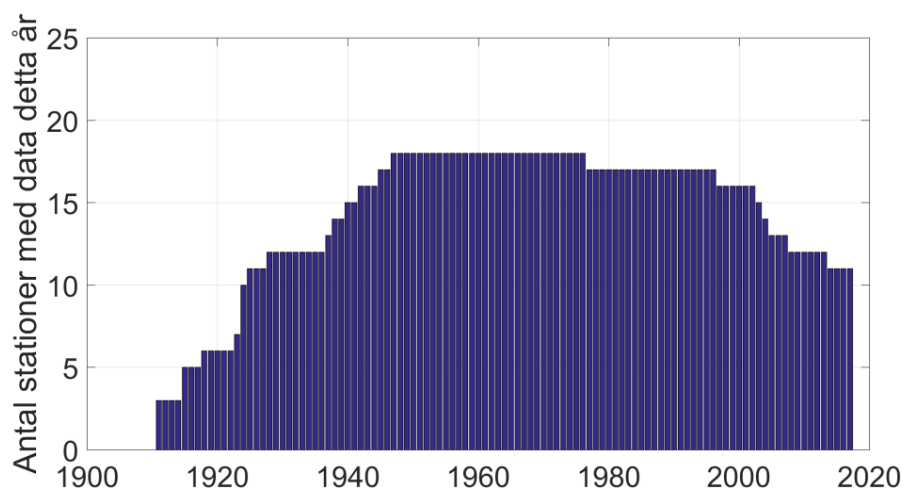


Figur 9 Lokaliseringen av de 69 vattenföringsstationerna som använts för flödesanalyserna.

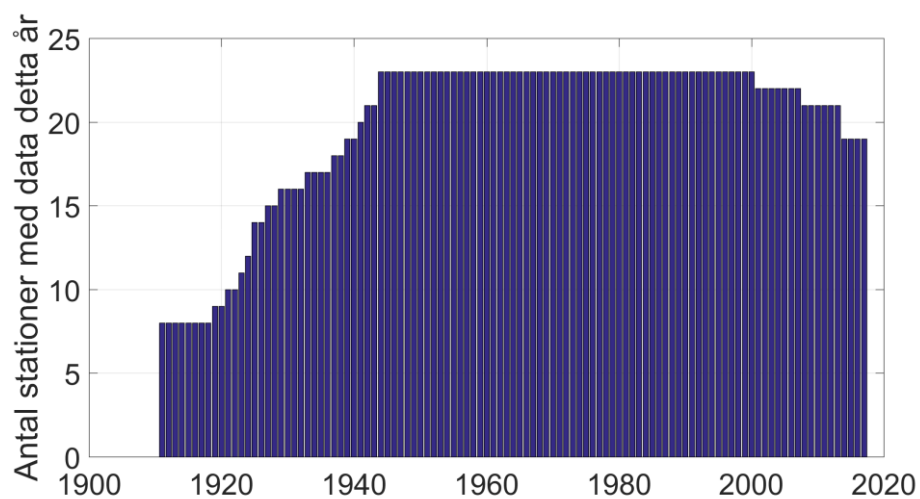
I figurerna nedan redovisas antalet stationer i SMHI:s databas som ingår i analyserna av flödestopparna. Observera att Svealand har betydligt färre stationer än andra regioner.



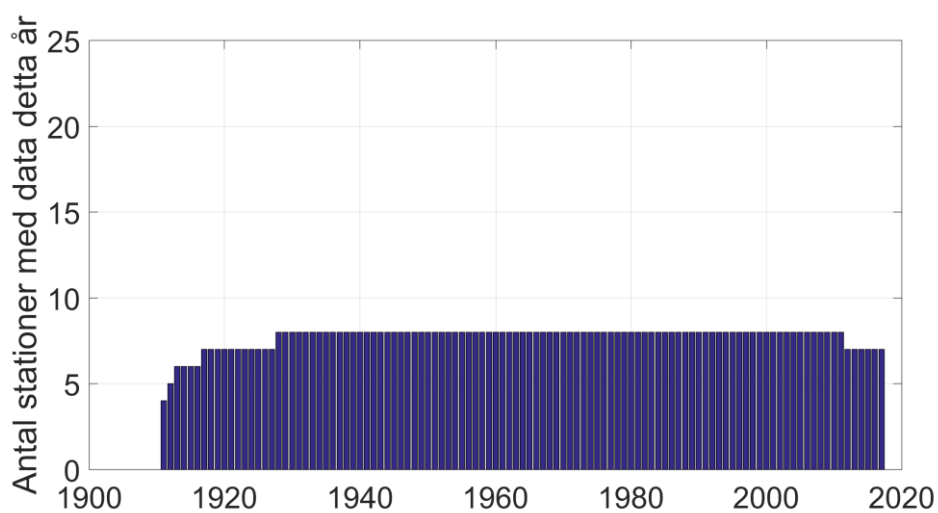
Figur 10 Antalet vattenföringsstationer i SMHI:s databas som använts i analyserna för hela Sverige.



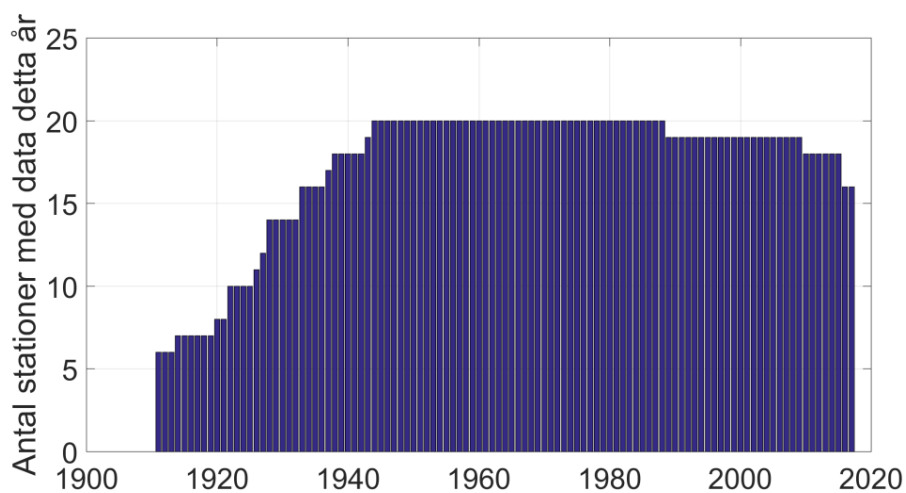
Figur 11 Antalet vattenföringsstationer i SMHI:s databas som använts i analyserna för norra Norrland.



Figur 12 Antalet vattenförsörjningsstationer i SMHI:s databas för de år som använts i analyserna för södra Norrland..



Figur 13 Antalet vattenförsörjningsstationer i SMHI:s databas som använts i analyserna för Svealand.



Figur 14 Antalet vattenförsörjningsstationer i SMHI:s databas som använts i analyserna för Götaland.

### 3.6 Extrem vind

Riktlinjerna föreskriver att effekten av vinduppstuvning i vattenmagasinen också ska beräknas. Den högsta antagna vindhastigheten ska vara 25 m/s i den mest ogynnsamma vindriktningen för vattenmagasin belägna ovanför trädgränsen. Motsvarande värde för magasin under trädgränsen är 20 m/s.

I föreliggande rapport redovisas den geostrofiska vinden, som är en slags idealiserad genomsnittlig vindhastighet beräknad från lufttrycksobservationer. På så vis kommer man ifrån inhomogeniteter som beror på olika mätinstrument, variationer i landskapet och bebyggelsens förändring, vilket skulle ha försvårat jämförelser över tid och plats. Det är bland annat skillnader i lufttryck som ger upphov till vind, och lufttrycksmätningar har varit mycket stabila under lång tid.

Med hjälp av lufttrycksobservationer, latitud och luftens densitet vid tre klimatstationer, som bildar en ungefärligt liksidig triangel, kan man tillsammans med luftens densitet och latituden beräkna den geostrofiska vinden. Stationernas lägen återfinns i Figur 42. Till skillnad från vindmätningar är lufttrycksmätningar i stort sett oberoende av omgivningarna och homogena över tiden. Dessutom finns det långa tidsserier av lufttryck varför variationer över tiden kan studeras med denna metod. För mer beskrivning av metodiken, se Wern och Barring (2009).

### 3.7 Statistiska metoder

Data från SMHI:s väderstationer har hämtats från SMHIs databas. Data har sammanställts till diagram och kartor. I många diagram finns en utjämnad linje, ett s.k. Gaussfilter, för att lättare se variabelns variationer. Denna kurva motsvarar ungefär ett tioårs medelvärde.

Frekvensanalysen på flödet gjordes på följande sätt: För varje flödesserie togs alla årsmax ut. Årsmax från år med mindre än 75% datatäckning förkastades. Sedan anpassades en gumbelfördelning till dessa årsmax med momentmetoden. Från denna gumbelfördelning beräknades sedan återkomstnivåer på vanligt sätt genom att beräkna percentiler från denna gumbelfördelning. T-årsflödet motsvarar percentil  $100 \cdot (1 - 1/T)$  från fördelningen.

### 3.8 Förhållande mellan klass I-flöde och 100-årsflöde

Underlaget till uppföljningen som görs här är data från senare beräkningar för översiktlig översvämningsskartering åt MSB, data finns i rapporter och modeller på MSBs hemsida. Underlaget är begränsat till oreglerade eller måttligt reglerade vattendrag och är i huvudsak nya beräkningar som inte ingick i Brandestens m.fl. (2006) underlag. I allmänhet har det varit kvoten mellan Klass I-avrinning och 100-årsflöde, men undantag kan finnas där det avser tillrinning. För dessa beräkningar är i de allra flesta fall skillnaden mellan tillrinningen och avrinningen försumbar då de sällan avser större sjöar eller magasin.

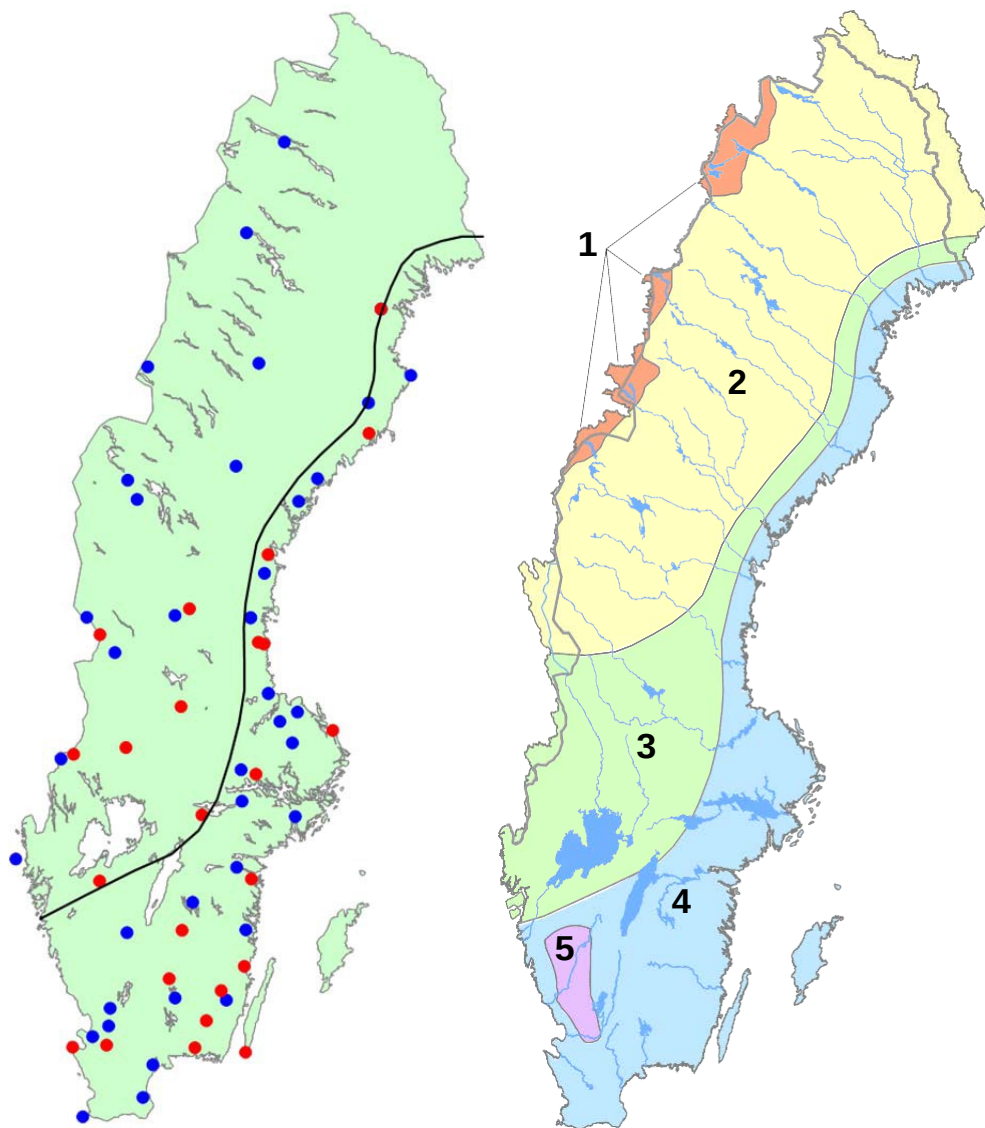
## 4 Resultat

### 4.1 Extrem arealnederbörd

#### 4.1.1 Nederbörd under 24 timmar och 1000 km<sup>2</sup>

Nederbörden dag 9 i riktlinjernas regnsekvens har den största regnmängden och för att bedöma om senare års regnhändelser ger anledning att justera värde på dag 9-regnet har nedanstående analyser gjorts.

I Figur 15 visas var nederbördshändelserna vid klimatstationerna med nederbörd på minst 90 mm över 1000 km<sup>2</sup> och 24 timmar varit belägna i förhållande till den regionindelning som använts.



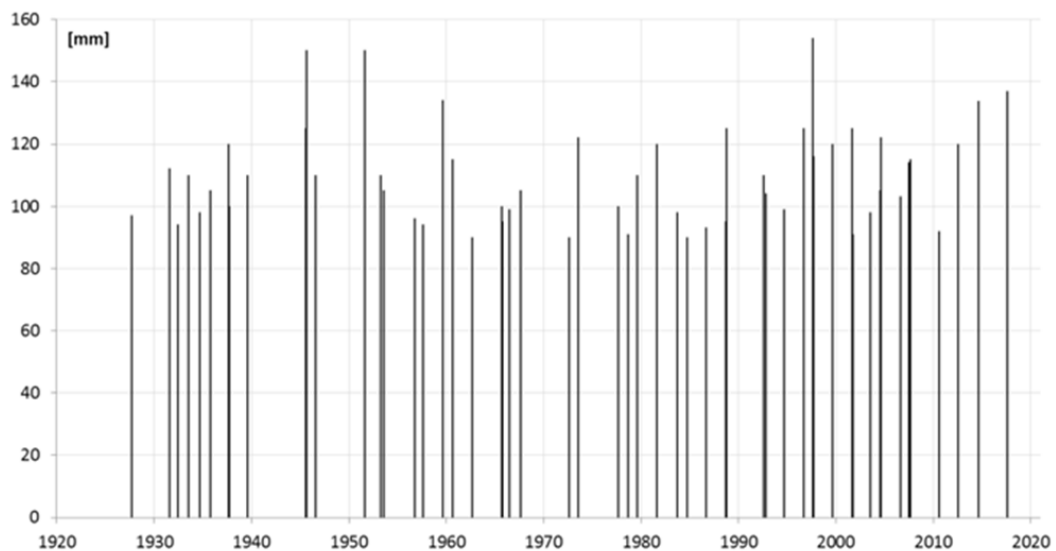
Figur 15 Det geografiska läget för observerade fall med nederbördsmängder på minst 90 mm under 24 timmar på ett område av 1000 km<sup>2</sup>. Perioden 1926-1990 i blått och 1991-2018 i rött. Linjen i vänstra kartan visar gränsen mellan region 3 och 4.

Förarbetet gjordes genom att manuellt gå igenom nederbördsjournaler för att hitta tillfällen med minst 60 mm under 24 timmar. För de valda datumen utfördes beräkningar och sammanställningar för att erhålla nederbördsmängder på 24 timmar inom 1000 km<sup>2</sup>. Resultatet plottades på karta och isolinjer (isohyeter) drogs.

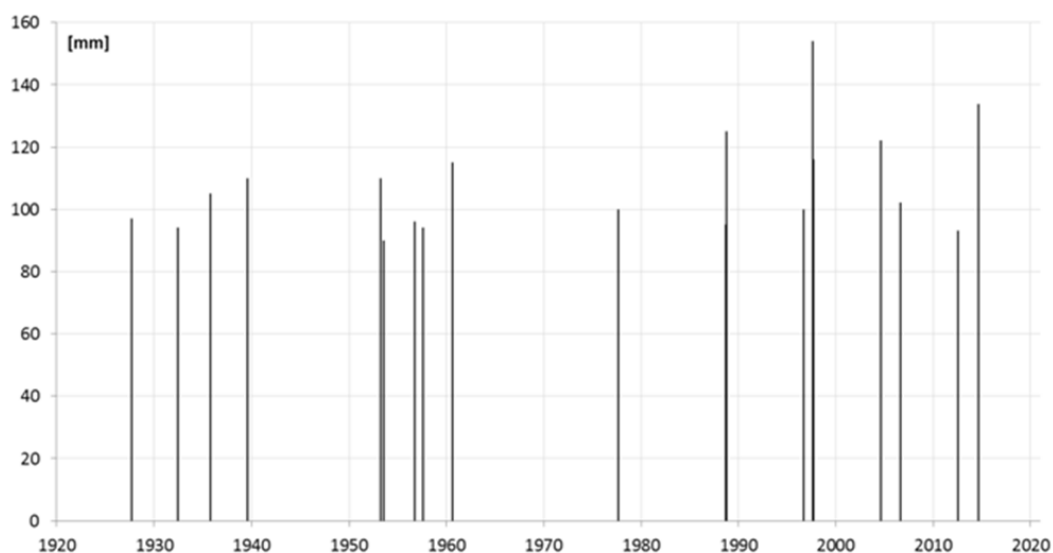
Under efterkommande år har man fortsatt att göra manuell statistik och uppföljning av denna typ av regn genom handanalyser av ytterligare minst två erfarna meteorologer. Det finns dock alltid en subjektivitet i denna typ av analyser, hur erfarna de som utför analyserna än är, och speciellt i områden där det är långt mellan nederbördsstationerna.

Figur 16 visar regntillfällena med störst nederbörd för perioden 1926 – 2018. Figuren avser värden lika med eller större än 90 mm på 24 timmar över en yta på 1000 km<sup>2</sup>. Således är dessa värden jämförbara med nederbörden dag 9 i den dimensionerande nederbördssekvensen i Figur 2. Vissa år har det inträffat flera gånger att nederbörden varit över 90 mm och då finns fler än en stapel för det året.

