

# FÖRDELNING AV EXTREM DYGNSNEDERBÖRD

RAPPORT 2020:703





# Fördelning av extrem dygnsnederbörd

JONAS GERMAN, JOHAN SÖDLING, AMANDA OLSSON, JESSICA LOVELL

ISBN 978-91-7673-703-3 | © Energiforsk november 2020

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: [kontakt@energiforsk.se](mailto:kontakt@energiforsk.se) | [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)



## Förord

**I detta projekt har fördelningen av extrem nederbörd inom dygnet analyserats. Resultatet kan användas som underlag till en uppdatering av riktlinjerna för hur klass I flöden för små tillrinningsområden ska beräknas.**

I riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden kommenteras att det för små tillrinningsområden skulle kunna ställas högre krav på avbördningsförmåga om tidupplösningar på högre än ett dygn användes i beräkningarna. I denna rapport beskrivs hur en fördelning på högre upplösning kan göras.

Projektet har genomförts av SMHI med Jonas German, Johan Södling, Amanda Olsson och Jessica Lovell som utförare. Referensgruppen bestod av Ange Lärke (Fortum), Björn Norell (Vattenregleringsföretagen), Peter Lindström (Skellefteälvens vattenregleringsföretag), Magnus Engström (Vattenfall), Maria Bartsch (Svenska kraftnät), Hans Häggström (Boliden), Sara Töyrö (LKAB) och Lena Printzell (Björkdalsgruvan).

Projektet har ingått i Energiforsks dammsäkerhetstekniska utvecklingsarbete med medverkan av vattenkraftindustrin och Svenska kraftnät. Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

## Sammanfattning

**Nuvarande riktlinjer för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar är giltiga för avrinningsområden ner till 1 km<sup>2</sup>. För att riktlinjerna ska bli tillämpbara även för avrinningsområden mindre än 1 km<sup>2</sup> behöver fördelningen av nederbördssekvensen studeras med högre tidsupplösning än ett dygn.**

Syftet med projektet är att ge en uppdaterad bild av fördelningen av extrem nederbörd inom dygnet, med förhoppning om att resultatet ska kunna lyftas in i riktlinjerna och ge vägledning för hur nederbördsfördelningen bör göras vid beräkning av klass I flöden för små avrinningsområden (ner till en 1 km<sup>2</sup>). Ökad kunskap om dimensionerande flöden med högre tidsupplösning är särskilt viktigt för gruvdammar och andra dammanläggningar med små tillrinningsområden.

Rapporten inleds med en sammanställning av kunskapsläget av nederbördens fördelning inom dygnet och de största observerade nederbördshändelserna i Sverige. Sammanställningen baseras på uppföljningar av riktlinjerna för flödesdimensionering, riktlinjer som tillämpas i urbanhydrologiska sammanställningar, rapporter från SMHIs regeringsuppdrag om extremregn samt sammanställningar om extremregn och olika specifika extremregnhändelser. Resultaten av dataanalysen som gjorts inom detta projekt har jämförts med information i kunskapssammanställningen.

Underlaget för statistiska analyser och framtagande av typregn är begränsat. För att få ett tillräckligt stort dataunderlag har därför relativt måttliga händelser inkluderats i analysen. En uppdelning av nederbördshändelser i olika kategorier har gjorts med klusteranalys, där olika typregn har identifierats. Resultaten pekar på två tydliga typregn, där ena kategorin är ett regn med i princip konstant nederbördsintensitet, och en annan grupp med en tydlig pik i intensitet. Visualisering av andelen regn som faller per timme under dygnet samt under timmen med högst intensitet presenteras. En slutsats som kan dras från underlaget är att det inte verkar vara några större geografiska skillnader i typregnets utseende.

Utifrån historiska observationer och de statistiska analyserna kan det konstateras att maxtimmen bör innehålla en betydande del av dygnsregnet, större än vad som diskuterats i tidigare rapporter. Ett förslag på möjlig uppdelning av dygnsnederbörden i timmar lämnas, där 50 % av dygnsnederbörden faller under den intensivaste timmen.

## Summary

**Current guidelines for calculating dimensioning flows for dams are valid for catchment areas down to 1 km<sup>2</sup>. In order for the guidelines to be applicable for smaller catchment areas, the distribution of the precipitation sequence needs to be studied with a higher time resolution.**

The purpose of the project is to gain further knowledge of the distribution of extreme precipitation within the day. The aim is that the results can be lifted into the guidelines on how the precipitation distribution should be done when calculating class I flows for small catchment areas. Increased knowledge of dimensioning flows in small catchment areas (down to 1 km<sup>2</sup>) is particularly important for mining dams and other dam facilities with small catchment areas.

The report begins with a literature review of the knowledge in the field. The literature review is based on follow ups of the original guidelines developed by the Flow committee, guidelines applied in urban hydrological contexts, reports from SMHI on extreme rainfall and various specific extreme rainfall events.

A division of precipitation events into different categories has been made with cluster analysis, where different types of rain have been identified. The results point to two types of rain, where one type is a rain with constant precipitation intensity and the other type has a clear peak in intensity. Visualization of the proportion of rain that falls during the hour with the highest intensity is presented.

The underlying data for the statistical analysis and the creation of type rainfalls is limited, so in order to obtain a sufficiently large amount of data, relatively moderate events have been included in the analysis. One conclusion that can be drawn from the data is that there does not appear to be any major geographical differences in the appearance of the type rain.

Based on historical observations and the statistical analyses, it can be stated that the maximum hour should contain a significant part of the daily rainfall, greater than what has been discussed in previous reports.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>8</b>
1.1	Syfte	8
1.2	Omfattning	8
1.3	Avgränsningar	9
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Kunskapssammanställning</b>	<b>12</b>
3.1	Dammsäkerhet - Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan. KFR, 2005.	12
3.2	Analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala, metrologi nr 110, SMHI, 2003	12
3.3	Uppföljning av de svenska riktlinjerna för dimensionering av dammanläggningar	13
3.4	Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin, 2015	13
3.5	Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, klimatologi Nr 51, Losjö m.fl., 2019.	16
3.6	Skyfallsuppdraget – ett regeringsuppdrag till SMHI, klimatologi nr 37, Olsson och Josefsson, 2015	17
3.6.1	Extremnederbörd i Sverige	17
3.6.2	Extremnederbörd i Danmark	18
3.6.3	Beräkning av PMP för två regnhändelser i Sverige med den lokala metoden	18
3.7	Extremregn i nuvarande och framtida klimat, Analyser av observationer och framtidsscenarier, klimatologi nr 47, Olsson m.fl, 2017	19
3.7.1	Skyfall med långa återkomsttider	21
3.7.2	Regnets tidsfördelning inom en händelse	22
3.7.3	Beräkning av PMP i Köpenhamn med den lokala metoden	23
3.8	P104, Svenskt vatten, 2011	23
3.8.1	CDS-regn	24
3.9	Nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem "State of the Art"	25
3.10	Korttidsnederbörd i Sverige 1995 – 2008. meteorologi Nr 139/2009, Wern och German, 2009	25
3.11	Intensiva regn i Malmö, Lars Bengtsson och Stefan Milotti, 2008	26
3.12	Skyfallet i sydvästra Skåne 2014-08-31. Fokuserat mot konsekvenser och relation till regnstatistik i Malmö, Hernebring m.fl, 2015.	27
<b>4</b>	<b>Metodbeskrivning</b>	<b>29</b>
4.1	identifiering av nederbördsmönster	29
<b>5</b>	<b>Resultat</b>	<b>31</b>
5.1	Nederbördsmönster	31



5.2	Intensivaste timmen	38
<b>6</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Diskussion</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>45</b>

# 1 Inledning

Riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar, ursprungligen framtagna av Flödeskommittén, är giltiga för avrinningsområden ner till 1 km<sup>2</sup> stora (Svensk Energi m.fl., 2015). Det råder dock osäkerhet om tillämpbarheten för riktlinjerna för mindre avrinningsområden (ner till 1 km<sup>2</sup>) och i nuvarande riktlinjer anges att "för de minsta tillrinningsområdena finns det anledning att studera om högre tidsupplösning än ett dygn i beräkningarna kan ställa krav på högre avbördningsförmåga". Det rekommenderas således att studera högre tidsupplösning, men saknas en tydlig definition av hur en fördelning av nederbördssekvensen på högre tidsupplösning ska göras.

Ökad kunskap om dimensionerande flöden i små avrinningsområden (ner till 1 km<sup>2</sup>) är särskilt viktigt för gruvdammar och andra dammanläggningar med små tillrinningsområden.