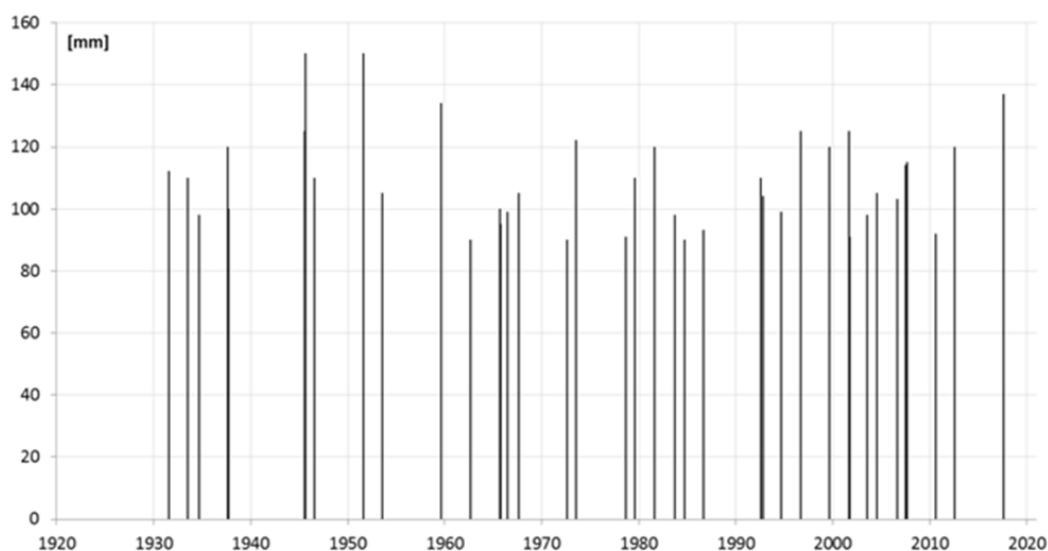
I Figur 17 och Figur 18 redovisas värdena år från år, uppdelade på regionerna 1-3 respektive 4-5 med denna manuella metod.



*Figur 16 Observerad 24-timmars nederbörd lika med eller större än 90 mm över en yta på minst 1000 km<sup>2</sup> för hela Sverige åren 1926-2018.*



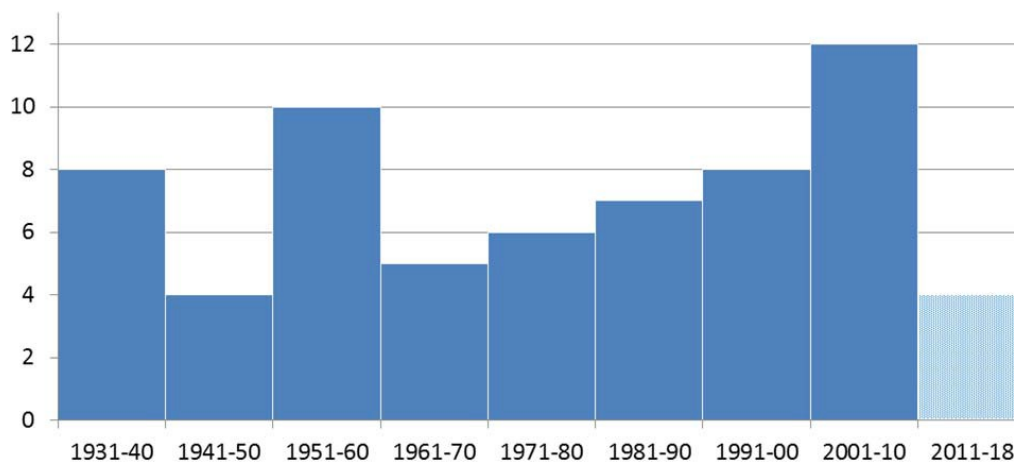
Figur 17 Observerad 24-timmars nederbörd lika med eller större än 90 mm över en yta på minst 1000 km<sup>2</sup> för region 1-3 åren 1926-2018.



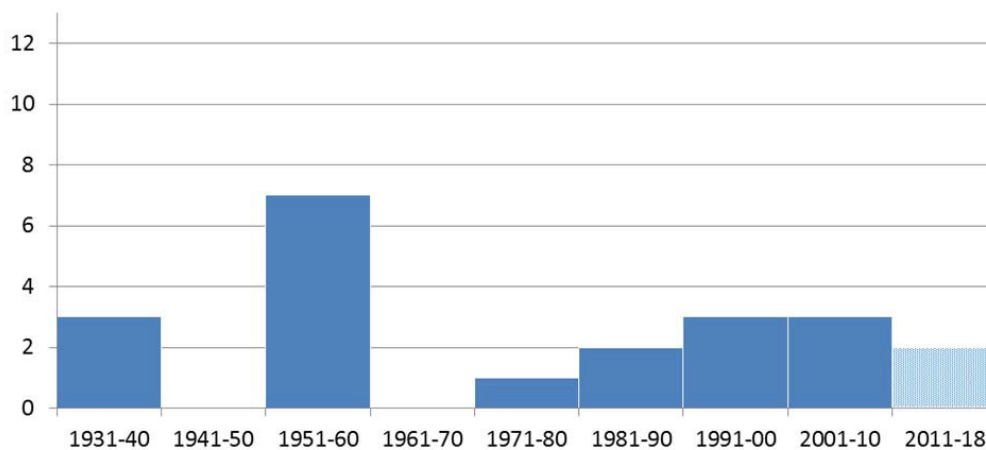
Figur 18 Observerad 24-timmars nederbörd lika med eller större än 90 mm över en yta på minst 1000 km<sup>2</sup> för region 4-5 åren 1926-2018.

Det har blivit fler tillfällen med hög nederbörd efter 1990, men de högsta värdena har inte ökat, utan variationerna mellan år är likartade under den analyserade perioden.

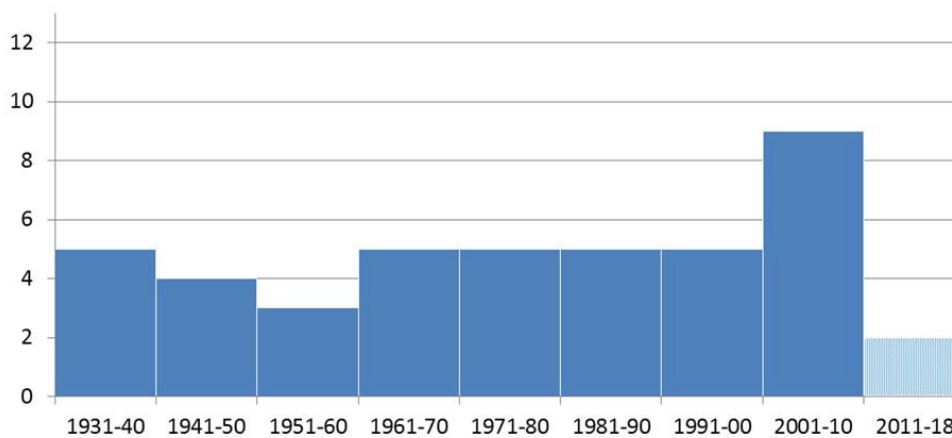
Figur 19, Figur 20 och Figur 21 visas antalet nederbördstillfällen med den manuella metoden per 10-årsperiod för perioden 1930-2018 för hela Sverige samt regionerna 1-3 respektive 4-5. Observera att perioden 2011-18 bara täcker 8 år.



Figur 19 Antalet observerade 24-timmars regn på minst 90 mm i hela Sverige över en yta på 1000 km<sup>2</sup> per 10-årsperiod.



Figur 20 Antalet observerade 24-timmars regn på minst 90 mm i region 1-3 över en yta på 1000 km<sup>2</sup> per 10-årsperiod.



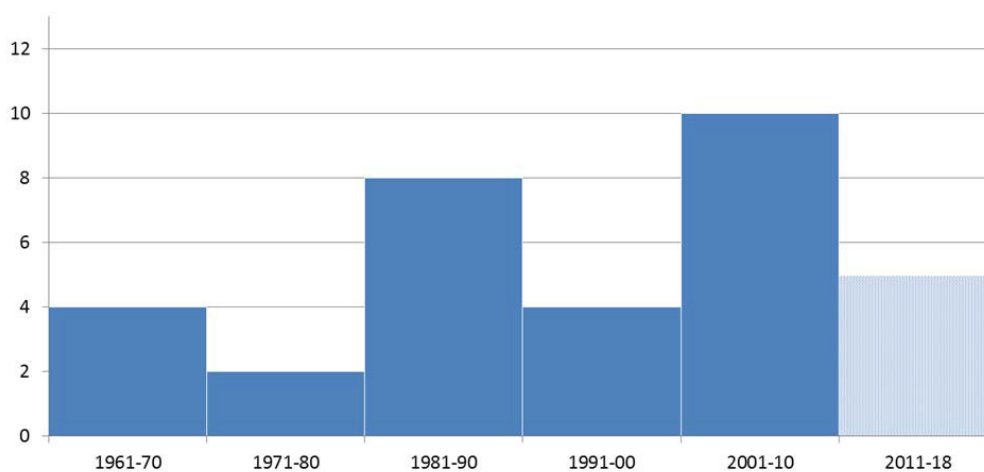
Figur 21 Antalet observerade 24-timmars regn på minst 90 mm i region 4-5 över en yta på 1000 km<sup>2</sup> per 10-årsperiod.

2000-talets första decennium uppvisar många tillfällen med hög nederbörd i region 4-5, men det går inte att se några långsiktiga trender i figurerna.

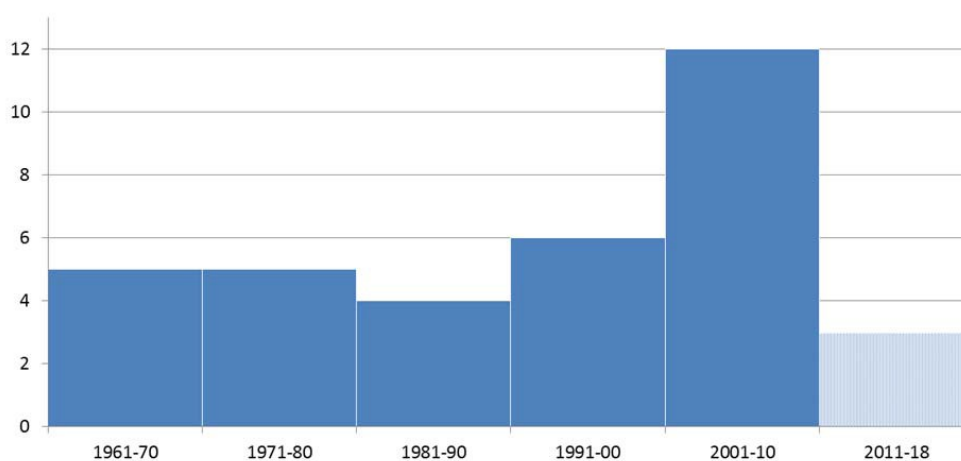
För att undvika subjektiviteten har det nu tagits fram en ny metod att analysera extrem areell nederbörd med en något modifierad definition som är objektiv så långt det går, se kapitel 4.1.2 nedan. Den nya något modifierade metoden är dessutom enklare och snabbare att använda.

#### 4.1.2 Nederbörd under 2 dygn och 1000 km<sup>2</sup>

Analys av den areella 2-dygns- nederbörden 1961-2018 med minst 90 mm (enligt Olsson m.fl., 2017) har gjorts med den mer objektiva metod som beskrivs i avsnitt 3.2. Resultatet uppdelat på region 1-3 respektive region 4-5 återfinns i Figur 22 och Figur 23.



Figur 22 Antal tillfällen med minst 90 mm regn på två dygn över 1000 km<sup>2</sup> i region 1-3.



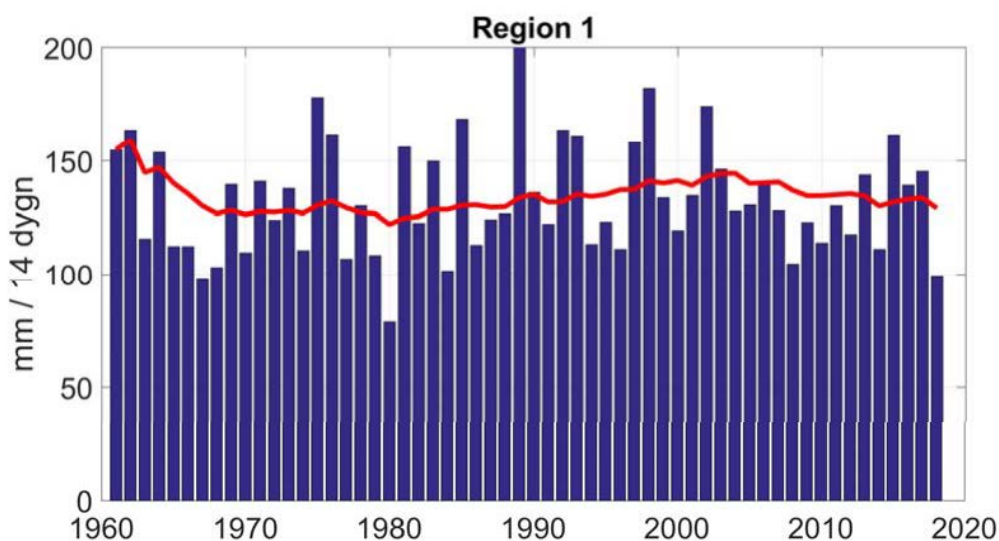
Figur 23 Antal tillfällen med minst 90 mm regn på två dygn över 1000 km<sup>2</sup> i region 4-5.

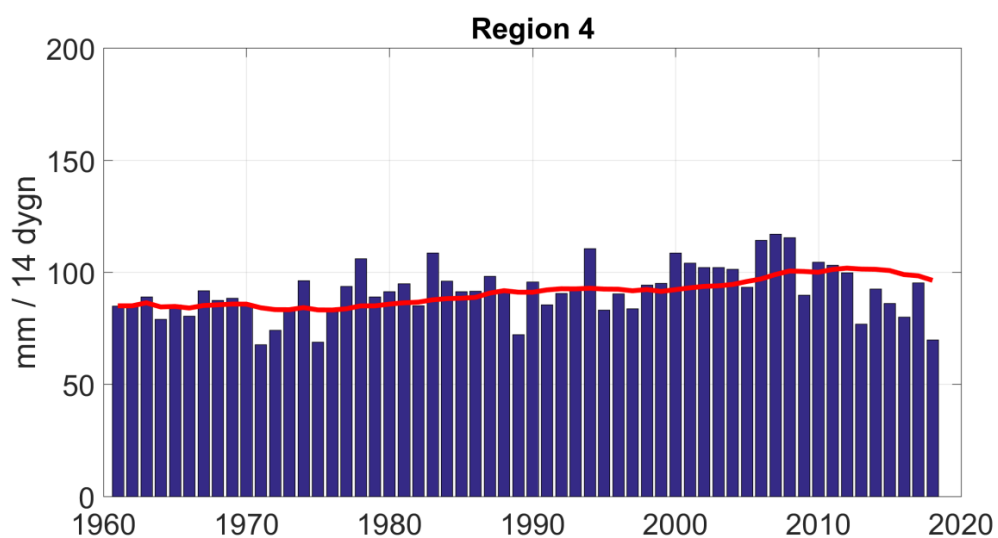
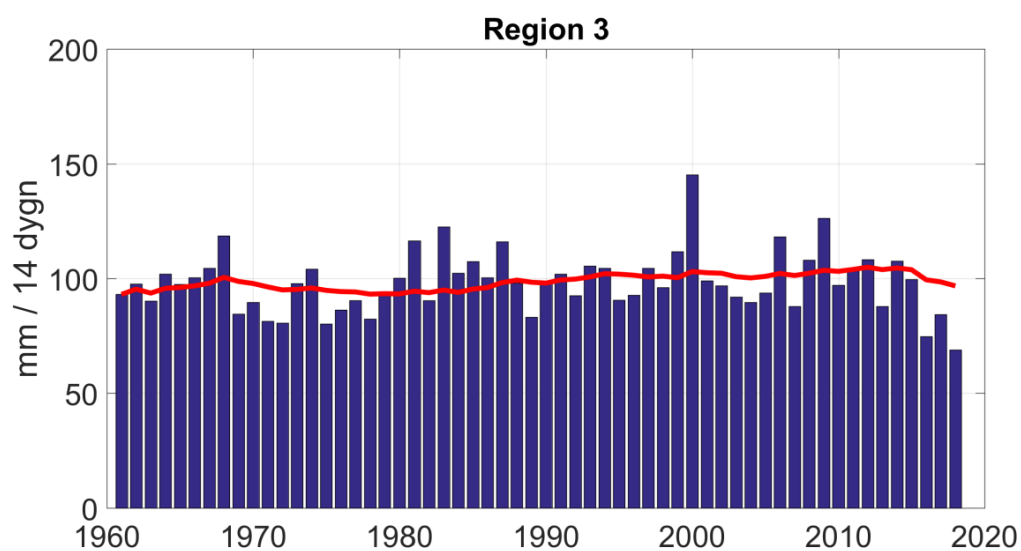
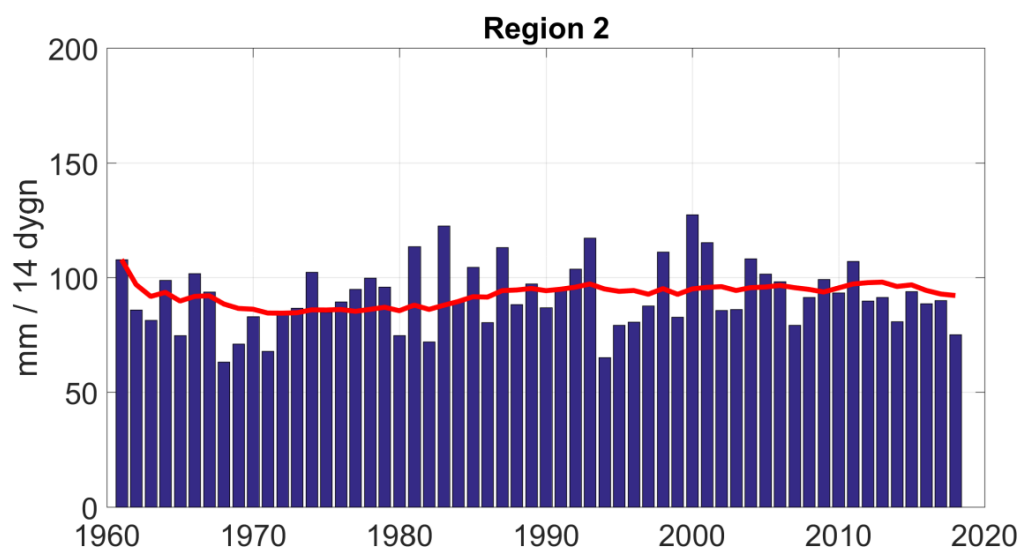
Vid jämförelser mellan tillfällena med 24-timmarsregn och 2-dygnsregn ses att det generellt har registrerats fler tillfällen när nederbörden räknas över två dygn, vilket är logiskt. Men Figur 23 visar också färre tillfällen 1981-1990 än vad som finns i Figur 21. Detta visar på de skillnader som kan uppstå vid jämförelser mellan strikt objektiva respektive manuella utvärderingsmetoder. I detta fall har sannolikt ett nederbördstillfälle bedömts höra till olika regioner i respektive sammanställning.

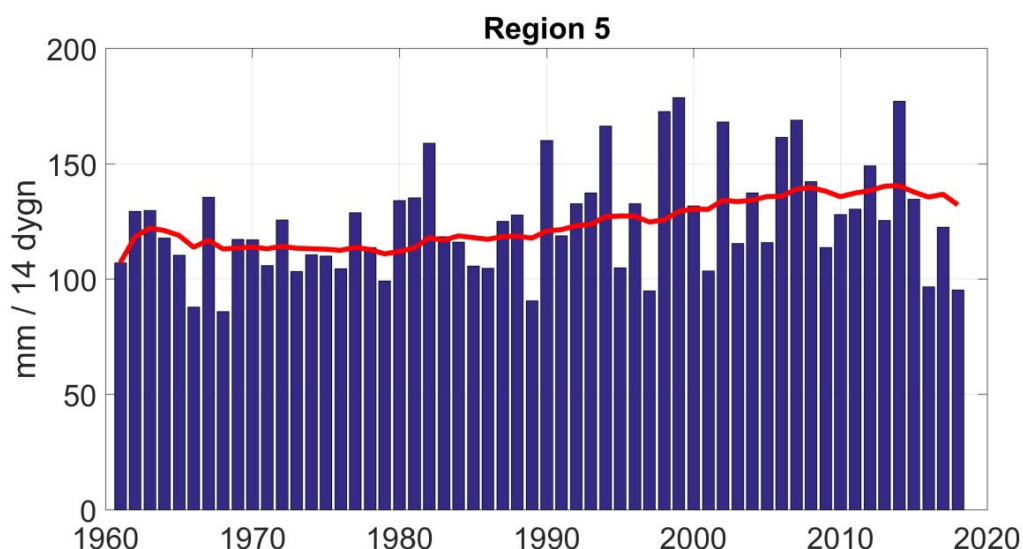
En stor ansamling av hög nederbörd syns under perioden 2001-2010, men de efterföljande åtta åren uppvisar i stället ett lågt antal tillfällen, och det syns inga långsiktiga trender i figurena.

#### 4.1.3 Den högsta ackumulerade nederbörden över 14 dygn och 1000 km<sup>2</sup> - medelvärden

Denna analys har gjorts för att undersöka om den totala nederbördsvolymen i riktlinjernas regnsekvens behöver justeras på grund av regnhändelser under de år som förflutit efter 1990. Den griddade databasen, beskriven i avsnitt 3.3, har använts för analyserna och resultatet för var och en av regionerna i Figur 1 visas i Figur 24 nedan. Observera att värdena inte är viktade med avseende på regionens storlek. Staplarna representerar ett medelvärde över hela regionen och är därmed inte direkt jämförbara med den extrema nederbördssumma som finns i riktlinjerna för regnsekvensen i varje region. Den analys som nu gjorts klargör bara om 14-dygns nederbördsvolymer ser olika ut för olika perioder. Motsvarande analys i den förra utvärderingen (Bergström m.fl., 2008) gjordes i stället för avrinningsområden av varierande storlek, vilket gör att resultaten inte är helt jämförbara.







Figur 24 Medelvärden för den högsta nederbördssumman över 14 dygn och 1000 km<sup>2</sup> för varje region i den griddade databasen år för år. Den röda linjen är ett flytande 10-årsmedelvärde framtaget med ett Gauss-filter.

Observera att här redovisas värden även de år som inte haft extremt höga nederbördsvolymer, medan det i figurerna för 24-timmarsregn inte finns med några värden de år som inte nått upp till 90 mm.

Vissa nederbördsrika år kan urskiljas, t ex 2000 i region 2 och 3, och i region 4 och 5 kan en viss tendens till en ökning av 14-dygnsvolymen anas medan regionerna 1-3 inte uppvisar samma mönster. Sett över en längre period kan ingen trend påvisas.

I Tabell 3 nedan visas långtidsmedelvärdet av dessa medelvärden för perioderna 1961-1990 respektive 1991-2018.

Tabell 3 Långtidsmedelvärden för varje region av den högsta nederbördssumman över 14 dygn och 1000 km<sup>2</sup> över perioderna 1961-1990 respektive 1991-2018.

|                | Region 1 | Region 2 | Region 3 | Region 4 | Region 5 |
|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1961-1990      | 131      | 90       | 97       | 88       | 117      |
| 1991-2018      | 133      | 92       | 98       | 92       | 125      |
| Förändring (%) | +2       | +2       | +1       | +5       | +7       |

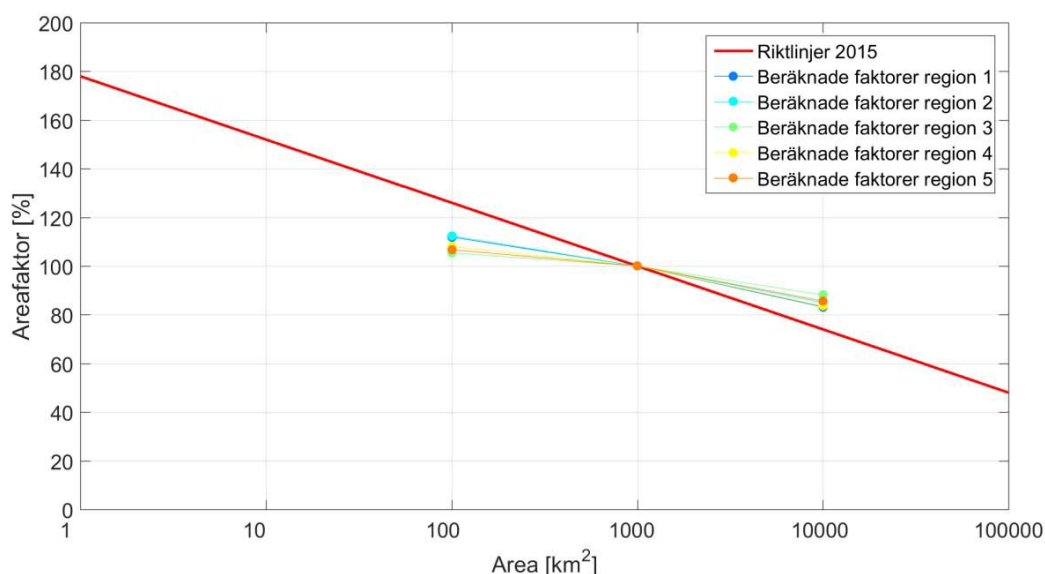
Analysen är i överensstämmelse med Figur 24 ovan och visar i princip oförändrade värden för regionerna 1-3 och en viss ökning i regionerna 4 och 5 för perioden efter 1990. Ökningen är mindre än den som kunde ses i den tidigare uppföljningen (Bergström m.fl., 2008). Resultatet är likadant för analys över 100 och 10 000 km<sup>2</sup>.

#### 4.1.4 Jämförelser av det högsta ackumulerade nederbördsvärdet på 14 dygn över 100, 1000 respektive 10 000 km<sup>2</sup>.

Motsvarande analys som ovan har gjorts, utgående från den griddade databasen, men i stället för ett medelvärde har det högsta värdet varje år av den ackumulerade nederbörden över tre olika stora arealer: 100, 1000 respektive 10 000 km<sup>2</sup>, sammanställts. Detta behövs för att undersöka om den arealkorrektion som används i riktlinjerna, se Figur 3, behöver korrigeras. Samma korrektion används för 14-dygnssekvensen och för nederbörden dagen med det högsta värdet i sekvensen (dag 9).

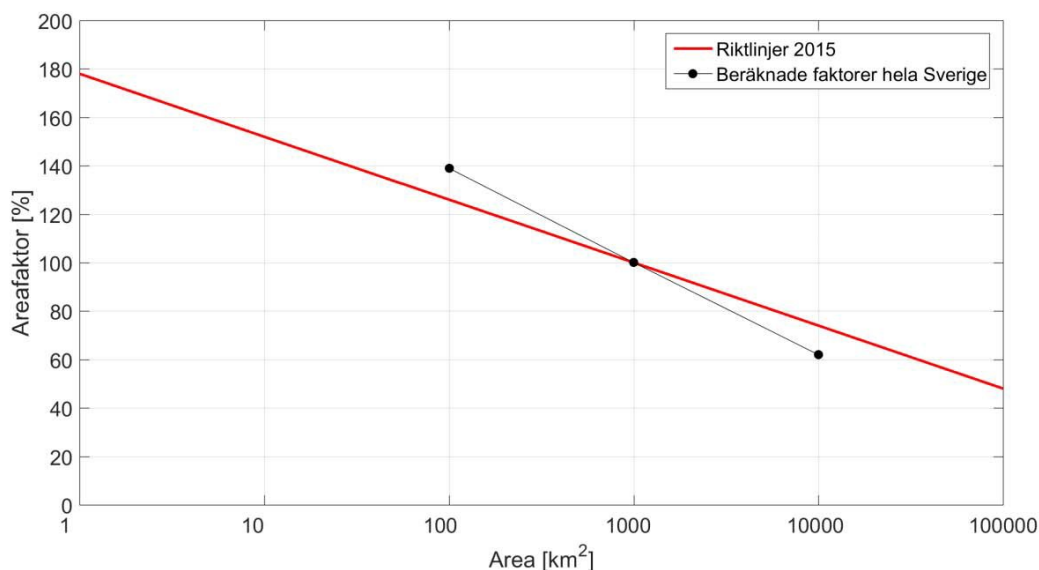
Medelvärdet av alla maxvärdena i respektive region har beräknats och lagts in i figuren med den rätta linjen i Figur 3.

Resultaten åskådliggörs i Figur 25 nedan.



Figur 25 Anpassning till formeln för arealkorrektionen av medelvärdet av alla regioners högsta 14-dygnsnederbörd över tre olika stora arealer.

Resultatet är likartat för alla regionerna och visar en något flackare kurva än den ursprungliga, baserat på data från 1881-1988 (Flödeskommittén, 1990) och som finns i gällande riktlinjer (Svensk Energi, m.fl., 2015). Jämförelsen försvåras av att den nu använda analysen inte använder samma metodik och databas som när riktlinjernas arealkorrektion togs fram 1990. Den analysen baserades i stället på höga mätvärden från nederbördsstationer mellan 1881 och 1988 för att ta fram nederbördsmängden dagen med den högsta nederbörden (dag 9 i sekvensen). Stationsdata omräknades till arealnederbörd och värden motsvarande minst 90 mm över 1000 km<sup>2</sup> och minst 70 mm över 10 000 km<sup>2</sup> togs med i den fortsatta analysen och approximerades till en rät linje i ett linjär-logaritmiskt diagram. Rapporten framhåller att den valda kurvan är förhållandevis väl förankrad i observerade dygnsvärden, men att den innebär betydande approximationer. Arealnederbörden under resten av 14-dygnssekvensen relaterades till en station som var centralt belägen inom området. (Flödeskommittén, 1990, Bilagorna A och B). Analysen baseras på enstaka tillfällen med hög nederbörd sett över hela landet, med jämförelser för olika regioner för att ta fram kurs sambandet, medan analysen i Figur 25 ovan representerar ett medelvärde av alla regioners högsta årsvärde. En annan sammanställning visas i Figur 26 nedan, där i stället det högsta maxvärdet för hela Sverige över respektive areal har lagts in i samma diagram som den rätta linjen i Figur 3.



Figur 26 Anpassning till formeln för arealkorrekturen av det högsta värdet av alla regioners högsta 14-dygnsnederbörd över tre olika stora arealer

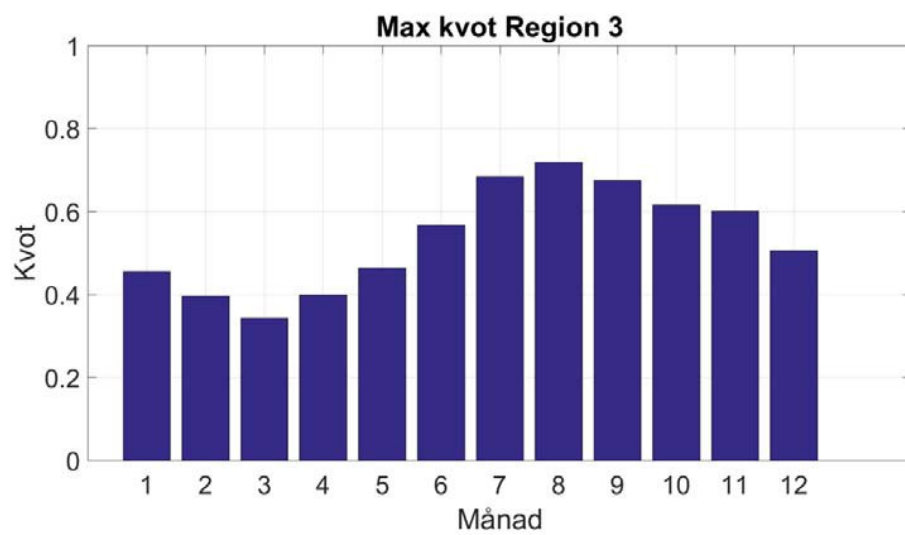
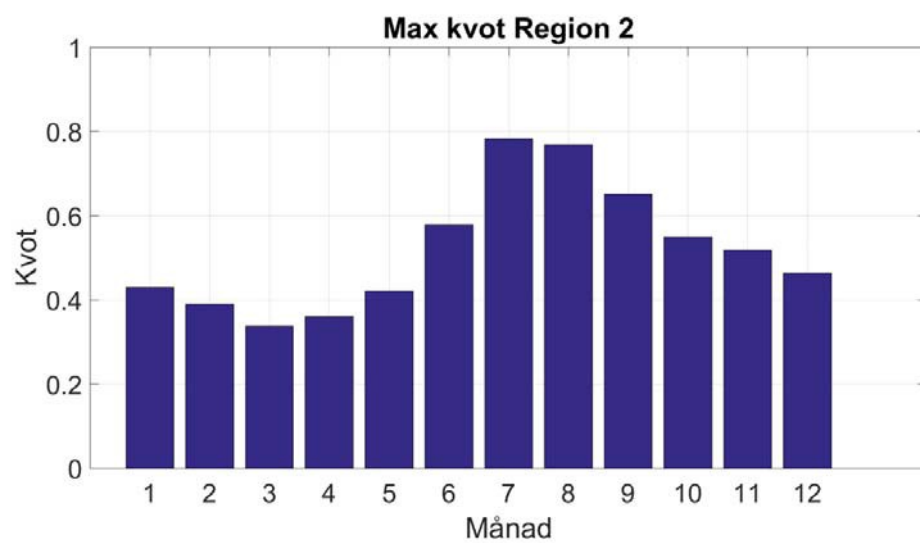
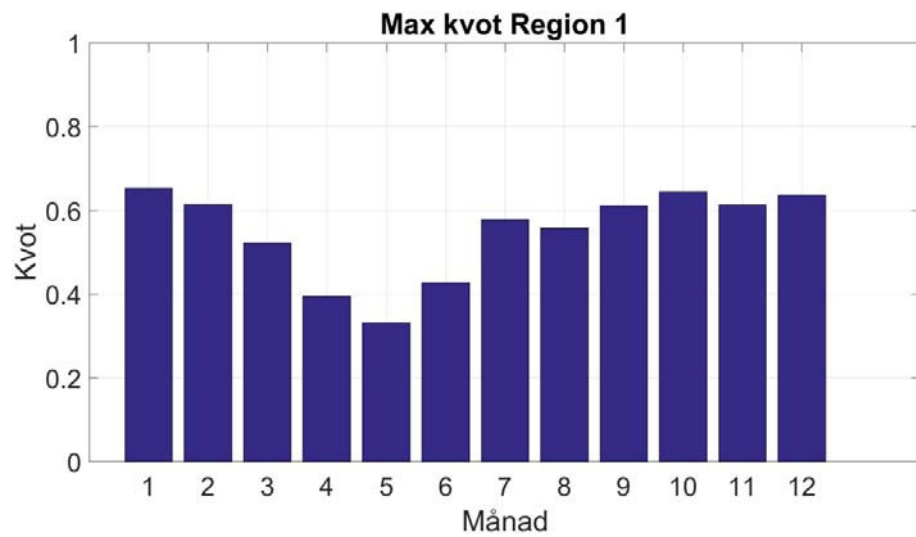
Av Figur 25 och Figur 26 ses att linjen för riktlinjernas korrekturen ligger mitt emellan de nu skapade linjerna. Man kan också se det som att den ursprungliga metodiken ligger någonstans mellan de i Figur 25 och Figur 26 använda metoderna, vilket kan indikera att riktlinjerna inte bör justeras i dagsläget. Varken övriga analyser av stora regnmängder i föreliggande rapport eller resultat i SMHI:s analys av extremregn (Olsson m.fl., 2017) visar att det skett en tydlig förändring i de höga nederbördsvärdena under perioden efter 1990, vilket också kan tas som ett tecken på att arealkorrekturen i riktlinjerna inte behöver ändras i dagsläget.

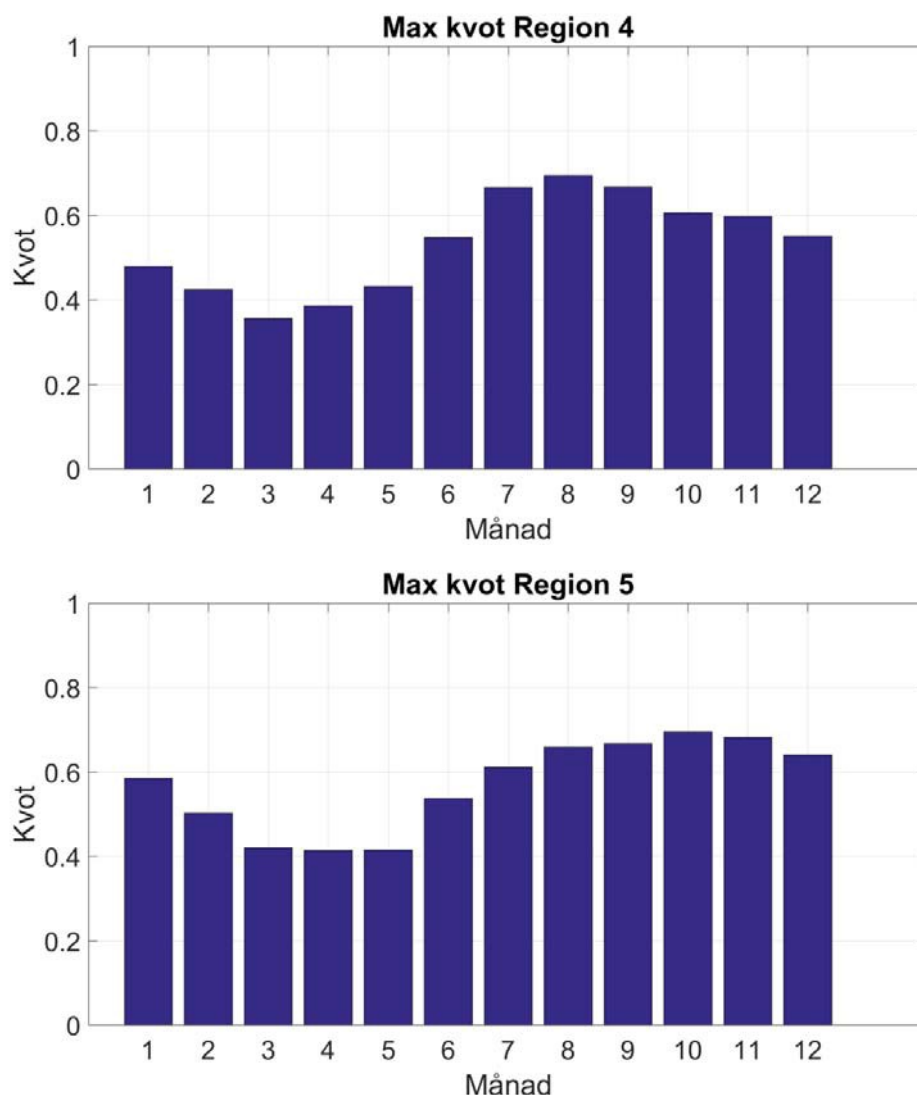
Endast dygnssummor av nederbörd används i beräkningarna och i denna uppföljning. Arealkorrekturens samband gäller för områden ner till 1 km<sup>2</sup>, men i riktlinjerna påpekas att det finns anledning att studera om högre tidsupplösning än dygn kan ge nederbördsvärden som kan ställa högre krav på avbördningsförmågan i dessa små avrinningsområden. Att med den här tillämpade metodiken göra analyser av arealkorrekturen ned till mindre områden än 100 km<sup>2</sup> har bedömts som tveksamt och har därför inte gjorts. Någon utvärdering av den uppdelning av nederbördssekvensens dygn 9 till timupplösning som redovisas i KFR (2005) har heller inte gjorts. Det kan dock konstateras att den uppdelningen bygger på ett begränsat dataunderlag och av den anledningen möjligen skulle behöva ses över.