## 1.1 SYFTE

Syftet med projektet är att ge en uppdaterad bild av fördelningen av extrem nederbörd inom dygnet, med förhoppning om att resultatet ska kunna lyftas in i riktlinjerna om hur nederbördsfördelningen ska göras vid beräkning av klass I flöden för små avrinningsområden

## 1.2 OMFATTNING

Studien omfattar en analys av all tillgänglig högupplöst nederbördsdata från SMHI:s mätstationer. Alla händelser med minst 50 mm nederbörd under ett dygn analyseras. Analysen görs dels nationellt och dels enligt den regionindelning som återfinns i riktlinjerna, i den mån tillräckligt med data finns.

Även enskilda extrema händelser som inträffat och registrerats i observationsnätet, med varaktigheter kortare än ett dygn, har analyserats. Dessa händelser jämförs med dygnsfördelningen som erhålls för fördelningen av extrem dygnsnederbörd.

Rapporten innehåller även en sammanställning av kunskapsläget av nederbördens fördelning inom dygnet, samt de största nederbördshändelserna i Sverige för att jämföra och analysera resultaten från studien. Sammanställningen baseras i huvudsak på följande källor:

- Uppföljningar av de riktlinjer som ursprungligen togs fram av Flödeskommittén (KFR, 2005; Bergström m.fl., 2008; Svensk Energi m.fl. 2015; Losjö m.fl., 2019)
- Riktlinjer som tillämpas för beräkning av nederbörd i urbanhydrologiska sammanhang (Svenskt vatten P104, 2011 och P110, 2016)
- Rapporter från SMHI:s regeringsuppdrag 2015 och 2018 om extremregn (Olsson och Josefsson, 2015; Olsson m.fl., 2018)
- Sammanställningar om extremregn och olika specifika extremregnhändelser (Wern och German, 2009; Hernebring m.fl., 2015; Lars Bengtsson och Stefan Milotti, 2008; )

### 1.3 AVGRÄNSNINGAR

Inga andra datakällor än data från SMHI:s mätstationer används i den del av studien som innefattar statistiska analyser även om andra källor kan finnas. Radardata har begränsning dels i en betydande mängd felkällor som kan påverka resultatet och är tidsödande att korrigera, dels i upplösningen. Kommunala nederbördsmätningar med hög tidsupplösning finns, dock riskerar de flytta tyngdpunkten på analyserade stationer mot södra Sverige och tätorter, dels varierar mätteknik, mätkvalitet och mätperiod vilket försvårar jämförelse av resultat.

## 2 Bakgrund

Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar togs först fram av Flödeskommittén 1990, bestående av representanter från vattenkraftindustrin och SMHI. År 2002 bildades Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer (KFR) på initiativ av Svensk Energi, SveMin och Svenska Kraftnät. KFR har bland annat haft för uppgift att komplettera Flödeskommitténs riktlinjer avseende stora sjöar med begränsad tappningsförmåga samt gruvdammar och andra dammar med små tillrinningsområden. De ursprungliga riktlinjerna har undersökts och omarbetats i ett flertal uppföljande rapporter (se avsnitt 3.1, 3.3, 3.4 och 3.5).

I KFR gjordes testberäkningar för några anläggningar med små avrinningsområden där det konstaterades att det kan finnas fall där det är relevant att räkna med högre upplösning än dygn (se även avsnitt 3.2). Till testberäkningarna gjordes en fördelning av nederbördssekvensens nederbörd under dygn 9 till timupplösning. Denna uppdelning gjordes utifrån tillgängliga mätningar från en begränsad tidsperiod (maximalt 7 år) där mer högupplöst nederbördsdata fanns tillgänglig på SMHI. Uppdelningen grundade sig på 4 tillfällen med dygnsnederbörder mellan 76 och 116 mm och är således mer ett exempel än en genomarbetad metodik, vilket också kommenterades med att "någon exakt matematisk sammanvägning av dessa fyra fall bedömde vi inte som meningsfull". I exemplet låg hela dygnsnederbörden under 15 timmar och 25 % av den under maxtimmen.

För att få en bättre bild av fördelningen av hur extrem nederbörd påverkar små avrinningsområden (ner till 1 km<sup>2</sup>) behöver fördelningen över dygnet studeras med högre tidsupplösning, och på sikt lyftas in i riktlinjerna. Sedan KFR-utredningarna gjordes har en betydande mängd högupplöst data tillkommit från SMHIs mätstationer (ca 17 år från omkring 120 mätstationer, d.v.s. över 2000 stationsår) vilket utgör grund för en förnyad analys.

Den grundläggande tanken för flödeskommitténs arbete var att söka extrema händelser som inträffat och registrerats i observationsnätet. Därför är det av vikt att inte enbart studera fördelningen av en hög dygnsnederbörd över dygnet, utan att också titta på enskilda extrema händelser med varaktigheter kortare än ett dygn. Här finns mycket resultat redan, dels från KFR, dels uppdaterade data från SMHI, detta baserat både på direkta mätningar men också på anteckningar av observatörer i journaler. Relevanta händelser har lyfts in i kunskapsammansättningen i kapitel 3. Dessa händelser jämförs med dygnsfördelningen som erhålls för fördelningen av extrem dygnsnederbörd. Resultaten jämförs och analyseras.

Det är även av vikt att jämföra resultaten från resultaten i denna studie med de som fås av urbanhydrologiska metoder. Metodiker finns beskrivna i bl.a. Svenskt Vatten P104 för sådana tillämpningar, de är visserligen begränsade till händelser med (i detta sammanhang) relativt moderat återkomsttid. SMHI redovisade tidigt 2018 ett regeringsuppdrag om extremregn där flera olika analyser gjordes (Olsson, m.fl., 2018). Dock var fokus i de flesta fall på kortvarigare händelser, men det finns erfarenheter, metodik och data att ta med från därifrån. Relevanta händelser och erfarenheter från dessa källor sammanfattas i kunskapssammanställningen i kapitel 3.

### 3 Kunskapssammanställning

#### 3.1 DAMMSÄKERHET - DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR STORA SJÖAR OCH SMÅ TILLRINNINGSOMRÅDEN SAMT DISKUSSION OM KLIMATFRÅGAN. KFR, 2005.

KFR hade i till uppgift i denna rapport att göra en översyn av Flödeskommitténs riktlinjer avseende stora sjöar med begränsad tappningsförmåga respektive gruvdammar och andra dammar med små tillrinningsområden. Vidare hade kommittén i uppdrag att diskutera en övergripande strategi för hur klimatfrågan bör hanteras i riktlinjerna.

För stora sjöar konstaterades att Flödeskommitténs riktlinjer inte kan tillämpas kategoriskt för Väneren. Eftersom svagheter i riktlinjerna endast kunnat påvisas för Väneren, fann kommittén inte någon anledning att föreslå en generell förändring av riktlinjerna avseende stora magasin med begränsad tappningsförmåga. För små tillrinningsområden kom KFR till slutsatsen att arealkorrektionskurvan i Flödeskommitténs riktlinjer kan extrapoleras ner till 1 km<sup>2</sup>. Kommittén drog vidare slutsatsen att det inte fanns någon anledning att frångå den hydrologiska beräkningsmodell som beskrevs i Flödeskommitténs riktlinjer vid tillämpning på gruvdammar och andra dammar med små tillrinningsområden.

När det gällde strategi för hantering av klimatfrågan vid flödesdimensionering föreslogs att frågan fortlöpande bör bevakas och att flexibilitet och marginaler skapas där så är lämpligt.

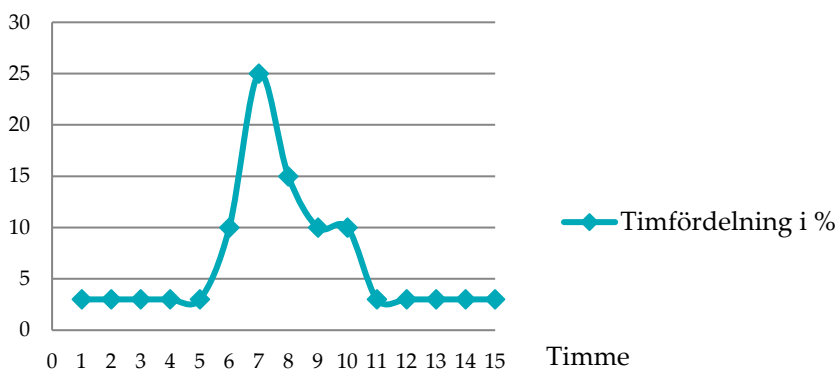
Vad beträffade ett eventuellt behov av att räkna med högre tidsupplösning än dygnsvärden var det Kommitténs bedömning att det kan finnas skäl att studera effekterna av högre tidsupplösning för de allra minsta avrinningsområdena (ner till 1 km<sup>2</sup>).