#### 4.1.5 Säsongsfördelning av areell nederbörd

Riktlinjerna innehåller även en säsongsvis justering av den extrema nederbördssekvensen (Figur 2). En analys har gjorts av förhållandet mellan den högsta ackumulerade nederbörden över 14 dygn för varje månad, hämtad från den griddade databasen, och varje års motsvarande högsta värde under åren 1961-2018. Medelvärden för 1961-2018 redovisas i Figur 27 nedan som en kvot mellan månadsmax och årsmax för regionerna 1-5.

Det dominerande mönstret i riktlinjernas årstidskorrekturen (se Figur 4) är att korrekturen i region 1 minskar under april till mitten av juli, med ett minimum 30 april, medan den för de andra regionerna ökar från maj till mitten av november, med högsta värdet 16 juli till 15 augusti, beroende på att risken för extremt hög nederbörd inom dessa regioner är störst under hög- och sensommaren. Detta mönster går att se även i figurerna nedan.





Figur 27 Kvoten mellan månadsmax och årsmax för nederbördssumman över 14 dygn uppdelat på de fem regionerna.

I de första riktlinjerna (Flödeskommittén, 1990, avsnitt 4.4 samt Bilaga B) finns liknande staplar över månadsnederbörden framtagna för perioden 1881-1988 som underlag för beräkning av årstidskorrektionerna. Men på y-axeln var det då i stället varje månads högsta värde i förhållande till värdet den högsta månaden, i stället för kvoterna mot årsmax som återfinns i Figur 27 ovan. Det är olika sätt att visa årsfördelningen på, och en jämförelse av de båda analyserna visar en mycket likartad fördelning över året, vilket visar att det årsvisa nederbördsmönstret inte har förändrats under perioden efter 1988.

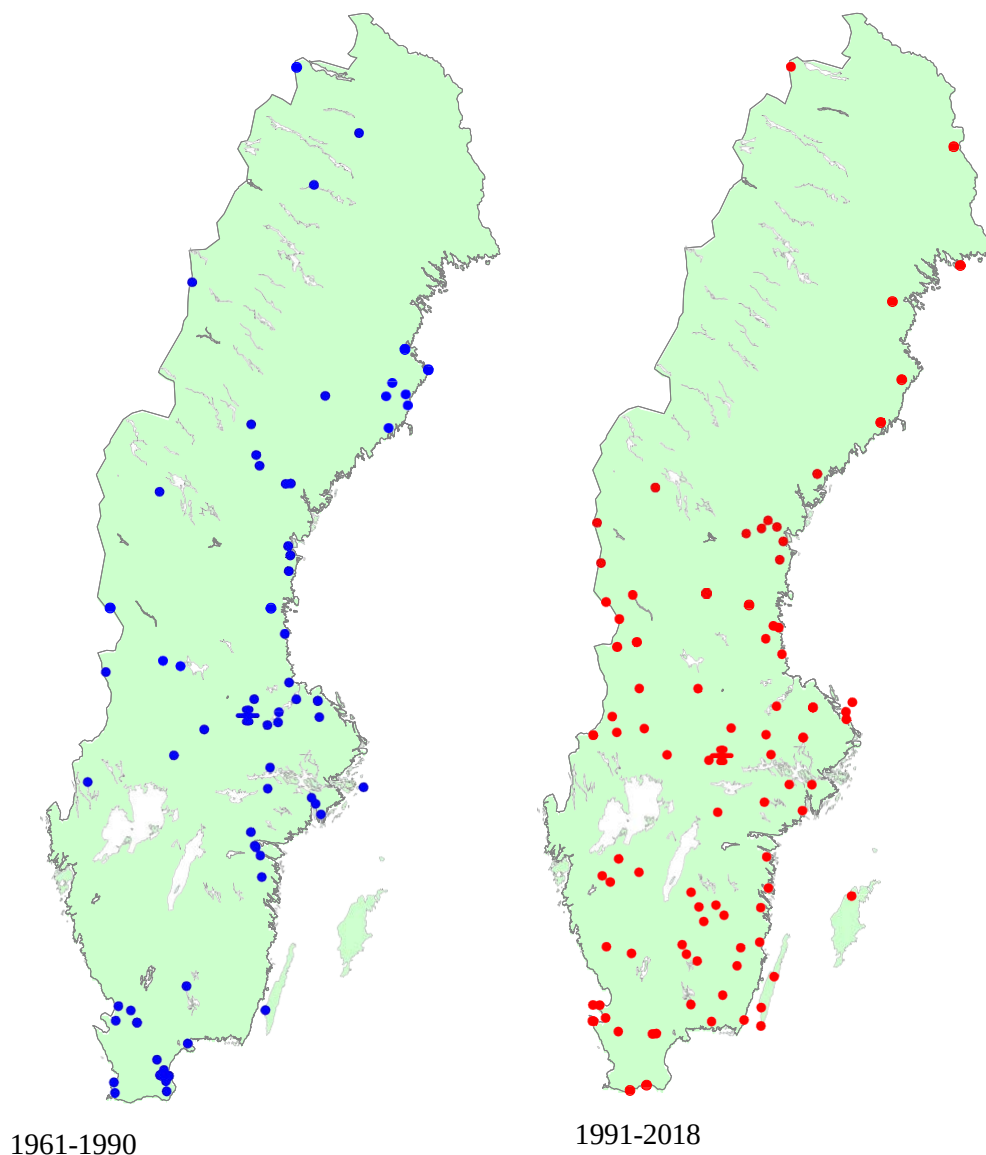
Reovisningen i Figur 34 och Figur 35 av fördelningen av punktnederbörd under året anger i stället antalet tillfällen men nederbörd över 90 mm på 24 timmar, på samma sätt som redovisningen gjordes i den tidigare uppföljningen (Elforsk, 2008).

## 4.2 Extrem punktnederbörd

Till skillnad från areell nederbörd, som beskrivs i föregående avsnitt, representerar mängden nederbörd vid en enskild mätstation, den s.k. punktnederbörden, ett mycket intensivt nederbördsfall vid en mätplats. Statistiken över punktnederbörd är också mycket viktig, eftersom riktlinjerna gäller ner till så små areor som 1 km<sup>2</sup>. Denna statistik ger dessutom en generell överblick över hur intensiva regntillfällen har varierat över olika perioder och olika regioner.

### 4.2.1 Antal nederbördsdygn

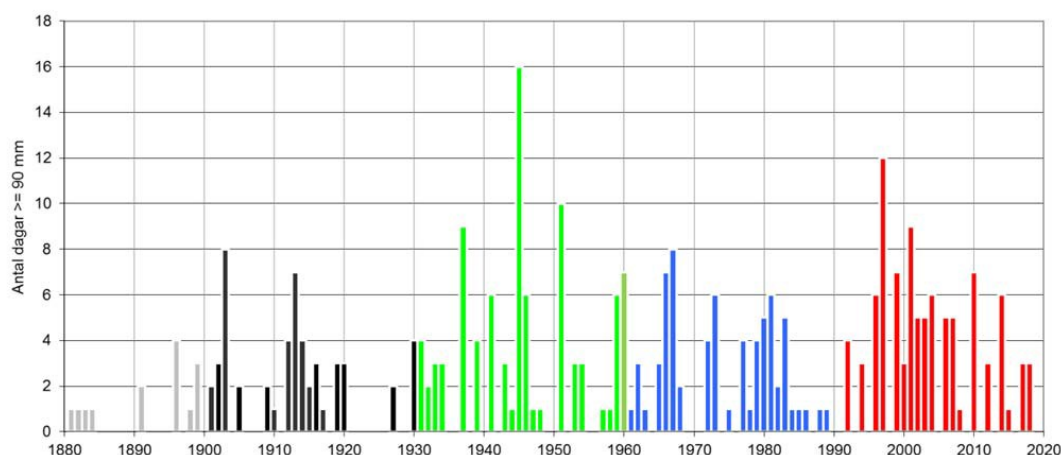
I Figur 28 redovisas i kartform hur de extrema regntillfällena vid enstaka stationer fördelas geografiskt över Sverige.



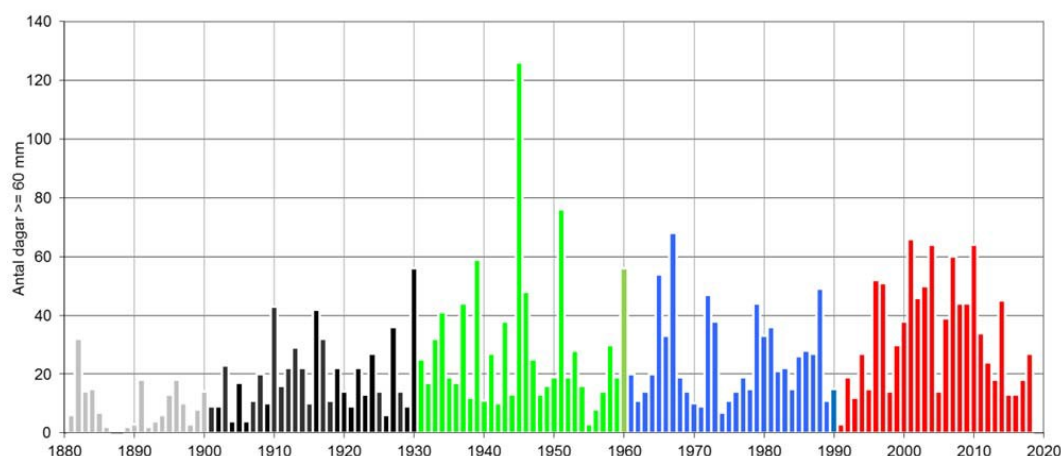
Figur 28 Geografisk fördelning av observerad punktnederbörd på minst 90 mm per 24 timmar för perioden 1961-1990 respektive 1991-2018. Tyngdpunkten för stationskoordinaterna har markerats med ett kryss.

Det är tydligt att perioden efter 1990 har betydligt fler tillfällen med extrema regn, men den regionala fördelningen är ändå relativt likartad mellan de två perioderna. Det är ett tydligt minimum utmed västkusten och i norra Norrland, förutom kustremsan, men stora nederbördsmängder har fallit i hela landet, och inget område kan undantas.

I Figur 29 redovisas antalet dygn med nederbörd på minst 90 mm på 24 timmar med olika färger för olika 30-årsperioder, och Figur 30 visar samma statistik för nederbörd på minst 60 mm per 24 timmar. Trots att antalet stationer var större 1961-1990 (se Figur 5), rapporterades fler dagar med denna höga nederbörd under perioden efter 1990.



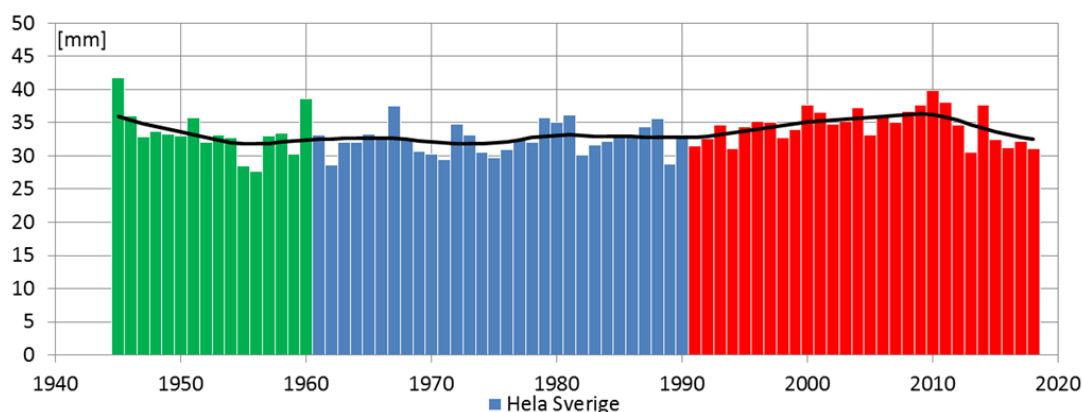
Figur 29 Antal tillfällen med punktnederbörd på minst 90 mm på 24 timmar för alla Sveriges nederbördsstationer.



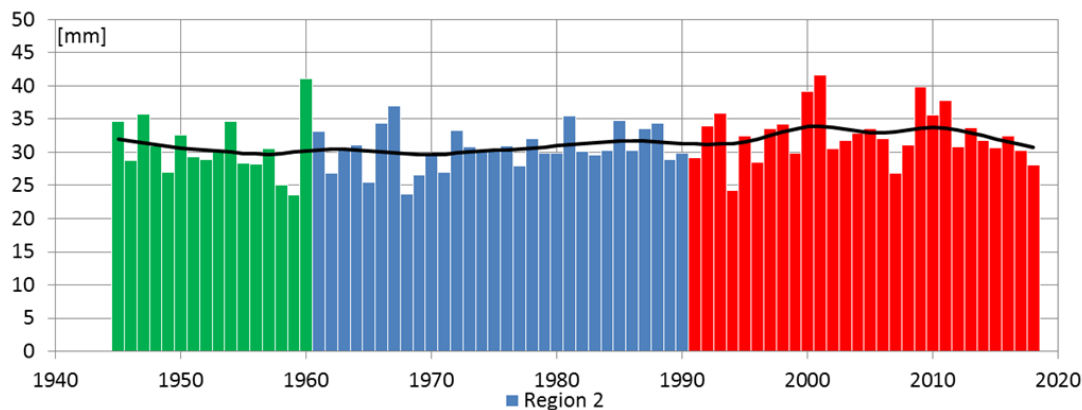
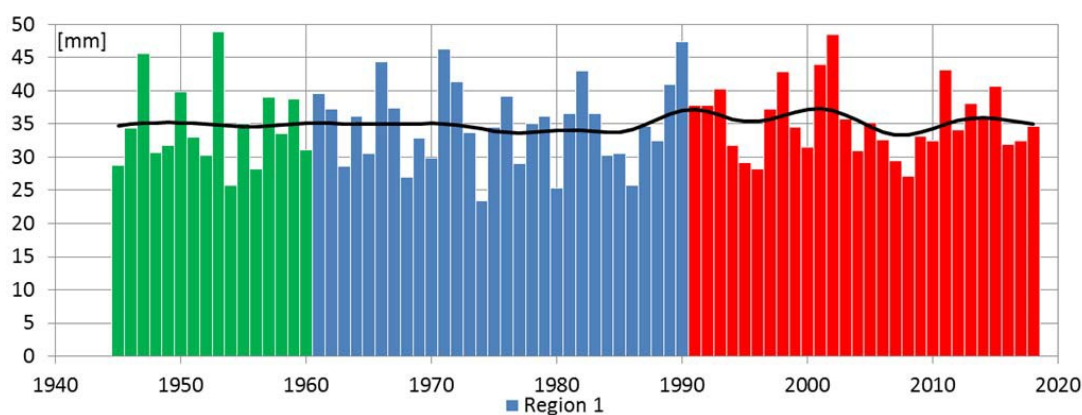
Figur 30 Antal tillfällen med punktnederbörd på minst 60 mm på 24 timmar för alla Sveriges nederbördsstationer.

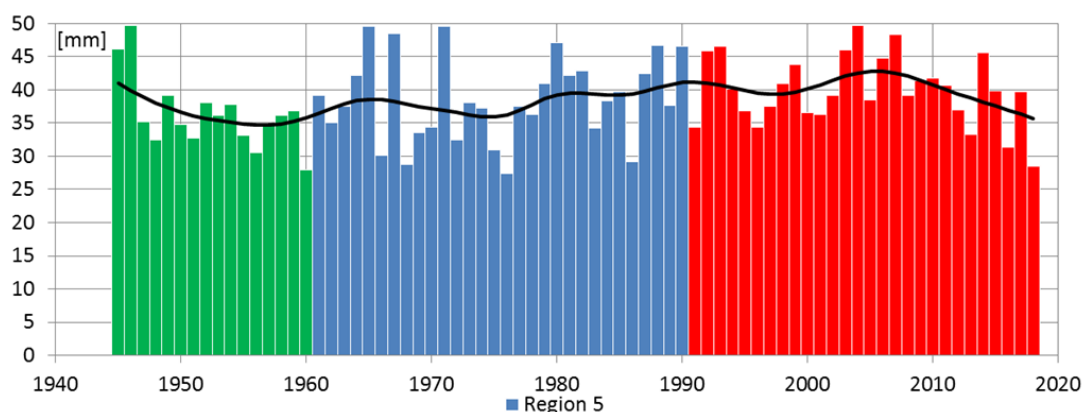
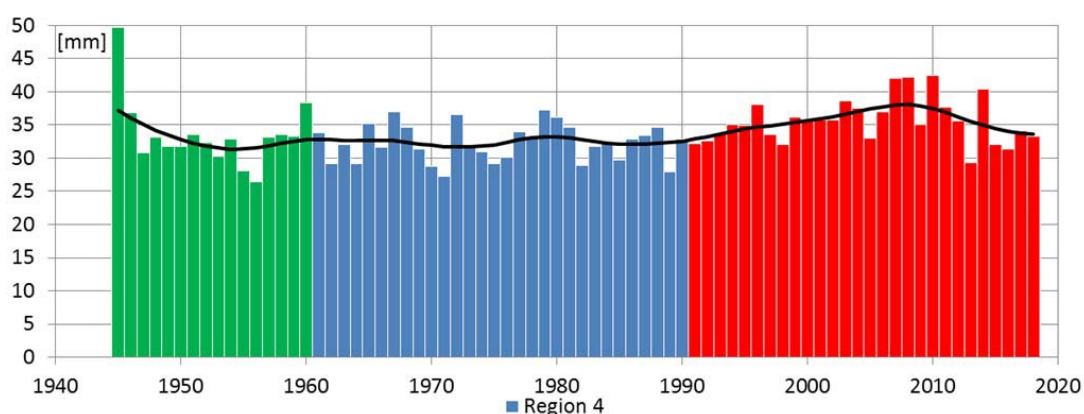
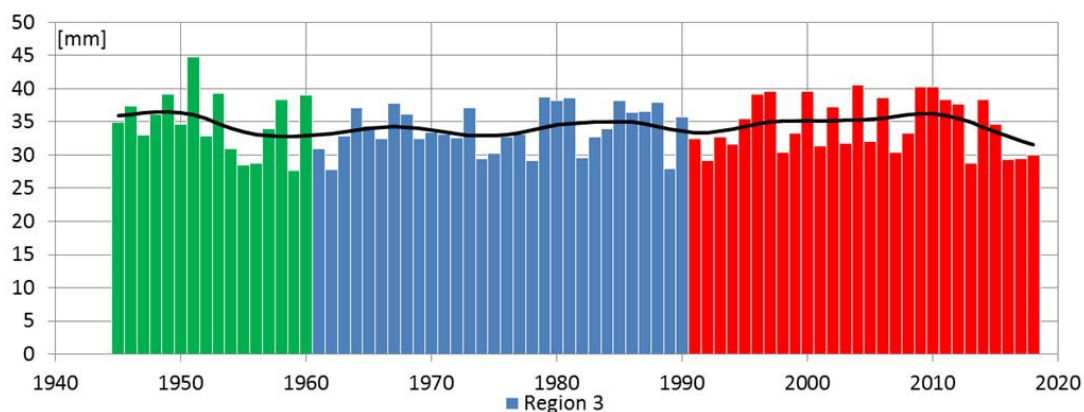
#### 4.2.2 Årlig extrem punktnederbörd

Förutom antalet tillfällen med extrem nederbörd har analyser gjorts av hur stor den årliga högsta nederbördsmängden vid klimatstationerna har varit. I Figur 31 visas medelvärdet av alla stationers årshögsta 24-timmars-nederbörd för perioden 1945-2018. Motsvarande statistik uppdelat på de fem regionerna återfinns i Figur 32.