#### 3.2 ANALYS AV INTENSIVA REGN MED KORT TIDSSKALA OCH LITEN RUMSSKALA, METROLOGI NR 110, SMHI, 2003

Rapporten utgör bilaga 3 till Elforsks rapport 05:17. I rapporten studerades de största kända nederbördsmängderna på 24 timmar på SMHIs hela stationsnät för perioden 1926 – 2002 vilket omfattade ca 62 200 stationsår. Syftet med studien var att ta fram statistik och återkomsttider för punktnederbörd som omräknats till maximal 24-timmarsnederbörd. Det största påträffade fallet gav 210 mm på 24 timmar. Det inträffade i Fagerheden i Norrbotten den 28 juli 1997.

I rapporten redogörs även för ett konstruerat typfall för timfördelningen i procent av en mycket stor dygnssumma fördelad på 15 timmar, med hjälp av registreringar från automatiska regnmätare under fall med stora dygns mängder och höga regnintensiteter, se Figur 1. De ca 100 automatstationerna som registrerade nederbörden upprättades omkring 1995 varför endast ett mindre antal extrema regn hunnit inträffa vid tiden för studien och fördelningen grundar sig därför endast på fyra regntillfällen. Fördelningen ska därför ses som schematisk. Genomgången visade att fall med mycket stora dygns mängder till övervägande

del noterats i samband med omfattande och i tiden långt utdragna regn, det presenterade typfallet representerar ett tämligen häftigt regn i den meningen att stor del av regnet i huvudsak fördelats på fem timmar.



Figur 1. Typfall med timfördelning i % av en mycket stor dygnsnederbörd. Hela dygnsnederbörden har fördelats på 15 timmar

### 3.3 UPPFÖLJNING AV DE SVENSKA RIKTLINJERNA FÖR DIMENSIONERING AV DAMMANLÄGGNINGAR

År 2008 gjorde SMHI en uppföljning av de svenska riktlinjerna för dimensionering av dammanläggningar på uppdrag av Svenska Kraftnät (Bergström m.fl., 2008). Den viktigaste frågan var ifall det fanns tecken på klimatförändringar i de svenska observationerna vilket skulle kunna påverka Flödeskommitténs riktlinjer. Slutsatsen var att förhållandena inte förändrats nämnvärt sedan riktlinjerna togs fram, förutom möjligen en ökad frekvens av skyfall. Vid tiden för studien bedömdes det därför inte fanns några skäl att ändra antaganden i riktlinjerna, men det påpekades att frekvensen av extrem nederbörd bör övervakas och analyseras mer noggrant framöver.

### 3.4 RIKTLINJER FÖR BESTÄMNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR DAMMANLÄGGNINGAR, SVENSK ENERGI, SVENSKA KRAFTNÄT OCH SVEMIN, 2015

Rapporten utgör en tredje omarbetad utgåva av riktlinjer som ursprungligen togs fram av Flödeskommittén 1990. Riktlinjerna från 2015 års utgåva har utarbetats av representanter från Svenska kraftnät, Svensk Energi och SveMin och vänder sig i första hand till dammägare och konsulter som utför dimensioneringsberäkningar. I den senaste utgåvan har bland annat slutsatser och rekommendationer från Klimatkommittén samt relaterade utvecklingsprojekt och användningen av klimat-scenarier för dimensioneringsberäkningar i ett föränderligt klimat inarbetats.

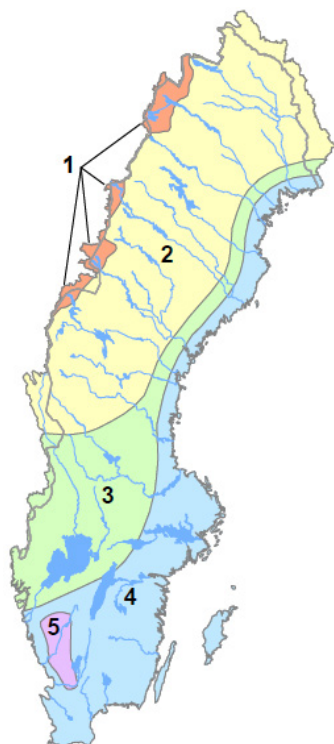
Vid bestämningen av dimensionerande flöden för dammanläggningar tillämpas en indelning i tre olika flödesdimensioneringsklasser. Indelningen bygger på vilka konsekvenser ett dammbrott skulle kunna medföra i samband med höga flöden. Klass I ger de högsta konsekvenserna för människor, miljö och ekonomi, klass II innebär konsekvenser främst för infrastruktur och miljö, medan anläggningar som klassats med klass III innebär en försumbar sannolikhet för konsekvenser på dessa värden. Dammanläggningar som i händelse av dammbrott inte skulle kunna orsaka skada för annan än dammägaren berörs inte av riktlinjerna.

Bestämningen av de dimensionerande flödena bygger på simuleringar med hydrologiska modeller för flödesdimensioneringsklass I och på statistiska metoder för flödesdimensioneringsklass II.

Metoden för bestämning av det dimensionerande flödet för dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I bygger på hydrologiska modellsimuleringar som beskriver följderna av att extremt stora nederbördsmängder faller under särskilt ogynnsamma förhållanden. Den angivna metoden i de uppdaterade riktlinjerna kan tillämpas för tillrinningsområden ner till storleken 1 km<sup>2</sup>. I rapporten anges, liksom i tidigare utgåvor, att det finns anledning till att studera om högre tidsupplösning än ett dygn i beräkningarna kan ställa krav på högre avbördningsförmåga för de minsta tillrinningsområdena.

Förloppet av det dimensionerande flödet simuleras med en hydrologisk modellteknik, där den verkliga nederbörden under 14 dygn ersattes av en dimensionerande nederbördssekvens. Nederbördssekvensen är specifik för olika regioner i landet och bestämdes enligt regionindelningen i Figur 2. Den dimensionerande nederbördssekvensen har bestämts genom analys av observerad extrem arealnederbörd i olika delar av Sverige, främst på observationer under åren 1881 – 1988.



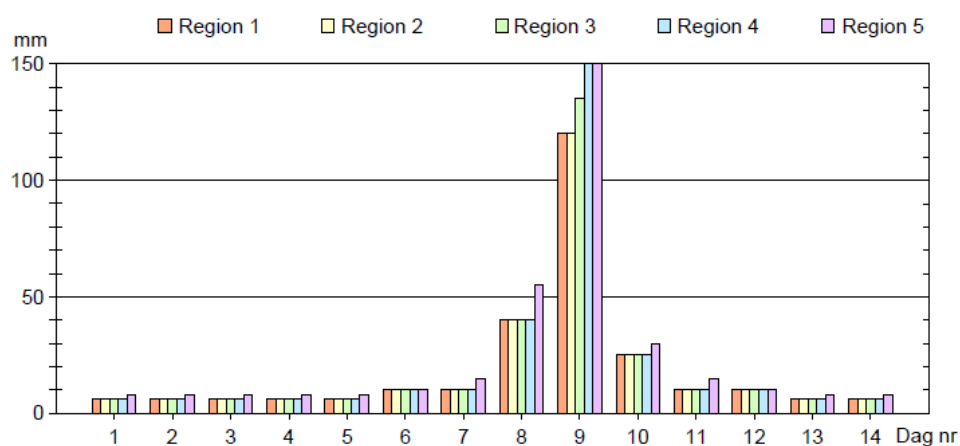


Figur 2. Regionindelning vid val av dimensionerande nederbördssekvens och årstidskorrektion.

Dimensionerande nederbördssekvenser för de olika regionerna ges i Tabell 1 och Figur 3. Nederbördssekvensen korrigeras med hänsyn till att nederbörden normalt ökar med höjden över havet, tillrinningsområdets storlek, tid på året som nederbörden antas falla samt till nederbördsregion.

Tabell 1. Dimensionerande nederbördssekvenser för olika regioner i landet. Värdena avser arealnederbörd över 1000 km<sup>2</sup> angiven i mm/dygn

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 3. Dimensionerande nederbördssekvenser för olika regioner i landet. Diagrammet avser arealnederbörd över 1000 km<sup>2</sup> angiven i mm/dygn

### 3.5 UPPFÖLJNING AV DE SVENSKA RIKTLINJERNA FÖR BESTÄMNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR DAMMANLÄGGNINGAR, KLIMATOLOGI NR 51, LOSJÖ M.FL., 2019.

SMHI genomförde på uppdrag av Svenska kraftnät en uppföljande utredning av riktlinjerna för dimensionerande flöden för dammanläggningar som togs fram 2015 (se avsnitt 3.4). För att undersöka om de parametrar som används för flödesbestämningen har förändrats över tiden, och därmed behöver justeras, gjordes analyser av huruvida det gick att se någon trend i nederbörd, snötäcke och extrem vind sedan de första riktlinjerna skrevs. Utöver detta gjordes analyser av de högsta årliga flödena som uppmätts vid vattenföringsstationer i Sverige för att se om det fanns någon trend.

Utvärdering av den dimensionerande nederbördssekvensen gjordes dels genom att analysera tillfällena med nederbörd större än 90 mm över 1000 km<sup>2</sup> under såväl 24 som 48 timmar för perioden från ca 1930 till 2018, och dels av den totala nederbördssumman under en 14-dygnsperiod 1961-2018. Även den högsta stationsnederbörd som varje år uppmätts (punkt-nederbörd) analyserades för perioden 1945-2018. Ingen av analyserna uppvisade en trend över de analyserade perioderna.

Slutsatsen var att inga förändringar av kriterierna i riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar behövde göras.

### 3.6 SKYFALLSUPPDRAGET – ETT REGERINGSUPPDRAG TILL SMHI, KLIMATOLOGI NR 37, OLSSON OCH JOSEFSSON, 2015

SMHI fick ett regeringsuppdrag 2015 med syfte att besvara ett antal frågeställningar om skyfall. I bilaga I till uppdraget återfinns en litteraturstudie om skyfall i Sverige och våra grannländer och en sammanställning av olika metoder för beräkning av extremnederbörd i Sverige, Norge, Danmark, Finland, Kanada, Frankrike, Tyskland, USA, Sydafrika, England och Australien. Dessa metoder återges dock inte här. I Bilaga VII till regeringsuppdraget beskrivs inledande försök med beräkning av "Probable maximum precipitation" (PMP) för svenska förhållanden, vilket definieras som den teoretiska maximala nederbörden för en viss varaktighet utan hänsyn taget till långa klimattrender. Syftet med att uppskatta ett värde på PMP är normalt att kunna beräkna det teoretiskt maximala vattenflödet PMF (Probable Maximum Flood) som används vid dimensionering och design av hydrauliska strukturer såsom dammar i en del länder. Beräkningar av PMP och PMF är approximationer då de bakomliggande fenomenen är fysikaliskt komplexa och det finns begränsningar i både tillgänglig data och i teoretiska beskrivningar.

#### 3.6.1 Extremnederbörd i Sverige

I utredningen redogörs för ett antal extrema skyfall som registrerats vid SMHIs mätstationer. Den största 15-minutersnederbörden som registrerats vid tiden för utredningen var 40 mm i Daglösen i östra Värmland den 5 juli 2000. En bedömning som gjorts vid SMHI uppskattade att det vid samma tillfälle och plats som mest föll en 1-timmesmängd på 81 mm.

Ett mycket kraftigt regn som diskuteras registrerades på SMHIs station på Orust natten 1-2 augusti år 2002 på 55 mm. På SMHI-stationen på Måseskär noterades 76 mm och i Rörastrand på Tjörn 49 mm. På Måseskär registreras timvis nederbörd, och under en enda timme mellan kl. 02 och 03 svensk tid uppmättes 40 mm. Mängderna varierade emellertid kraftigt över små avstånd, varför privata observationer var av stort intresse i kartläggningen av detta oväder, där västra Orust drabbades värst. I det mest utsatta området föll uppskattningsvis 180-200 mm regn under natten till den 2 augusti. Enligt en lantbrukare bosatt några km nordost om Nösund föll 120 mm mellan klockan 20.30 och 23.30, och 60 mm under resten av natten och morgonen. Dessutom kan det ha runnit över eller skvätt ur mätaren, något som har uppskattats till ca 20 mm. I Slätterna nära Stocken uppmättes 190 mm i en målarburk, vilket efter korrigering har uppskattats till 180 mm. Nederbörden avtog mycket tvärt från väster mot öster.

Ett annat, sannolikt ännu kraftigare regn, som beskrivs i sammanställningen inträffade på Fulufjället 1997. Den största uppmätta nederbörds mängden på en SMHI-station under 24 timmar var på stationen Storbron: Från kl. 14 den 30e till kl. 14 den 31e augusti 1997 noterades 136,9 mm. Vid Rösjöstugan nära Njupeskår gjordes en privat mätning med en enkel nederbörds mätare där noterades 276 mm på ett dygn; urskvättning från mätaren kan ändå ha förekommit. En analys, där även skadorna på terräng och vegetation vägdes in, ledde till en uppskattning av nederbörds mängder (dygn) på omkring 300-400 mm i ett mindre område utan några mätningar. Tim- och 15-minuters-nederbörd finns ej uppmätt från denna episod.

Även regnet den 17e augusti i Uppsala 1997 beskrivs, då en 10-minutersmängd på 28,5 mm uppmättes (se även avsnitt 3.7), samt regnet i sydvästra Skåne den 31e augusti (se avsnitt 3.12).

### 3.6.2 Extremnederbörd i Danmark

Ett mycket kraftigt skyfall inträffade i Köpenhamn den 2 juli 2011. I stort sett hela Storköpenhamn blev drabbat. I större delen av Köpenhamn föll mellan 30 och 90 mm under dygnet 2 juli. Botanisk Have fick mest med 135 mm som dygnsnederbörd, och på några platser kom över 50 mm på 30 minuter. Händelsen är känd som "Köpenhamnsregnet". Regnet används ibland som uppskattning av det värsta möjliga skyfallet som kan hända i Sverige. För beräkning av PMP för Köpenhamnsregnet se avsnitt 3.7.3.

### 3.6.3 Beräkning av PMP för två regnhändelser i Sverige med den lokala metoden

Enligt World Meteorological Organisation (WMO) finns det för närvarande sex metoder för beräkning av PMP. De flesta metoder för att beräkna PMP som tas upp av WMO bedöms kunna tillämpas på skandinaviska förhållanden men flera av metoderna är antingen mycket tidskrävande eller kräver tillgång till stora datamängder. Av metoderna som finns bedömdes den s.k. "lokala metoden" som enklast att använda och metoden testades för två fall av punktnederbörd i Sverige, ett fall då data för ett högeffektivt regnväder funnits och ett något mindre nederbördseffektivt fall.

Utgångspunkten för den lokala metoden är ett utvalt regnväder som ska representera en effektiv dynamisk mekanism. Det utvalda regnvädet (modellregnet) i studien maximerades sedan med hjälp av förstärkningsfaktorer för både tillgänglig fuktighet och nederbördseffektivitet (hur stor andel av tillgänglig fuktighet som fällt ut som nederbörd). Metoden kräver en relativt lång serie av nederbördsdata och även data av fuktighet i form av daggpunktstemperaturen.

Metoden testades på Daglösen-regnet den 5 juli år 2000 (det kraftigaste uppmätta regnvädreret vid SMHI:s automatstationer för korta varaktigheter) samt Malmö-regnet den 31 augusti 2014. De erhållna resultaten visade att metoden kan vara användbar för beräkning av punktnederbörd för enstaka platser i Sverige. För beräkning av PMP-värden för hela Sverige rekommenderades dock den s.k. generaliserade metoden utarbetad av WMO.

### 3.7 EXTREMREGN I NUVARANDE OCH FRAMTIDA KLIMAT, ANALYSER AV OBSERVATIONER OCH FRAMTIDSSCENARIER, KLIMATOLOGI NR 47, OLSSON M.FL, 2017

Denna utredning kan ses som en fortsättning på skyfallsuppdraget som SMHI genomförde 2015 (se avsnitt 3.6). Rapporten omfattar främst analyser av extrem korttidsnederbörd i observationer från SMHIs nät av automatiska meteorologiska stationer under perioden 1996 - 2017. Även analyser av korttidsnederbörd från kommunala mätare, manuella meteorologiska stationer, väderradar och klimatmodeller genomfördes.

I studien gjordes bland annat en regionalisering av extrem korttidsnederbörd (skyfall) för fyra regioner i Sverige: sydvästra (SV), sydöstra (SÖ), mellersta (M) och norra (N) Sverige. Regionaliseringen gäller enbart korttidsnederbörd, upp till maximalt 12 timmars varaktighet. Den regionala statistiken visade tämligen distinkta geografiska skillnader, men högst värden i region SV och lägst i region N. Under perioden 1996 – 2017 återfanns inga tydliga tidsmässiga tendenser vad gällde skyfallens storlek och frekvens i de olika regionerna. Inte heller extrem dygnsnederbörd från 1900 uppvisade några tydliga tendenser på regional nivå.