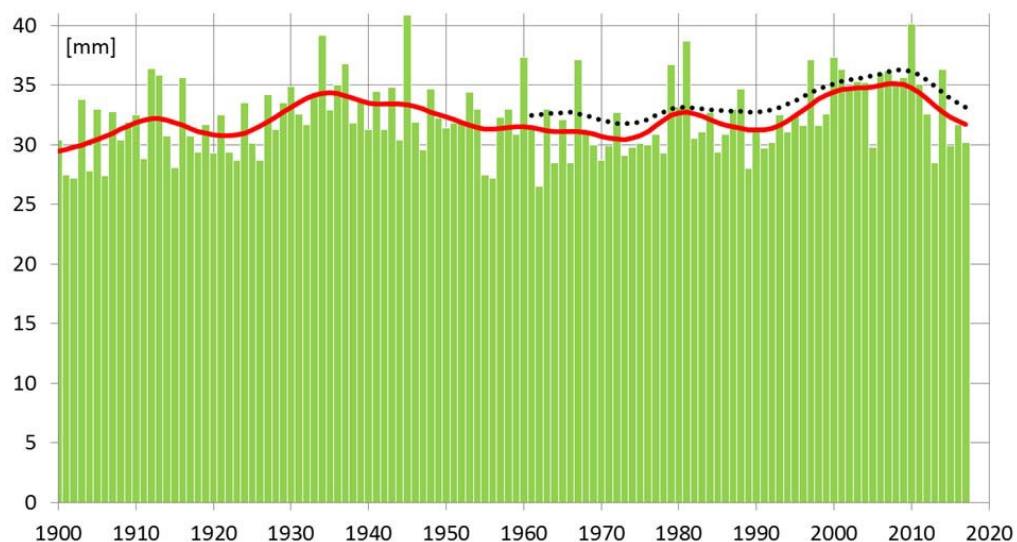
Figur 31 Medelvärdet av årshögsta punktnederbörden över 24 timmar för alla stationer i Sverige för perioden 1945-2018. Den svarta linjen representerar ett flytande 10-årsmedelvärde framtaget med ett Gauss-filter.





Figur 32 Medelvärde av årshögsta punktnederbörden över 24 timmar perioden 1945-2018 för var och en av de 5 regionerna i riktlinjerna. Den svarta linjen representerar ett flytande 10-årsmedelvärde framtaget med ett Gauss-filter.

I figurerna ses att variationerna mellan olika år är stora och att det inte finns någon långsiktig trend över tiden i dessa data. Figurerna åskådliggör även vikten av att analysera en lång tidsserie för att kunna se en eventuell långtidstrend. Den antydning till trend mot ökande högsta punktnederbörd som finns rapporterad i den tidigare uppföljningen (Bergström m.fl., 2008) återfinns inte när analysen sträcks ut i tiden såväl bakåt som framåt i tiden. Detta syns ännu tydligare i Figur 33 nedan, som visar variationerna i årets högsta nederbörd över ett dygn sedan år 1900 för 60 stationer.



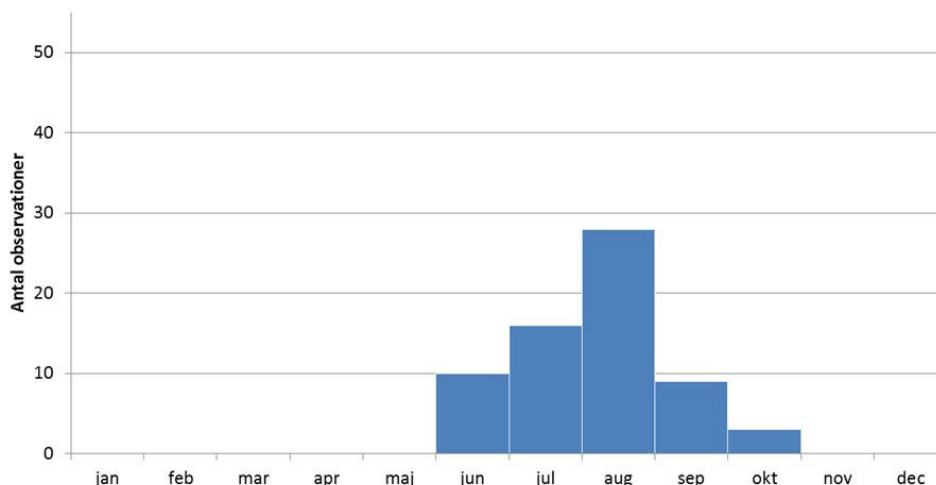
*Figur 33 Medelvärde av årets största dygnsnederbörd (staplar) som bygger på 60 utvalda stationer i hela Sverige. Röd kurva visar en utjämnad kurva av staplarna. Prickad svart kurva visar en utjämnad kurva av samtliga stationer som varit i drift under året.*

Den röda kurvan visar utjämnade värden baserade på de gröna staplarna. Den svarta streckade kurvan är däremot en utjämnad kurva som bygger på alla SMHIs stationer som finns i digital form sedan 1961. I medel har 740 stationer funnits tillgängliga per år. Den svarta streckade kurvan baseras alltså på mer än tio gånger fler stationer än den röda. Kurvorna uppvisar ungefär samma förlopp, men med lite högre värden för det totala antalet stationer, och ingen långsiktig trend kan urskiljas.

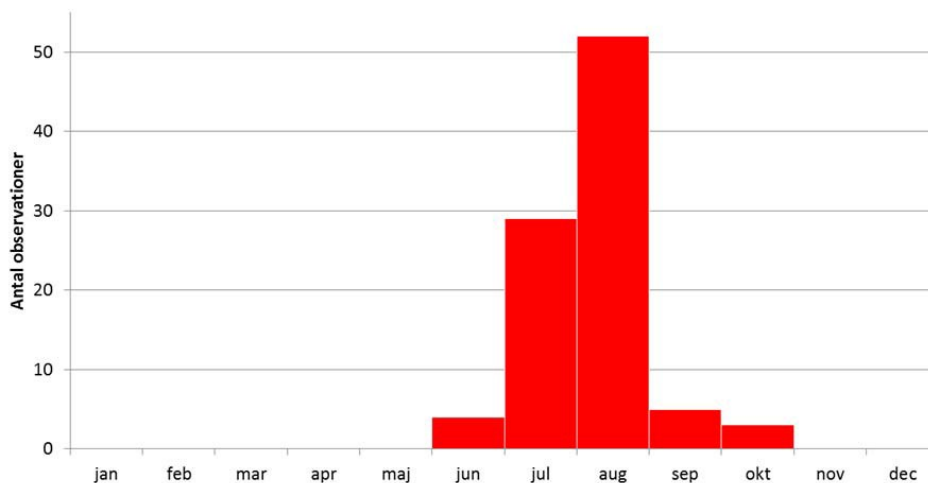
Att kurvorna har samma förlopp ger stöd för att kurvan med färre stationer tillräckligt väl visar variationerna över hela perioden.

### 4.2.3 Säsongsfördelning av extrem punktnederbörd

Riktlinjerna innehåller även en säsongsvis justering av det högsta värdet i den extrema nederbördssekvensen (Figur 2). Figur 34 respektive Figur 35 visar när på året den observerade punktnederbörden i Figur 28 har uppmätts i region 2-5, dels under perioden 1961-1990 och dels under perioden 1991-2018.



Figur 34 Säsongsfördelning av punktnederbörd på minst 90 mm per 24 timmar för region 2-5 för perioden 1961-1990. Varje stapel representerar totala antalet nederbördstillfällen för den specifika månaden under den analyserade perioden.



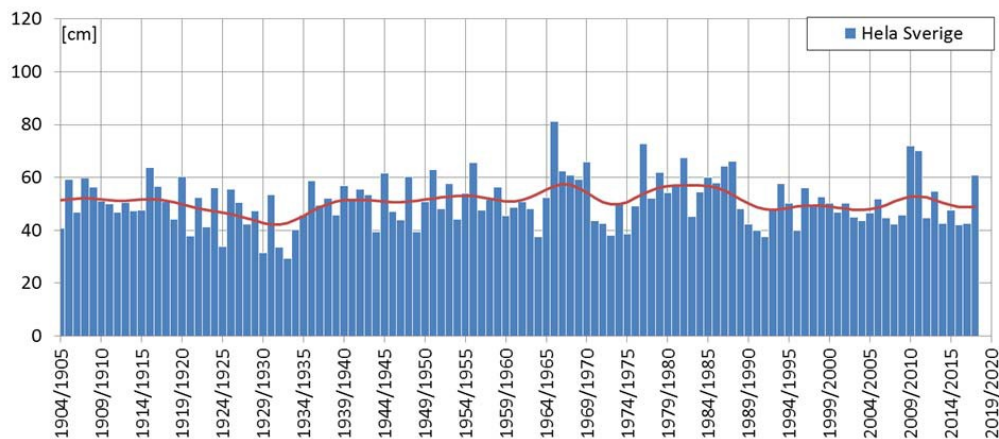
Figur 35 Säsongsfördelning av punktnederbörd på minst 90 mm per 24 timmar för region 2-5 för perioden 1991-2018. Varje stapel representerar totala antalet nederbördstillfällen för den specifika månaden under den analyserade perioden.

Av figurerna framgår att fördelningen över året är liknande för de båda perioderna med de flesta nederbördstillfällena med värden på minst 90 mm per 24 timmar under sommaren. Detta är i linje med den säsongskorrektion för regionerna 2-5 som åskådliggörs i Figur 4. I region 1 (västligaste fjällen) har tillfällena med så hög nederbörd även inträffat under några av månaderna november-maj, men då i form av snö. Figurernas utseende är liknande som i samma analys i den tidigare uppföljningen (Elforsk, 2008).

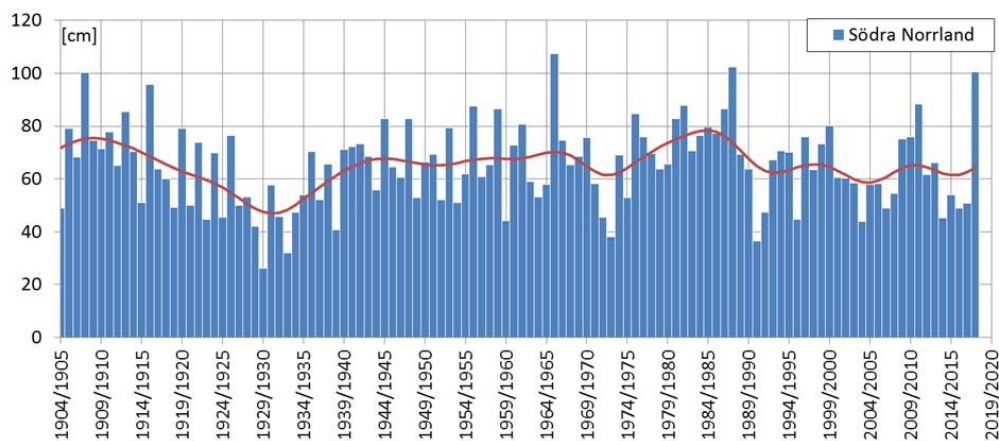
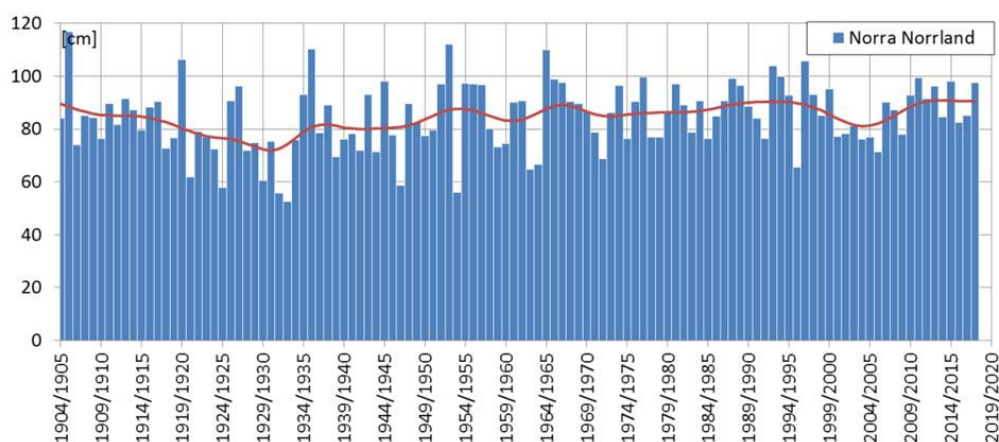
### 4.3 Maximalt snödjup

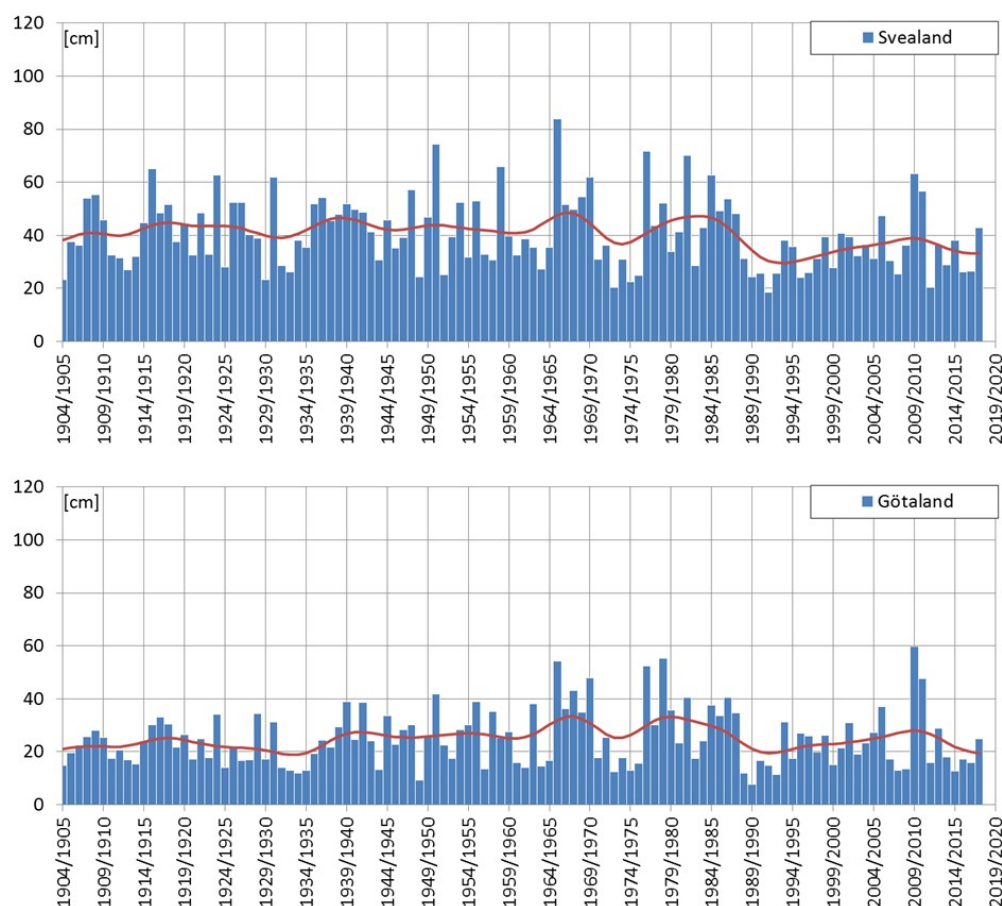
Nedan ges en överblick över hur det största snödjupet varje år varierat under perioden 1904/1905 till 2017/2018. Data baseras på mätningar av snödjup vid några av SMHI:s klimatstationer och är inte samma sak som vatteninnehållet i snön, vilket är det som beräknas i modellberäkningarna. Snödjupsmätningarna ger dock en bild av förändringar i snöackumulationen.

Figur 36 visar variationerna för medelvärdet beräknat för hela Sverige. I Figur 37 visas samma sak uppdelat på de 4 regionerna i Figur 7.



Figur 36 Genomsnittligt största snödjup för säsongerna 1904/1905 – 2017/2018. Den röda linjen representerar ett flytande 10-årsmedelvärde framtaget med ett Gauss-filter.





Figur 37 Genomsnittligt största snödjup säsongerna 1904/1905 – 2017/2018 för respektive region. Den röda linjen representerar ett flytande 10-årsmedelvärde framtaget med ett Gauss-filter.

I figuren ses att vissa år sticker ut lite extra, antingen med stora snödjup eller med små, men ingen tydlig trend av minskande snödjup syns i någon av kurvorna. Men som för all statistik är resultatet beroende av vilka data som ingår i analysen. Vid jämförelser mellan perioden 1990/91-2013/14 och WMO:s normalperiod 1961-1990 (Wern, 2015) framkom att vinterns största snödjup har minskat efter 1990 i nästan hela landet utom främst längst upp i norr, där snödjupet i stället har ökat något. Som påpekats tidigare är inte snödjupet direkt jämförbart med snöns vatteninnehåll, eftersom den minskning av snödjupet som följer av en kort töperiod samtidigt innebär att snöns densitet ökar.