Studien visade att årets största nederbördsmängd under 15 min, på någon av SMHIs automatiska väderstationer, under perioden 1995-2017 varierade mellan 15 mm och 40 mm med ett snitt på 24 mm. De 23 årshögsta fallen inträffade från Malmö i söder till Saittarova i norr. Ett intressant fall som diskuteras inträffade i Uppsala där mätningar sker i Uppsala Universitets regi. Fallet var mer extremt än de som mätts på någon av SMHIs stationer. Under hela dygnet från kl. 08 den 17e augusti till kl. 08 den 18e augusti år 1997 föll det 104,4 mm regn. Nederbördsmängderna i Tabell 2 är korrigerade för mätfel.

Tabell 2. Uppsala Aut, 1997-08-17. Löpande 10-min nederbörd (Källa Hans Bergström, Uppsala Universitet)

Varaktighet	10 min	10 min	30 min	40 min	50 min	1 tim	2 tim
Volym [mm]	28.4	44.7	63.6	74.4	82.2	89.0	101.3

I rapporten diskuteras även anteckningar från äldre nederbördsjournaler, gjorda av SMHIs nederbördsobservatörer som noterat ännu större mängder än fallet i Uppsala. Ett exempel är en observatör i Skänninge (Östergötland) som rapporterade 110,8 mm i sin journal vid mätningen på morgonen den 2 juni 1897. Ett annat exempel är att observatören i Strömsnäsbruk (Södra Småland) som rapporterade den 2 juli 1949 kl. 07 på morgonen 78,6 mm som fallit sedan förra mätningen 24 timmar tidigare. I Tabell 3 ges fler exempel från SMHIs nederbördsstationer som rapporterats enbart genom en anteckning i journalen.

**Tabell 3. Exempel på extrem nederbörd under kort tid från SMHIs stationer. Varaktighet anges i timmar och minuter.**

Varaktighet	mm	Station	Landskap	Datum
00:20	48.6	Östersund	Jämtland	1972-07-19
00:30	110.8	Skänninge	Östergötland	1897-06-01
00:45	78.6	Strömsnäsbruk	Småland	1949-07-01
01:15	187.3	Härnösand	Ångermanland	1908-06-18
02:30	114.0	Singeshult	SV Småland	1946-07-15

Efter det att Olsson m.fl. publicerades 2017 har några fler händelser upptäckts som anteckningar av SMHIs observatörer i journaler. Bland dem kan nämnas Persberg i Värmland i juli 1983, där är det noterat 133,9 mm under ett dygn, varav 125,7 mm föll under 3 timmar under eftermiddagen. Det finns också en notering från Stenkvista i Sörmland i juli 1972 om 90,2 mm under två timmar (d.v.s. en bit från värdena redan noterade i Tabell 3). Likaså en notering från Borgvattnet i Jämtland om 89,2 mm under 1,5 timme kvällen den 30/5 1988. Det ska noteras att det inte är någon systematisk genomgång som ligger till grund för att de här noteringarna hittats, utan det är händelser som upptäcks i samband med att man i andra sammanhang behövt leta i journalerna, d.v.s. andra mer extrema fall kan mycket väl finnas i journalerna.

I SMHIs faktablad nr 4 "Extrem nederbörd 1900-2004" och i SMHIs tidskrifter "Månadsöversikt" och "Väder och Vatten" finns omnämnt ytterligare några fall från privata källor, som bedömts vara trovärdiga, se Tabell 4.

**Tabell 4. Exempel på extrem nederbörd under kort tid från privata mätningar. Varaktigheten anges i timmar och minuter.**

Varaktighet	mm	Station	Landskap	Datum
00:15	50	Degeberga, Kristianstad	Skåne	1973-07-08
00:15	52	Högsäter, Färgelanda	S Dalsland	2000-07-18
01:30	130	Tegelstrand och Slottet	Bohuslän	1973-07-10
02:50	162	Kinna	SV Västergötland	1995-07-15
03:30	185	Slättevå	SV Småland	1974-08-27

Tabell 5 listar de värsta nederbördshändelserna i kommunala mätare som skett under den bearbetade perioden för uppdraget. I tabellen ses Uppsalaregnet som nämns ovan.

Tabell 5. Extrema nederbördshändelser uppmätta i kommunala mätare.

Ort	Datum	mm	Varaktighet Tim:min
Uppsala	17 aug 1997	121.1	4:01
Kalmar	29 juli 2003	92.6	6:08
Karlstad	11 sept 1997	67.2	1:32
Stockholm	14 juli 1984	61.7	2:01
Växjö	3 sept 1997	51.4	3:17
Karlskrona	19 juli 2002	43.0	3:40
Malmö	13 aug 2004	42.6	2:38
Borås	2 aug 2000	34.5	1:26
Uddevalla	10 juni 2002	34.0	6:41
Jönköping	22 juli 2002	33.4	1:48

### 3.7.1 Skyfall med långa återkomsttider

För att uppskatta det värsta regn som kan inträffa i Sverige används olika metoder, som t.ex. Probable Maximum Precipitation (PMP). I praktiken används ibland de högsta observerade skyfallen i Sverige eller vårt närområde, t.ex. Köpenhamnsregnet 2011, som uppskattningar av det värsta möjliga skyfallet.

Under perioden 1995 – 2017 varierade årets största nederbördsmängd under 15 minuter, på någon av SMHIs automatiska väderstationer, mellan 15 mm och 40 mm med ett snitt på 24 mm. I Tabell 6 presenteras svenska nederbördsrekord från SMHIs automatiska väderstationer, dessa har kontrollerats mot observationer fram t.o.m. augusti 2020 och inga nya högre observationer har hittats.

Tabell 6. Största nederbördsmängder från enbart SMHIs automatstationer, från Olsson m.fl. (2017), kontrollerad för observationer t.o.m. augusti 2020 och inga nyare rekord är noterade.

Varaktighet	[mm]	Klimnr	Station	Datum
15-min	40.2	94390	Daglösen A	2000-07-05
30-min	57.9	94390	Daglösen A	2000-07-05
45-min	61.1	94390	Daglösen A	2000-07-05
1-tim	<sup>1)</sup> 61.5	94390	Daglösen A	2000-07-05
2-tim	90.9	94390	Daglösen A	2000-07-05
3-tim	91.3	94390	Daglösen A	2000-07-05
4-tim	91.5	94390	Daglösen A	2000-07-05
5-tim	91.5	94390	Daglösen A	2000-07-05
6-tim	92.3	106160	Kerstinbo A	2002-07-20
12-tim	101.8	75250	Målilla A	2012-07-08

<sup>1)</sup> Data saknas under en timme den aktuella dagen de fyra kvartsvärdena timmen innan som innehöll det högsta kvartsvärdet. Sverker Hellström, som var vakthavande meteorolog den aktuella dagen, har dock en handskriven anteckning om att det kom 81,3 mm på en timme.

### 3.7.2 Regnets tidsfördelning inom en händelse

Frågeställningen om när under en regnhändelse toppen, det vill säga den högsta intensiteten, sker är kopplad till de typregn som används vid t.ex. dimensionering av avloppsnät. I rapporten gjordes en uppdaterad undersökning av tidsfördelningen inom regnhändelser i Sverige där de mest intensiva regnen plockades ut från kommunala stationsdata. Dessa indelades därefter i tre klasser med avseende på varaktighet (V):

- Korta regn:  $V \leq 60$  minuter (antal regn: 111)
- Medellånga regn:  $60 < V < 90$  minuter (antal regn: 100)
- Långa regn:  $V \geq 90$  minuter (antal regn: 133)

Därefter utfördes en klusteranalys av regnens tidsmässiga fördelning på så sätt att fem naturliga kluster bildades för varje varaktighetsklass. Dessa kluster visade sig representera fem "typformer" för en regnhändelse med avseende på när under händelsen regnets tyngdpunkt (d.v.s. den mest intensiva perioden) inträffar: (1) alldeles i början av regnet, (2) efter ungefär en fjärdedel av regnets varaktighet, (3) ungefär i mitten av regnet, (4) efter ungefär tre fjärdedelar av regnets varaktighet, (5) alldeles i slutet av regnet.

Andelen regn som hade sin tyngdpunkt innan mitten av regnet (typform 1 och 2) var ~45% för alla varaktighetsklasser. För de korta regnen (<60 minuter) var fördelningen mellan typformer 3, 4 och 5 relativt jämn emedan det för långa regn (>90 minuter) var ovanligt att ha tyngdpunkten under regnets andra halva (typform 4 och 5).



Sammanfattningsvis visade analysen att korta regn (<1 timme) kan ha sin tyngdpunkt när som helst under regnhändelsen medan för allt längre regn hamnar tyngdpunkten allt oftare under regnets första halva.

### 3.7.3 Beräkning av PMP i Köpenhamn med den lokala metoden

Den lokala metoden testades för beräkning av PMP i Köpenhamn med hjälp av metrologiska data från Danmarks metrologiska institut (DMI) sedan 1966 samt korttidsnederbörd sedan 1979. Det erhållna PMP-värdet motsvarade en återkomsttid på ca 5000 – 100 000 år, vilket inte är ett orimligt värde enligt WMO.

Det beräknade PMP-värdet för tre timmars varaktighet för Köpenhamn, 150,4 mm, låg i samma storleksordning som tidigare beräknade PMP-värden med tre timmars varaktighet för Daglösen och Malmö (136,9 mm respektive 112,8 mm). PMP-värden beräknades även för 30 minuter och 1 timmes varaktighet, se Tabell 8.

Tabell 7. PMP-analys av regnen i Köpenhamn 2011 och Daglösen 2000

Varaktighet	Köpenhamn 2011			Daglösen 2000		
	Nederbörds- mängd (mm)	Förstärknings- faktor	PMP (mm)	Nederbörds- mängd (mm)	Förstärknings- faktor	PMP (mm)
30 min	53.0	1.75	92.9	57.9	1.58	91.7
1 tim	93.2	1.49	139.2	81.3	1.71	139.0
3 tim	120.6	1.25	150.4	91.4	1.50	136.9

I PMP-metoden är den förstärkningsfaktor som avspeglar regnets "effektivitet" särskilt osäker. För Daglösen, med enbart ca 20 års data, manifesteras denna osäkerhet i att PMP-värdet blir högre för 1 timme än 3 timmar (vilket är omöjligt), eftersom förstärkningen blir avsevärt större i det förra fallet. PMP-värdet för 3 timmar i Köpenhamn bedöms alltså som mer trovärdigt.

### 3.8 P104, SVENSKT VATTEN, 2011

Vid beräkning av dimensionerande regnintensitet för dimensionering av dagvatten- och avloppssystem i Sverige rekommenderar branschorganisationen Svenskt Vatten att Dahlströms ekvation används, om inte den aktuella orten har egen etablerad regnstatistik. Regnintensiteten beräknas enligt ekvation 1:

$$i_{\text{Å}} = 190 \cdot \sqrt[3]{\text{Å}} \cdot \frac{\ln(T_r)}{T_r^{0,98}} + 2 \quad (\text{ekvation 1})$$

där

$i_{\text{Å}}$  = regnintensitet, l/s, ha

$T_r$  = regnvaraktighet, minuter

$\text{Å}$  = återkomsttid, månader [månader]

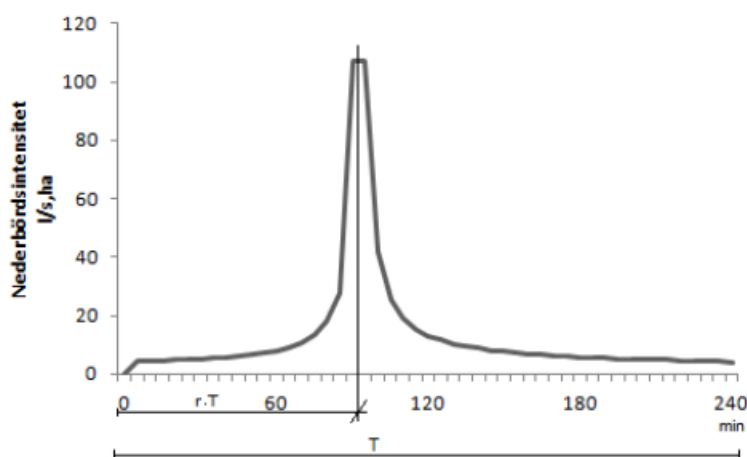
Det dimensionerande flödet beräknas med hjälp av den s.k. rationella metoden, där regnintensiteten är en av de ingående parametrarna. Ekvationen kan användas för hela Sverige.

Dahlströms ekvation (2010) (ekvation 1) är utvecklad för att beräkna dimensionerande regnintensitet i Sverige för varaktigheter från 5 minuter och upp till 24 timmar. Ekvationen har utgått från en molnfysikalisk beskrivning av förlopp i kondensationsprocessen och sedan förenklats för att vara användbar för samhällsnyttiga tillämpningar. Metodiken är begränsad till att beskriva händelser med 100-års återkomsttid. Enligt ekvationen blir intensiteten för ett 1-timmes 100-årsregn 151,54 l/s ha, vilket motsvarar en nederbördsintensitet på 55 mm/h.

### 3.8.1 CDS-regn

För beräkning av avrinning krävs indata på hur nederbördsintensiteten varierar med tiden, en s.k. hyetograf. Två typer av nederbördsdata kan då användas, dels historiska regnhändelser, dels s.k. typregn. Ett typregn är ett beräkningsregn som är utvecklat för dimensionering eller analys av ett eller flera delar av ett avloppssystem, som ledningar och/eller utjämningsmagasin. De flesta typregn är kopplade till en återkomsttid och flödesvärdet, som beräknas med typregnet som indata, antas erhålla samma återkomsttid som regnet.

Vanligtvis får typregnen sin återkomsttid genom koppling till intensitets-varaktighetskurvor. Viktiga egenskaper hos typregnen är totalvolymen, tidsförloppets utseende samt intensitetsmaximums storlek och läge. Exempel på typregn för dimensionering och analys av ledningar och magasin för reduktion av maxflöden är det kallade CDS-regnet (Chicago design Storm). Regnet byggs upp av ett flertal blockregn med varierande varaktighet och intensitet, och består av ett för-regn, ett intensitetsmaximum och ett efter-regn. Den viktigaste egenskapen hos CDS-regnet är att maximala medelintensiteter för olika varaktigheter följer en intensitets-varaktighetskurva. Exempel på ett CDS-regn med en varaktighet på fyra timmar kan ses i Figur 5.



Figur 4. Exempel på ett CDS-regn med en varaktighet på fyra timmar. T står för regnets totala varaktighet och r är en parameter som påverkar tidsavståndet från regnets start till intensitetsmaximum.

En fördel med CDS-regn är att det byggs upp av data som är tillgängliga för många delar av Sverige. Nackdelar inkluderar bland annat att fördelningen har en onaturligt spetsig form och att sammansättningen av dataserien medför att det totala CDS-regnet får en återkomsttid som är längre än återkomsttiden för individuella punkter på intensitets-varaktighetskurvan. Svenskt Vattens P104 ger tillämpningar för återkomsttider "enbart" upp till 100 år.

Om den tillämpas på ett 24 timmars regn kan det noteras att ju högre återkomsttid det är på regnet, desto större andel faller under maxtimmen. Men eftersom det enbart är giltigt upp till 100-års återkomsttid är det svårt att tillämpa i detta sammanhang.