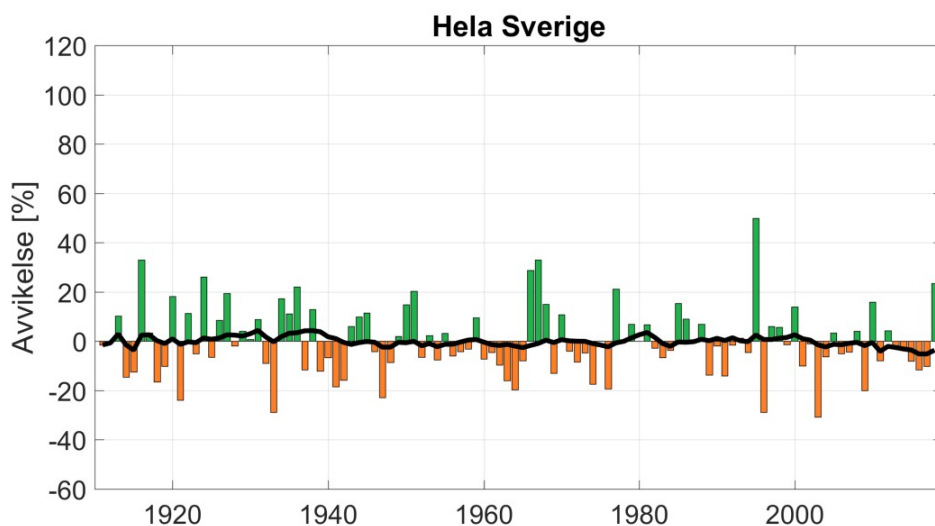
Ett Energiforsk-projekt pågår med syfte att göra en uppföljning av två generationers flödesdimensioneringar (Zábori m.fl. 2019). Där görs en analys av snöns årligen modellberäknade maximala vatteninnehåll för ett antal avrinningsområden sedan 1963. Inte heller där syns en tydlig trend mot förändrade snöförhållanden.

I riktlinjerna står att data under ”tillgänglig tidsperiod” ska användas som underlag för snöberäkningarna. Dessa data ska inte innehålla en trend för att frekvensanalysen ska vara korrekt utförd. De nu utförda snödjupsanalyserna indikerar inte att det verkar finnas en tydlig trend i snöns vatteninnehåll.

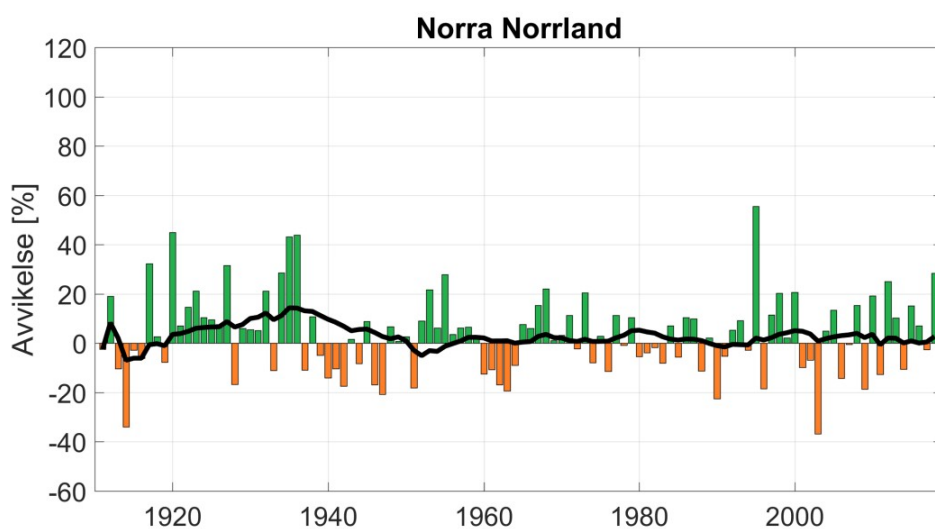
#### 4.4 Höga flöden

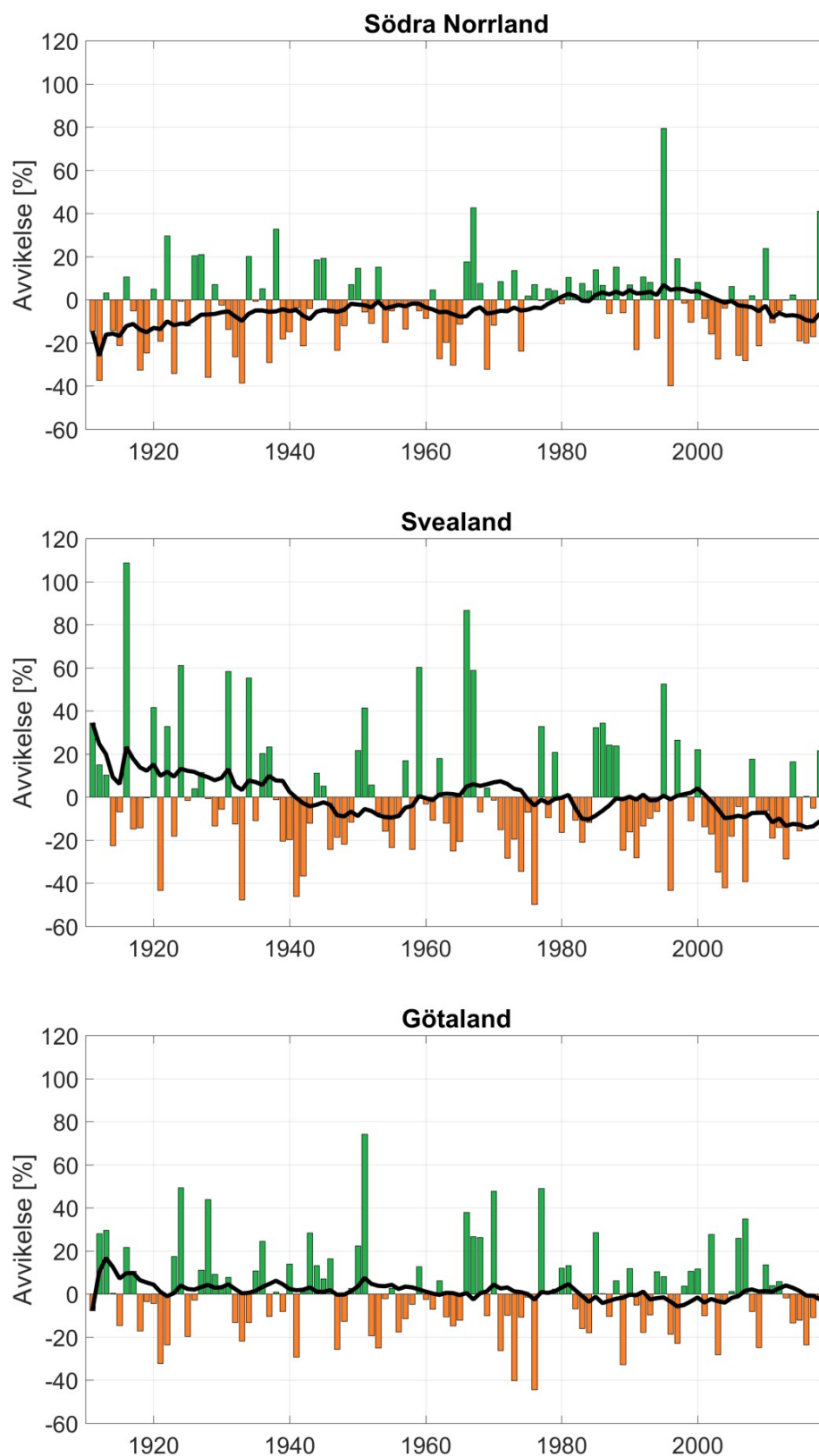
Årets högsta flödestopp 1911-2018 från 69 vattenföringsstationer har analyserats och avvikelserna från medelvärdet för dessa stationer från långtidsmedelvärdet 1961-1990 har beräknats.

I Figur 38 visas den genomsnittliga avvikelserna beräknat över hela Sverige av varje års högsta flödestopp från långtidsmedelvärdet, och i Figur 39 samma sak uppdelat på de fyra regionerna i Figur 7.



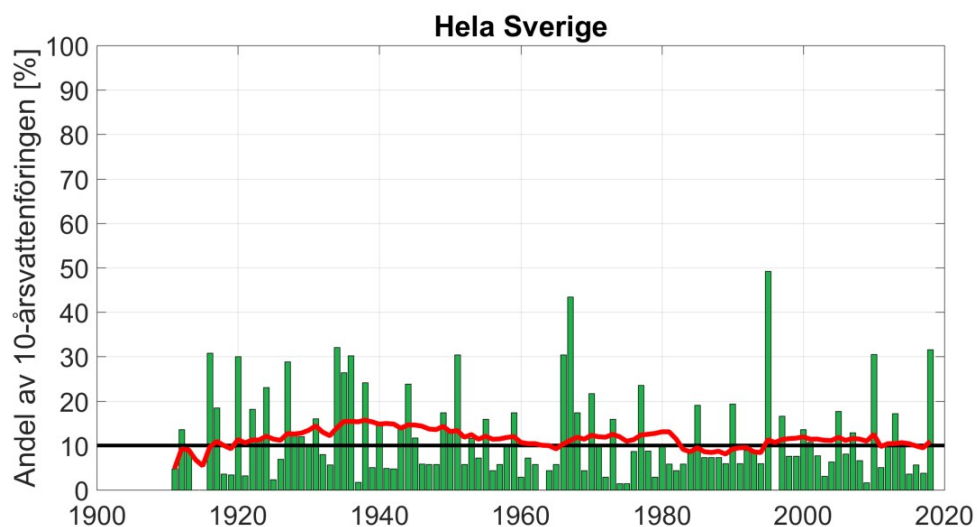
Figur 38 Medelavvikelser från medelvärdet 1961-1990 av årets högsta flödestopp beräknat för 69 vattenföringsstationer i Sverige.



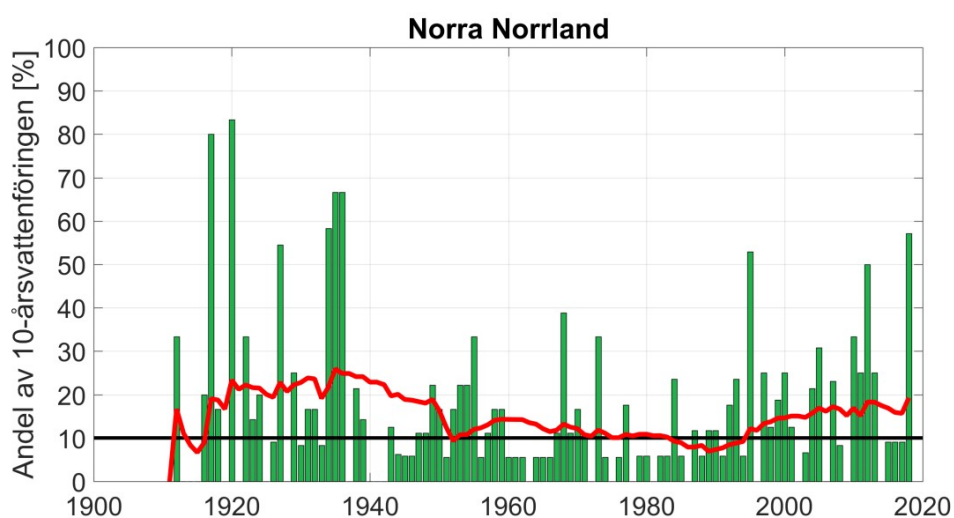


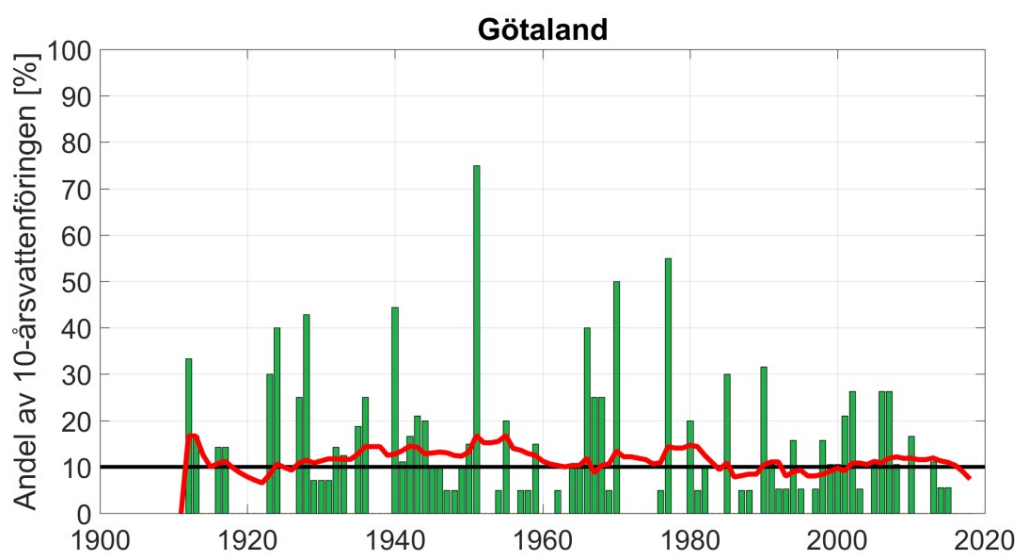
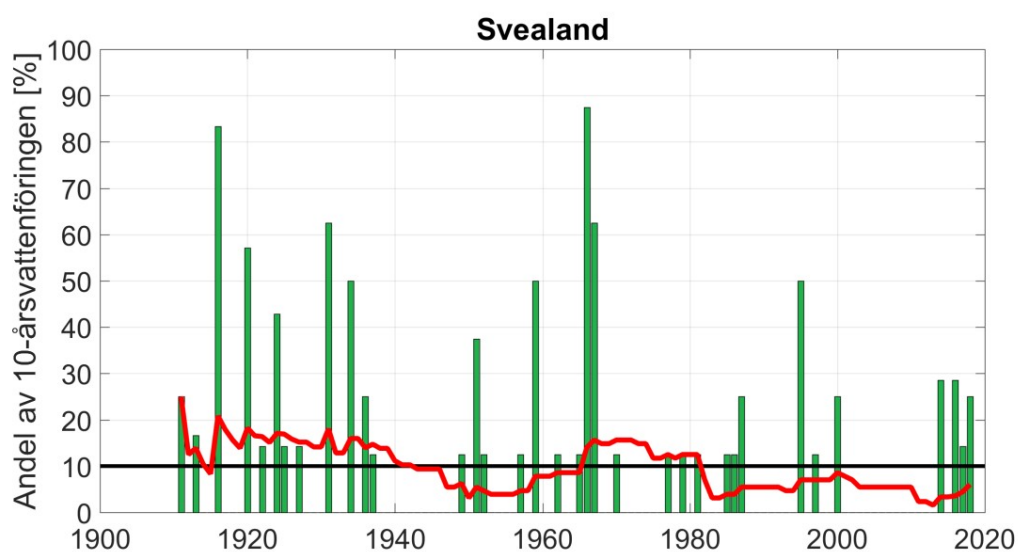
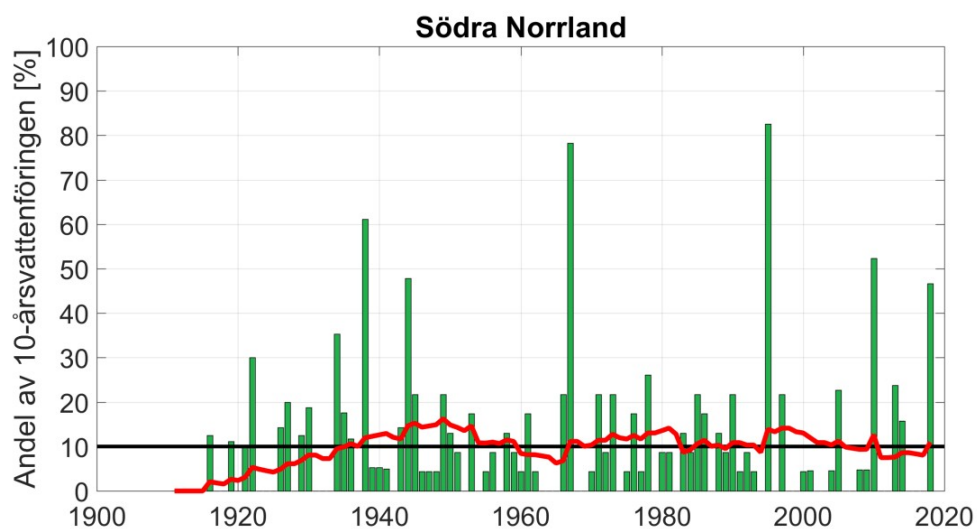
Figur 39 Medelavvikelser från medelvärdet 1961-1990 av årets högsta flödestopp beräknat för vattenföringsstationer uppdelat på 4 regionerna i Figur 7.

I Figur 40 till Figur 41 nedan visas resultatet av en analys av hur många av stationerna som nådde till minst ett 10-årsflöde varje år



Figur 40 Andelen i % av de 69 stationerna i hela Sverige som hade flödestopp med minst 10 års statistisk återkomsttid år för år.





Figur 41 Andelen i % år för år av varje regions vattenförlingsstationer som hade flödestopp med minst 10 års statistisk återkomsttid.

Liksom för nederbörd och snö är variationerna stora mellan åren i alla regioner, och det går inte att se någon långsiktig trend, varken i avvikelserna av högsta flödestoppar från medelvärdet 1961-1990 eller i hur många stationer som årligen har flöden större än ett 10-årsflöde.