### **3.9 NEDERBÖRDSSTATISTIK FÖR DIMENSIONERING AV DAGVATTENSYSTEM "STATE OF THE ART"**

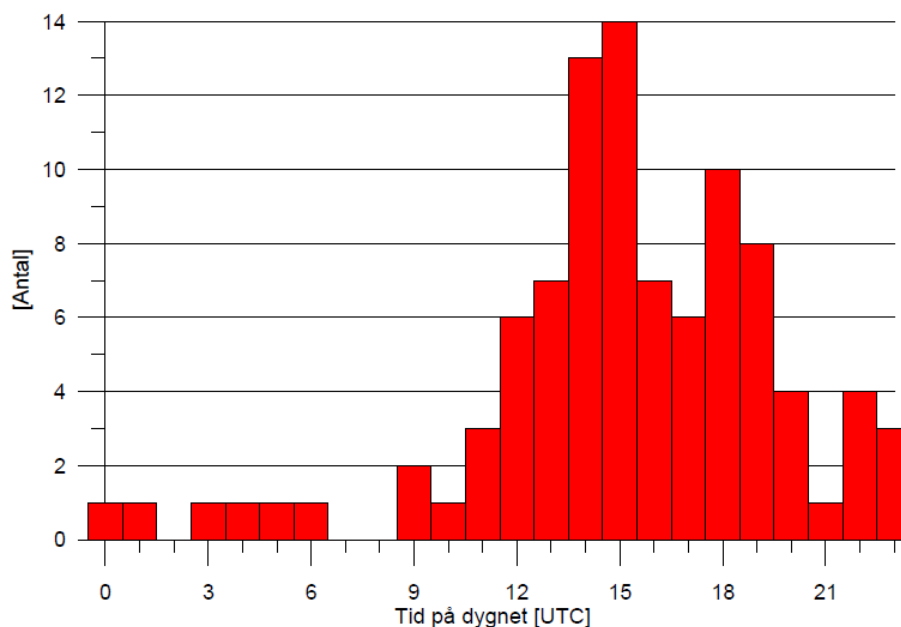
Rapporten summerar läget avseende svensk nederbördsstatistik för dimensionering av dagvattensystem och djupdyker i olika nederbördsformler, nederbördsobservationer och klimatscenarier. I rapporten diskuteras Svenskt vattens nederbördsformler utvecklade av Bengt Dahlström, 2010, SMHI:s formel i rapporten "Extremregn i nuvarande och framtida klimat, analyser av observationer och framtidsscenarier" samt Dahlströms uppdaterade nederbördsformel, Hernebring C m.fl., 2018. Därefter ges ett antal rekommendationer. Det rekommenderas bland annat att tills vidare fortsätta använda Dahlström, 2010 för dimensionering av dagvattensystem. Dahlström, 2010 kan dock komma att ersättas av Dahlström, 2018 efter ytterlig utvärdering av den nya formeln. Det rekommenderas även att SMHI:s automatstationsdata kompletteras med kommunala nederbördsobservationer som inarbetas i SMHI:s databas för att ta fram ny regnstatistik, som bör bli den nationellt gällande regnstatistiken. Rekommendationer från Svenskt vatten gällande klimatfaktor rekommenderas fortsatt gälla.

#### **3.10 KORTTIDSNEDERBÖRD I SVERIGE 1995 – 2008. METEOROLOGI NR 139/2009, WERN OCH GERMAN, 2009**

Intensiva regnhändelser är viktiga att studera inom urban hydrologi då avrinning från hårdgjorda ytor sker mycket snabbt. Nederbördsserier med hög upplösning har därför mycket stor betydelse för all planering, analys och dimensionering av dagvattensystem, både för rörnät och öppna diken.

År 1995 började SMHI installera automatiska mätstationer för nederbörd. Vid tiden för studien fanns 114 automatstationer utplacerade över hela Sverige med 1211 stationsår med 15 minuters nederbörd. Syftet med studien var att analysera regn med regn med varaktighet från 15 min till 96 timmar som lagrats av stationerna för att se om datan var av användbar kvalitet och i så fall säkra tillgången till den. Resultaten av analyserna visade att kvaliteten var god och analyserna stämde överens med tidigare studier av andra data.

En del av frågeställningen var att analysera när de korta regnen var som intensivast. Figur 5 visar hur fördelningen av nederbörd såg ut över dygnet för regn som gett minst 15 mm nederbörd och pågått minst 15 min. Observera att det är UTC-tid i diagrammet (koordinerad universell tid).



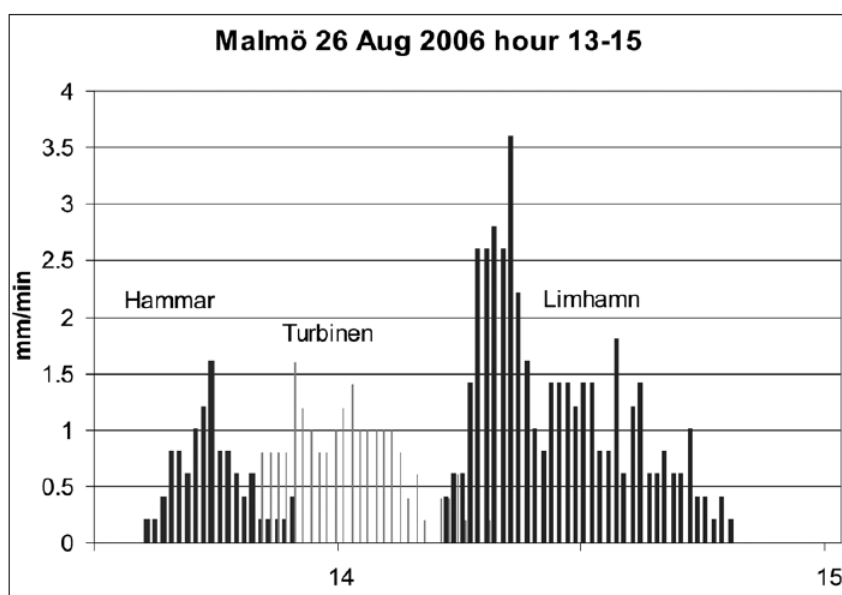
Figur 5. Tid på dygnet när det regnat minst 15 mm på 15-min

En av slutsatserna i studien var att för regnvaraktigheter upp till några timmar är det lämpligast att använda samma nederbördsmängd för olika återkomsttider för hela Sverige.

### 3.11 INTENSIVA REGN I MALMÖ, LARS BENGTSSON OCH STEFAN MILOTTI, 2008

I studien analyserades kortvariga intensiva regn med varaktighet upp till en timme åren 1980 – 2007 från nederbördsmätare i Malmö för att finna intensiteter med lång återkomsttid. Oberoende observationer från olika stationer sammanfördes till en serie till vilken sannolikhetsfördelningar anpassades. För att undersöka om regnintensiteter var annorlunda idag jämfört med tillbaka i tiden gjordes en jämförelse mellan nya och gamla regndata. Trender över 20 – 25 år beräknades för två stationer. Det framkom att 10 – 25 åriga regnserier från enstaka stationer var för korta för att ge en bra uppskattning av regn med lång återkomsttid, eftersom en enstaka händelse då fick mycket stor betydelse. En god anpassning till teoretiska extremvärdessamband uppnåddes då fler stationsdata sammanfördes och därmed antal stationsår ökades. De största observerade regnen i Malmö under den studerade perioden beräknades ha en återkomsttid på ca 100 år. Inga slutsatser kunde dras om eventuella trender.

De mest intensiva regnen i Malmö sedan vippmätningar infördes hade registrerats i Limhamn vid tiden för studien. Det största regnet med längre varaktighet föll under timme 15 den 26 augusti 2006, se Figur 7. Under timmen föll 43 mm, men det mesta var koncentrerat till en halvtimme, 41 mm; hela dygnsnederbörden var 45 mm. Också maxvärdena, vid tiden för denna studie, för regn i Malmö med varaktighet 10–20 minuter härrör från detta regn; 5-minutersregnet var 14 mm. Som framgår av Figur 7 var regnet intensivt under delar av samma period i Hammars park och vid Turbinen (9 respektive 11 mm under 10 minuter samt 11 respektive 19 mm under 20 minuter).



Figur 6. Regnintensitet vid tre stationer i Malmö mellan kl. 13 och 15, 26 augusti 2006.

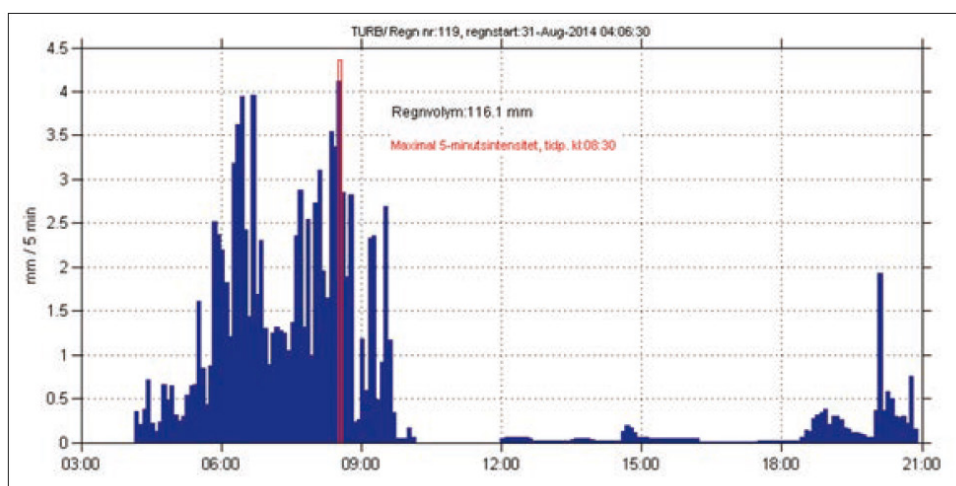
### 3.12 SKYFALLET I SYDVÄSTRA SKÅNE 2014-08-31. FOKUSERAT MOT KONSEKVENSER OCH RELATION TILL REGNSTATISTIK I MALMÖ, HERNEBRING M.FL, 2015.