#### **4.5 Högsta observerade flöden**

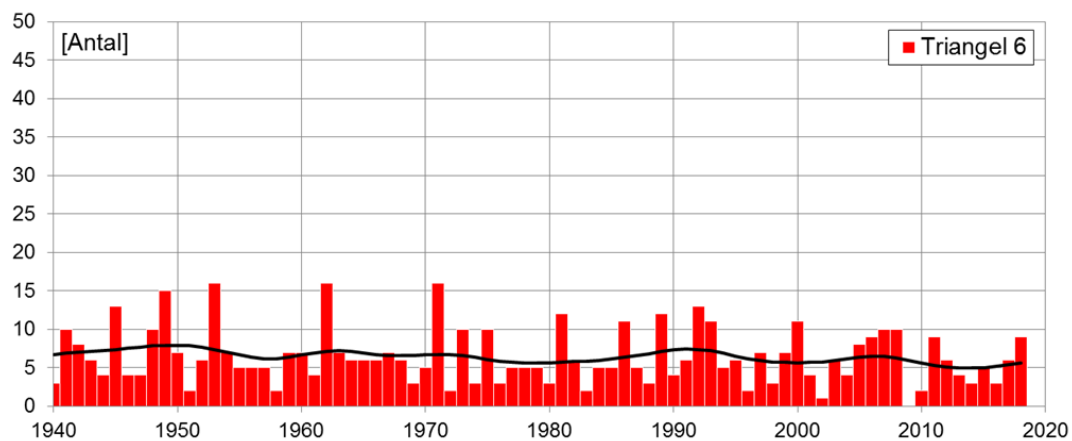
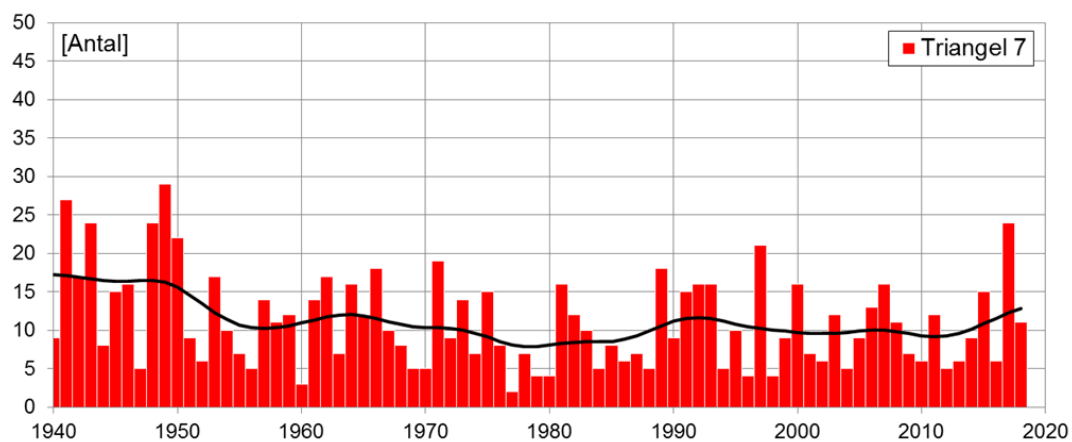
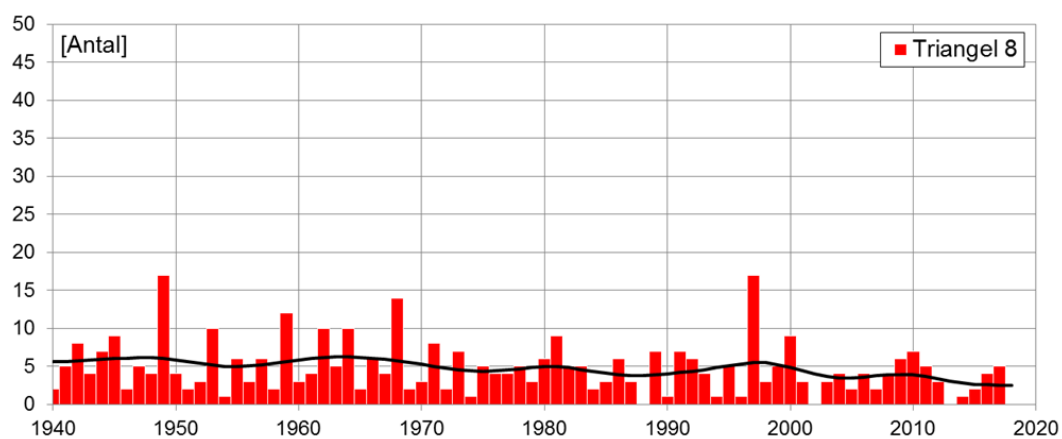
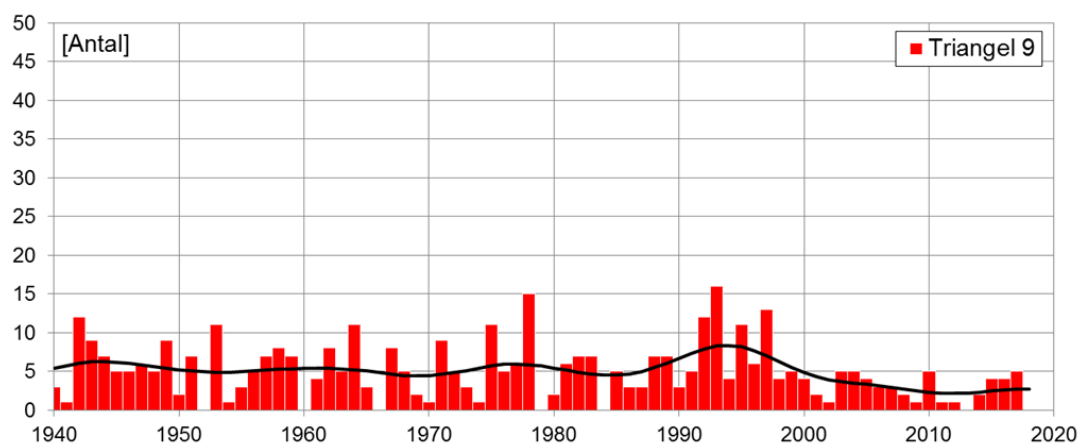
I en Elforsk-rapport (German, m.fl., 2014) redovisas kvoten mellan den högsta observerade vattenföringen och det beräknade klass I-flödet. En komplettering för åren 2007-2013 gjordes av analysen i den tidigare uppföljningen (Bergström m.fl., 2008), den kompletterade också med ett tiotal stationer i oreglerade eller måttligt reglerade vattendrag som där klass I-flöden beräknats efter 2008 års uppföljning. Inte i något fall har maxflöden som varit i närheten av klass I-flödet inträffat.

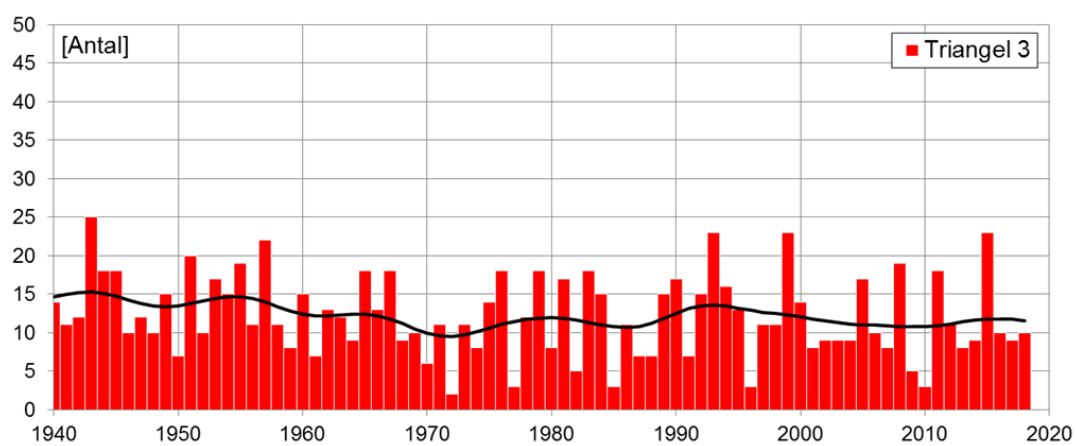
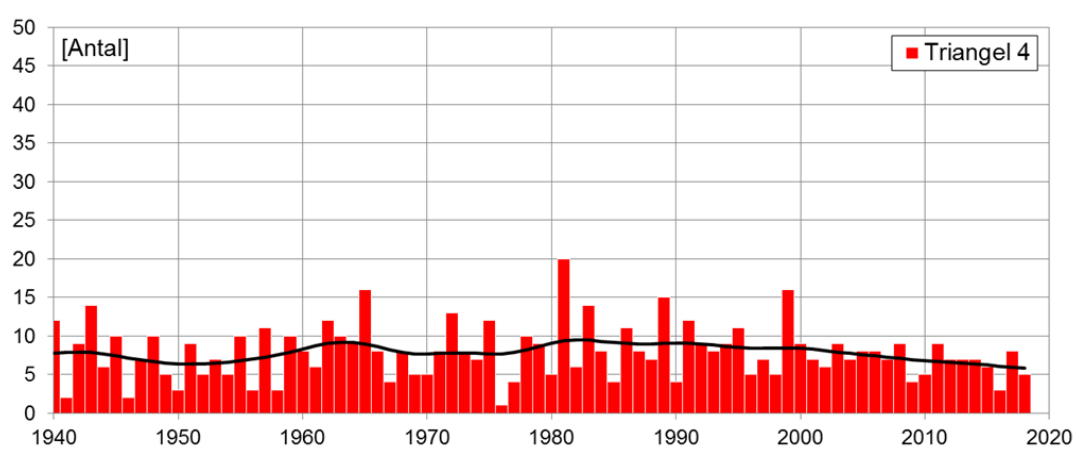
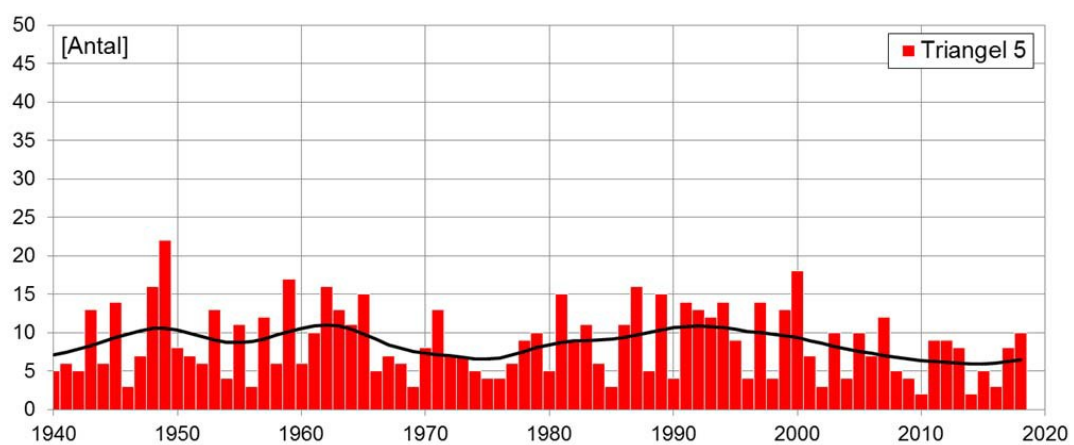
#### 4.6 Extrem vind

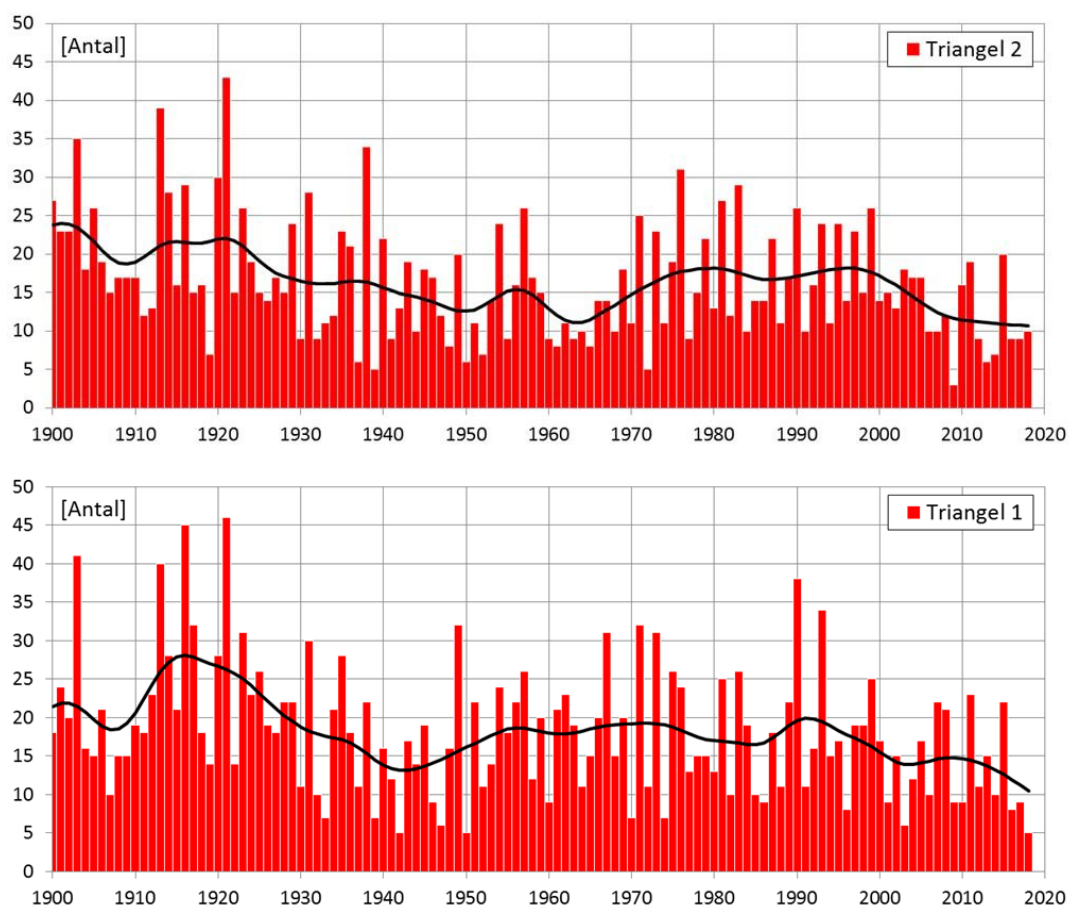
Resultatet redovisas i Figur 43, uppdelat över Sveriges yta i 9 trianglar, vilka visas i Figur 42. Här redovisas antalet tillfällen med geostrofisk vindhastighet på minst 25 m/s under perioden 1940-2018 i trianglarna 3-9, och perioden 1900-2018 för trianglarna 1 och 2.



Figur 42 Illustration av de 9 trianglar över Sveriges yta som använts för den regionala redovisningen av vindhastighet i Figur 43.





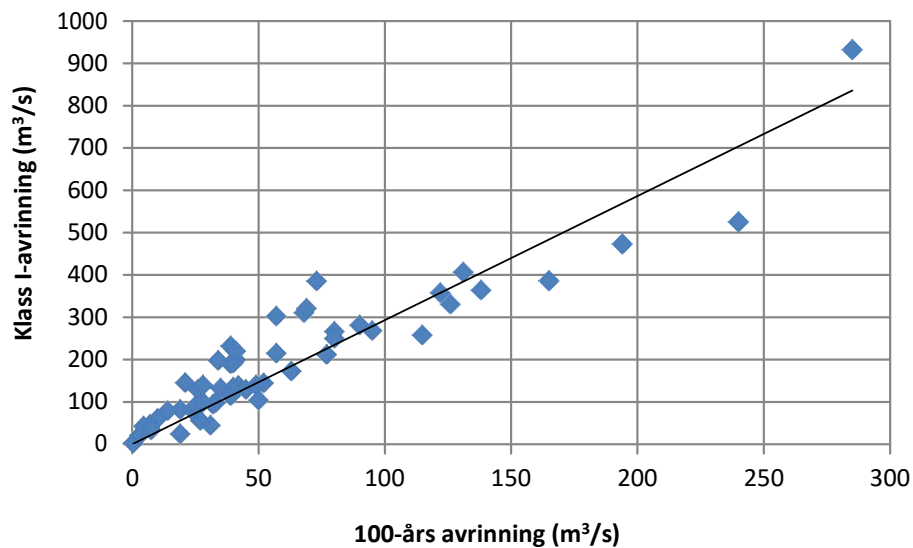


Figur 43 Antal tillfällen i de nio trianglarna i Figur 42 då den geostrofiska vinden varit minst 25 m/s under åren 1940-2018 respektive 1900-2018.

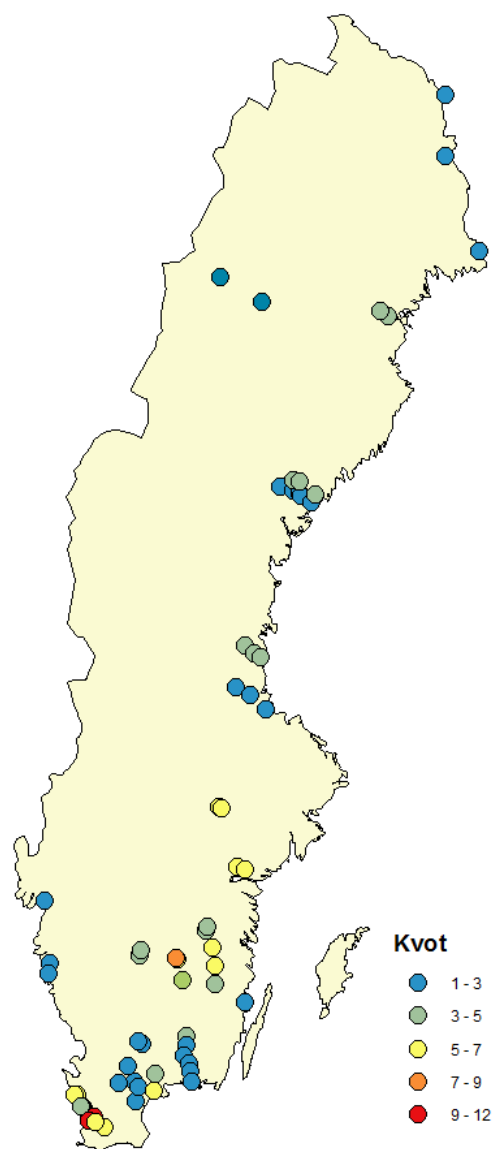
Före 1939 har inte lufttrycket kunnat granskas lika noga som 1939 och senare. Därför är den geostrofiska vinden mer osäker före 1939. Variationerna är stora mellan åren och någon långsiktigt trend går inte att se.

#### 4.7 Förhållande mellan klass-I avrinning och 100-årsflöde

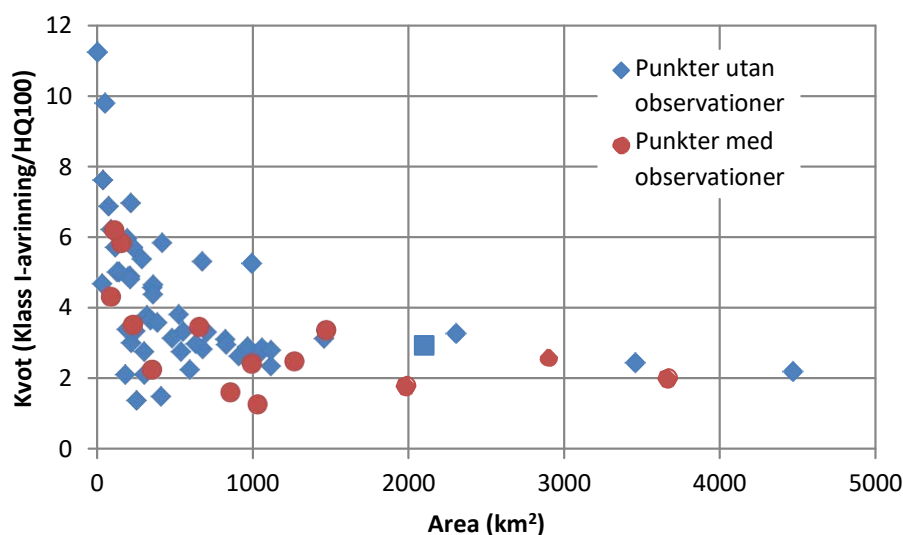
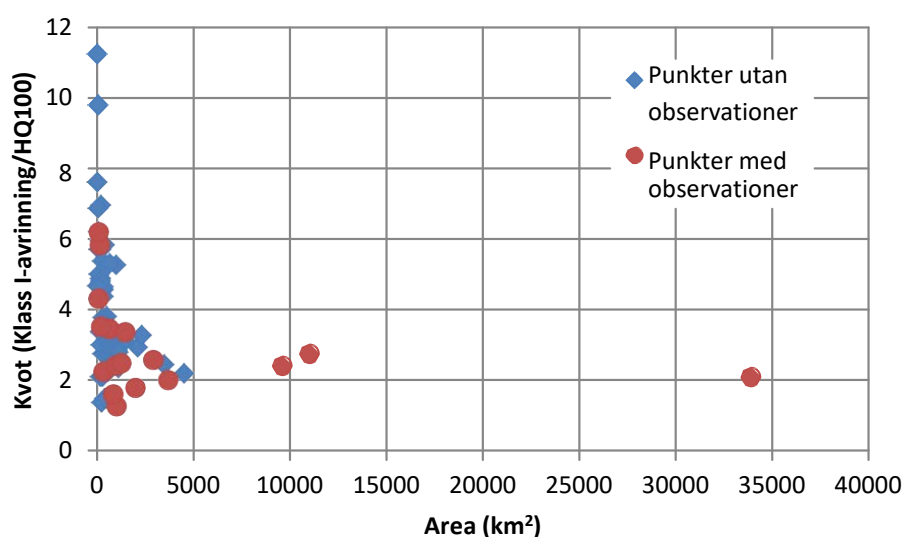
Totalt 38 punkter har tagits med i analysen och avser då vattendrag där regleringen kan anses ha liten påverkan på höga flöden. Beräkningspunkternas geografiska läge och kvot redovisas i Figur 45, i Figur 44 visas resultaten för samtliga punkter på samma sätt som Brandesten m.fl. (2006) gjorde. De redovisade 391 beräkningspunkter med en genomsnittlig kvot på 1,7 mellan Klass-I avrinningen och 100-årsflödet. I deras analys blandades oreglerade och starkt reglerade vattendrag. För de 38 punkter som ingår här fås istället en kvot på 2,3. Om de tre punkterna i Torneälven (de tre största, med avrinningsområden överstigande ca 10000 km<sup>2</sup>) utelämnas fås istället en genomsnittlig kvot på 2,6.



Figur 44 Förhållandet mellan 100-årsflödet och klass-I avrinningen.



Figur 45 Karta över de beräkningspunkter som ingår i studien. Kvoten i legenden avser kvoten mellan Klass-I avrinningen och 100-årsflödet.



Figur 46 Förhållandet mellan kvoten Klass I-avrinning/100-årsflödet samt avrinningsområdets areal. Cirklar avser punkter med mätdata tillgängliga för beräkningen, kvadrater avser punkter utan mätdata. Överst samtliga punkter, nedre med de största punkterna (från Torne älv) exkluderade.

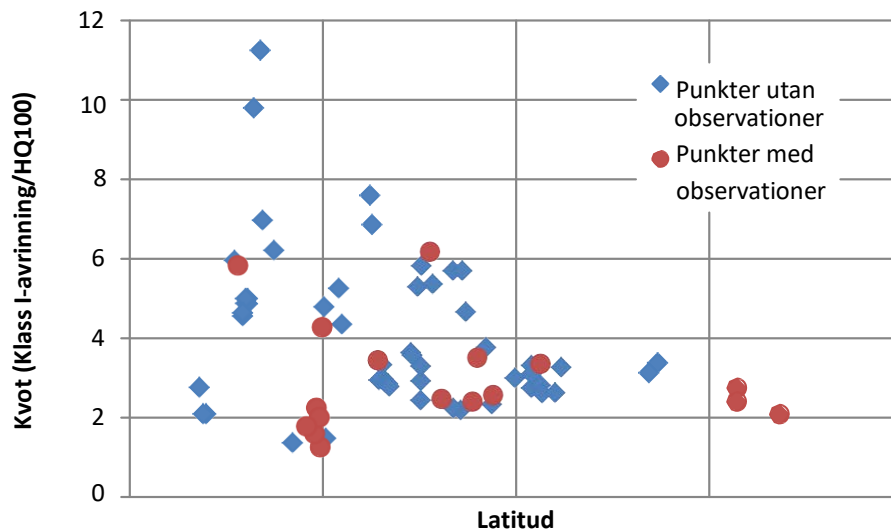
I Figur 46 visas beroendet mellan kvoten Klass-I avrinning/100-årsflödet och avrinningsområdets storlek. Det tycks vara en mindre spridning i kvoterna för större avrinningsområden, vilket till en del skulle kunna bero på att det är färre stora områden så att spridningen inte blir korrekt beskriven för dessa. Det verkar också finnas en tendens att kvoterna ökar med minskande avrinningsområden, dock är det inte någon entydig trend utan spridningen är stor. I Figur 47 plottas kvoten mot latituden, här finns det dock en betydande risk att sambandet störs av att det är en större andel små avrinningsområden som är beräknade i de södra delarna av landet. D.v.s. tendensen till trend i Figur 47 är troligen samma som möjligen kan synas i Figur 46.

Det är svårt att dra några långtgående slutsatser kring detta eller peka ut vad det är för orsakssamband. För de minsta områdena kan det påverkas av att nederbördssekvensen som används har något högre återkomsttid än vad den har för större områden. Detta

diskuterades av KFR (2005) när underlaget för att utöka riktlinjernas giltighet ner till  $1\text{km}^2$  togs fram. Valet motiverades med att detta ger en avsevärd förenkling av beräkningarna om man håller sig till det valda logaritmiska sambandet samt att osäkerheten i underlagsmaterialet ändå är stor.

Det kan också konstateras från Figur 46 att trenden ser snarlik ut för punkter där observationer funnits som underlag för beräkning och modellkalibrering som när det saknats. Däremot är spridningen större när mätdata saknats.

Det kan finnas anledning att fortsätta följa utvecklingen vid fler beräkningar av små områden. Inte minst om det görs beräkningar för fler små områden med mätningar.



Figur 47 Förhållandet mellan kvoten Klass-I avrinningen/HQ100 samt beräkningspunkten latitud (breddgrad). Nordliga punkter således till höger på x-axeln. Cirkelar avser punkter med mätdata tillgängliga för beräkningen, kvadrater avser punkter utan mätdata

## 5 Slutsatser

För att göra justeringar i de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar behövs tydliga förändringar i de ingående parametrarna. Det genomgående resultatet av de nu gjorda analyserna är att variationerna är stora mellan år och att det har funnits perioder med både höga och låga värden för undersökta parametrar under utvärderade tidsperioder.

Analyserna har gjorts för längre perioder än i den tidigare utvärderingen (Bergström m.fl., 2008). Vikten av att ta med så långa tidsperioder som möjligt i statistiska analyser framgår tydligt, i och med att de antydningar till trender i nederbörden som fanns i rapporten från 2008 inte går att se om längre perioder analyseras.

Det finns inget i resultaten som indikerar någon långsiktig trend i de analyserade parametrarna och således inte något behov att i nuläget göra förändringar i underlaget till riktlinjerna. Nedan sammanfattas de olika resultaten.

- Utvärdering av den dimensionerande nederbördssekvensen har gjorts dels genom att analysera tillfällen med nederbörd större än 90 mm över 1000 km<sup>2</sup> under såväl 24 timmar som två dygn, och dels av den totala nederbördssumman under en 14-dygnsperiod. Varken resultaten för dygnet med högsta nederbörden eller för den ackumulerade nederbördssumman över 14 dagar uppvisar någon trend som kan föranleda att kriterierna för nederbördssekvensen behöver ändras.
- Sammanställningen av den högsta nederbörd som varje år uppmätts vid de analyserade stationerna (punktnederbörd) som gjorts för perioden 1945-2018 uppvisar inte heller någon trend. Detta står i kontrast mot det resultat som framkom i den uppföljningen 2008, då man konstaterade en trend mot ökande punktnederbörd för den då analyserade perioden 1961-2007.
- För att undersöka om det finns anledning att justera arealkorrekturen av nederbördssekvensen har såväl den stationsvisa dygnsnederbörden som den ackumulerade 14-dygnsnederbörden över olika stora arealer analyserats. De årliga variationerna är likartade över tid och över landet, och ingen trend kan ses. Två olika anpassningar till kurvan för arealkorrektion indikerar att det i dagsläget inte behöver göras ändringar av arealkorrekturen.
- Årstidskorrekturen av nederbörden har utvärderats genom att dela upp 14-dygnsnederbörden respektive den observerade punktnederbörden större än 90 mm på de månader den inträffade, dels perioden 1961- 1990 och dels 1991-2018. Resultatet visar att säsongsfördelningen uppvisar samma mönster för de båda perioderna och således finns inget skäl till att justera årstidskorrekturen i riktlinjerna.
- För utvärderingen av eventuella trender i snötäcket har analyser gjorts av medelvärdet av varje års största snödjup vid 42 klimatstationer. Variationerna är stora mellan år under hela den analyserade perioden i hela landet, och även ett flytande 10-årsmedelvärde varierar. Sett över hela perioden 1904/05 – 2017/18 kan dock ingen trend ses, och inte heller för perioden 1961-2018, utan endast variationer över kortare tid. Eftersom beräkningar av 30-årssnön förutsätter att ingen trend finns i tidsserien som används för den statistiska analysen, kvarstår rekommendationen i riktlinjerna att frekvensanalysen för snön ska göras för så lång period som data finns tillgängliga.
- Analysen av varje års högsta dygnsmedelvärde på vattenföringen har gjorts för 69 oreglerade eller endast obetydligt reglerade vattenföringsstationer med långa tidsserier. Antalet stationer varierar för olika delar av landet, men analysresultatet visar inte på någon långsiktig trend i storleken av flödestopparna.

- Den geostrofiska vinden, som är en slags idealiserad genomsnittlig vindhastighet beräknad från lufttrycksobservationer, har beräknats, uppdelat i nio områden fördelade över Sverige. Antalet tillfällen från och med 1940 med geostrofisk vind på minst 25 m/s uppvisar ingen långsiktig trend som kan föranleda justeringar i kriterierna för beräkningen av vågor och seicher.
- Analysen av förhållanden mellan Klass I-avrinningen och 100-årsflödet tyder på att kvoten ökar med minskande avrinningsområden. Här kan det finnas en anledning att följa utvecklingen vid nya beräkningar för att eventuellt kunna se något orsakssamband.

Slutsatsen är att inga förändringar av kriterierna i riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar behöver göras i dagsläget. Likaså framkommer vikten av långa tidsserier som underlag för bedömning av trender.

.

## 6 Referenser

- Brandesten, C.-O., Larsson, P., Uljanova, M., Uppföljning av dimensioneringsberäkningar. Elforsk Rapport 06:10
- Bergström, S., Hellströms, S.-S., Lindström, G. och Wern, L. (2008). Follow-up of the Swedish Guidelines for Design Flood Determination for Dams. Svenska Kraftnät Report No 1:2008; BE90.
- Flödeskommittén (1990). Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.
- German, J., Södling, J., Hamberg, C. (2014). Uppföljning av dimensioneringsberäkningar – Kompletterande uppföljning t.o.m. 2013. Elforsk Rapport 14:52
- Johansson, B., Chen, D. (2003). The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: Statistical analysis and modelling. *International Journal of Climatology*, 23, 1523-1535
- Johansson, B., Chen, D. (2005). Estimation of areal precipitation for runoff modelling using wind data: a case study in Sweden. *Climate Research* 29, 53-61.
- Hellström, S.-S. och Lindström, G. (2009). Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden. Elforsk Rapport 09:83
- KFR, (2005), Dimensionerande flöden för stora sjöar och små avrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan. Slutrapport från kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer. Elforsk rapport 05:17.
- Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L., Yang, W., (2018), Extremregn i nuvarande och framtida klimat. SMHI Klimatologi nr 47, Norrköping.
- Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin (2015) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Utgåva 2015. ISBN 978-91-976721-6-0
- Vedin, H. och Eriksson, B. (1988). Extrem arealnederbörd i Sverige 1881-1988. SMHI Rapport Meteorologi nr 76, Norrköping.
- Wern, L., Barring, L. (2009) Sveriges vindklimat 1901-2008 . Analys av förändring i geostrofisk vind. Meteorologi nr 138, SMHI, Norrköping
- Wern, L. (2015). Snödjup i Sverige 1904/05 – 2013/14. SMHI Rapport Meteorologi nr 158, SMHI, Norrköping.
- Zábori, J., German, J., Johnell, A., Södling, J. Uppföljning av två generationer flödesdimensioneringsklass I beräkningar. Energiforsk projekt VKU12137. Under bearbetning, publicering hösten 2019.



## SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

| <b>Seriernas namn</b>                    | <b>Publiceras sedan</b> |
|------------------------------------------|-------------------------|
| RMK (Report Meteorology and Climatology) | 1974                    |
| RH (Report Hydrology)                    | 1990                    |
| RO (Report Oceanography)                 | 1986                    |
| METEOROLOGI                              | 1985                    |
| HYDROLOGI                                | 1985                    |
| OCEANOGRAFI                              | 1985                    |
| KLIMATOLOGI                              | 2009                    |

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

1. Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton (University KwaZulu Natal) (2009)  
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation
2. Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)  
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete
3. Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)  
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem
4. Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Doescher, Henrik Smith (2011)  
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av natur-vetenskapliga aspekter
5. Sten Bergström (2012)  
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012
6. Jonas Olsson och Kean Foster (2013)  
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige
7. FN:s klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet. Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014)
8. Att begränsa klimatförändringar. FN:s klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Bidrag från arbetsgrupp 3 (WG 3) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change (2015)
9. Erik Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel  
Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI (2014)  
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget
10. Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014)
11. Gunn Persson (2015)  
Vägledning för användande av klimatscenarier
12. Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelus (2015)  
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat
13. Gunn Persson (2015)  
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen

14. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné, Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin Sjökvist (2015) Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattensutredningen
15. Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Joel Dahné, Nina Köplin, Emil Björck, Linda Nylén, Gitte Berglöv, Johanna Tengdelius Brunell, Daniel Nordborg, Kristoffer Hallberg, Johan Södling, Steve Berggreen-Clausen (2015) Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier
16. Elin Sjökvist, Gunn Persson, Jenny Axén Mårtensson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier
17. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Värmlands län – enligt RCP-scenarier
18. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Örebro län – enligt RCP-scenarier
19. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västmanlands län – enligt RCP-scenarier
20. Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson (2015) Framtidsklimat i Uppsala län – enligt RCP-scenarier
21. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier
22. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Södermanlands län – enligt RCP-scenarier
23. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Östergötlands län – enligt RCP-scenarier
24. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Västra Götalands län – enligt RCP-scenarier
25. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Jönköpings län – enligt RCP-scenarier
26. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015) Framtidsklimat i Kalmar län – enligt RCP-scenarier

27. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Kronobergs län – Enligt RCP-scenarier
28. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Hallands län – enligt RCP-scenarier
29. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Skåne län – enligt RCP-scenarier
30. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Blekinge län – enligt RCP-scenarier.
31. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Gotlands län – enligt RCP-scenarier
32. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier
33. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier
34. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Jämtlands län – enligt RCP-scenarier
35. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Västernorrlands län – enligt RCP-scenarier
36. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)  
Framtidsklimat i Gävleborgs län – enligt RCP-scenarier
37. Jonas Olsson, Weine Josefsson (red.) (2015) Skyfallsuppdraget - ett regeringsuppdrag till SMHI
38. Gunn Persson, Linda Nylén, Steve Berggreen-Clausen, Peter Berg, David Rayner och Elin Sjökvist (2015)  
Från utsläppsscenarier till lokal nederbörd och översvämningsrisker
39. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström och Elin Sjökvist (2015)  
Framtidens vattentillgång i Mälaren, Göta älv, Bolmen, Vombsjön och Gavleån. Underlag till Dricksvattenutredningen
40. Anna Bohman (Centrum för klimatpolitisk forskning, CSPR) vid Linköpings universitet, Lotta Andersson, SMHI och CSPR, Linköpings universitet samt Åsa Sjöström, SMHI. (2016)  
Förslag till en metod för uppföljning av det nationella klimatanpassningsarbetet. Redovisning av ett regeringsuppdrag December 2016

- 41 (2017)  
Karttjänst för framtida  
medelvattenstånd längs Sveriges kust
- 42 Anna Eklund, Linda Tofeldt, Johanna  
Tengdelius-Brunell, Anna Johnell,  
Jonas German, Elin Sjökvist, Maria  
Rasmusson, Elinor Andersson (2017)  
Vattennivåer, tappningar,  
vattentemperaturer och is i Vättern  
Beräkningar för dagens och framtidens  
klimatförhållanden
- 43 Anna Eklund, Anna Johnell, Linda  
Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell,  
Maria Andersson, Cajsa-Lisa Ivarsson,  
Jonas German, Elin Sjökvist och Elinor  
Andersson (2017)  
Vattennivåer, tappningar,  
vattentemperaturer och is i Hjälmaren  
Beräkningar för dagens och framtidens  
klimatförhållanden
- 44 Anna Eklund, Linda Tofeldt, Anna  
Johnell, Maria Andersson, Johanna  
Tengdelius-Brunell, Jonas German,  
Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Ulrika  
Harbman, Elinor Andersson (2017)  
Vattennivåer, tappningar,  
vattentemperatur och is i Väner  
Beräkningar för dagens och framtidens  
klimatförhållanden
- 45 Sofie Schöld, Cajsa-Lisa Ivarsson,  
Signild Nerheim och Johan Södling  
(2017) Beräkning av högsta vattenstånd  
längs Sveriges kust
- 46 Katarina Stensen, Johanna Tengdelius-  
Brunell, Elin Sjökvist, Elinor  
Andersson, Anna Eklund (2017)  
Vattentemperaturer och is i Mälaren  
Beräkningar för dagens och framtidens  
klimatförhållanden
- 47 Jonas Olsson, Peter Berg, Lennart  
Wern, Johan Södling, Lennart  
Simonsson,  
Wei Yang, Anna Eronn (2017)  
Extremregn i nuvarande och framtida  
klimat – Analyser av observationer och  
framtidsscenarioer.
- 48 Signild Nerheim, Sofie Schöld, Gunn  
Persson och Åsa Sjöström (2017)  
Framtida havsnivåer i Sverige
- 49 Anna Eklund, Katarina Stensen,  
Ghasem Alavi, Karin Jacobsson, Diala  
Abdoush (2018)  
Sveriges stora sjöar idag och i  
framtiden. Klimatets påverkan på  
Väner, Vättern, Mälaren och  
Hjälmaren. Kunskapssammanställning  
januari 2018
- 50 Gunn Persson, Christina Wikberger,  
Jorge Amorim (2018)  
Klimatanpassa städer med grönska
- 51 Katarina Losjö, Lennart Wern, Johan  
Södling (2019)  
Uppföljning av riktlinjer för  
bestämning av dimensionerande flöden
- 52 Sjökvist, Elin (2019)  
Sommaren 2018 – en glimt av  
framtiden?
- 53 Översättning av Summary for  
Policymakers (2019)  
FN:s klimatpanel – Sammanfattning för  
beslutsfattare  
Global uppvärmning på 1,5°C





Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut  
601 76 NORRKÖPING  
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN:1654-2258