Under sensommaren 2014 inträffade en rad intensiva regnhändelser, som orsakade svåra översvämningar i ett flertal kommuner i Sverige. I särklass stod skyfallet i sydvästra Skåne den 31/8, inte bara sett till regnintensiteter och -volym, utan också det faktum att de intensivare delarna av nederbörden föll över centrala Malmö med stora skadeverkningar som följd. Regnförloppet är sällsynt väldokumenterat genom VA SYDs regnmätarsystem i Malmö och Burlöv, men även inom angränsande kommuner.

Dansk Hydraulisk Institut (DHI) gjorde på uppdrag av VA SYD en statistisk utvärdering av samtliga tillgängliga högupplösta regndata inom Malmö kommun t.o.m. kalenderåret 2012. Regndata hade samlats in vid åtta olika stationsplaceringar under varierande tidsperioder, som längst sedan april 1980. Utvärdering av regnstatistik för enstaka stationsplaceringar har gjorts tidigare, se Bengtsson och Milotti, avsnitt 3.11. Resultaten som redovisas där avsåg bara regnvaraktigheter på upp till en timme. Det unika med resultaten från denna studie är att samtliga kvalitetsgranskade data inom kommunen har inkluderats,

och att statistikberäkningarna skett för avsevärt längre regnvaraktigheter än vad som är brukligt. Vanligen gäller framtagen regnstatistik upp till några timmars regnvaraktighet, eller på sin höjd upp till ett dygn. Den regnstatistik som presenteras i studien gäller i varje fall upp till 4 dygn, och kan möjligen extrapoleras till en vecka.

DHI redovisade år 2014 en analys av VA SYDs nederbördsregistreringar under skyfallet. Analysen avsåg enbart tidsintervallet för det egentliga skyfallet ca kl. 04–kl. 10 den 31/8 (tidsangivelser i svensk sommartid). Några timmar senare under kalenderdygnet föll ytterligare nederbörd, ca 12–16 mm, men med lägre intensitet. En uteslutning av dessa senare regnvolymer bedömdes inte påverka det redovisade resultaten, där utvärdering skett för regnvaraktigheter upp till 6 timmar. Situationen under dygnet illustreras på data från VA SYD i Figur 7.



Figur 7. Registrerat regnförlopp i VA SYDs nederbördstation M01 Turbinen under hela kalenderdygnet den 31/8 2014. Ursprungsdata i form av 0,2 mm vippningshändelser har ackumulerats som 5-minutersvärden.

Registrerad maximal 6-timmarsvolym i Vellinge och Malmö (145 respektive 122 mm) är omkring dubbelt så mycket som tidigare bedömts vara en 100-årshändelse (69 mm).

## 4 Metodbeskrivning

### 4.1 IDENTIFIERING AV NEDERBÖRDSMÖNSTER

För att identifiera vilka olika typer av nederbördsmonster som finns i automatstationsdata som analyserades i detta projekt användes samma klustermetod som i Skyfallsuppdraget 2018, bilaga IV (Olsson, m.fl., 2018). För detaljer kring metodiken hänvisas läsaren till denna bilaga. Kortfattat går metodiken ut på att extrema nederbördshändelser extraheras ur dataunderlaget, och med k-means-klustring grupperas dessa i ett antal "kluster" med liknande utseende, som representerar olika regntyper.

Den använda klustermetod går ut på att först identifiera alla händelser som anses tillräckligt extrema för att ingå i dataunderlaget för grupperingen. Detta görs genom att välja en volymtröskel och bara inkludera händelser vars volym överskrider denna tröskel. Hur tröskeln väljs är en kompromiss; väljs en för hög tröskel fås väldigt extrema händelser, men sannolikt för få händelser för att få ett bra dataunderlag. Väljs en för låg tröskel fås stort dataunderlag, men många händelser är sannolikt inte särskilt extrema. Varje nederbördshändelse behöver dessutom ha ett minsta avstånd till sin närmsta händelse för att undvika att två händelser fångar samma nederbördstillfälle. För att ta fram hur många kluster som är lämpligt användes Matlabs rutin "evalclusters", som i sin tur använder Calinski-Harabasz.

Notera att innan klustringen av data gjordes normeras alla händelser så att de har volym 1. Detta gör att alla händelser blir jämförbara med varandra, oavsett deras volym (så länge som den är större än vald tröskel). Eftersom total volym är 1 för hela händelsen blir enheten på nederbörden per timme andel av totalvolym som faller denna timme.

För att få en uppfattning av en eventuell geografisk spridning delades automatstationerna in enligt de 5 regionerna, se Figur 2. Resultaten av klustringen presenteras både för var och en av dessa regioner, samt för Sverige som helhet.

Uttryckt lite mer informellt är syftet med klusteranalysen att hitta signifikant olika nederbördsfördelningar. Händelser som liknar varandra i den bemärkelsen att deras fördelning av hur volymen fördelas över händelsens 24 timmar kommer att hamna i samma kluster. En klustertyp skulle kunna vara "händelser som släpper största delen av sin volym i slutet av 24-timmarsfönstret", och en annan skulle kunna vara "händelser som släpper ungefär 1/24 av volymen för alla 24 timmar".

Observera att 24-timmarsfönster i denna analys är ett flytande fönster (på 15-minutersupplösning).

En uppdelning av nederbördshändelser på säsonger gjordes, mer exakt på halvårsbasis, d.v.s. att händelserna separerades i två grupper: mars till augusti ("sommarhalvåret"), och september till februari ("vinterhalvåret"). En överlägsen majoritet av händelserna har skett under sommarhalvåret. Därför beslutades det att inte gå vidare med denna analys då resultaten sannolikt inte skulle bidra med någon ytterligare information.

Händelserna analyserades även sett till stationshöjd, för att undersöka om klusterfördelningen varierar med höjd över havet. Vi fann att i princip alla stationer som bidrog med händelser till vårt dataunderlag hade en stationshöjd på under 600 meter. Det ansågs därför inte motiverat med en uppdelning, då det denna höjdvaryation inte väntas påverka resultaten nämnvärt.



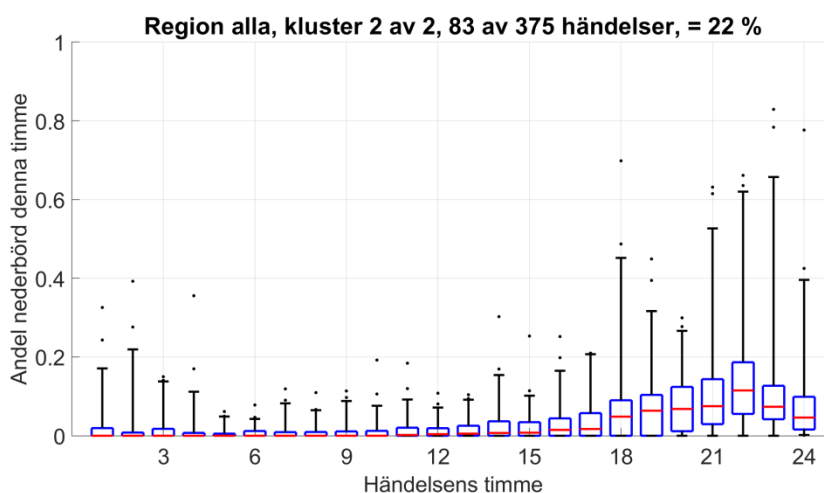
## 5 Resultat

### 5.1 NEDERBÖRDSMÖNSTER

I detta projekt valdes nederbördströskeln 50 mm på 24 timmar. Valet av tröskelvärde får balanseras mot tillgängliga data, eftersom det är extrema händelser som ska analyseras är en hög tröskel önskvärd, samtidigt som tillräckligt många händelser måste fångas för att analysen ska vara statistiskt meningsfull. Även 90 mm i dygnsnederbörd testades (90 mm har använts i många andra utvärderingar, t.ex. Losjö m.fl., 2019). Det gav dock för få händelser för att ge ett rimligt underlag.

Tidsperioden mellan händelserna valdes till minst 7 dygn mellan två på varandra följande händelser, från samma station. Detta tidsfönster är subjektivt valt, men ansågs vara ett tillräckligt stort fönster för att få oberoende händelser, men inte så pass stort att man går miste om extremer. Totalt identifierades 375 händelser med detta tidsfönster mellan händelser, samt tröskeln på 50 mm på 24 timmar.

Exempel på resultat från klusteranalys visas i Figur 8, denna visar data inom respektive kluster.



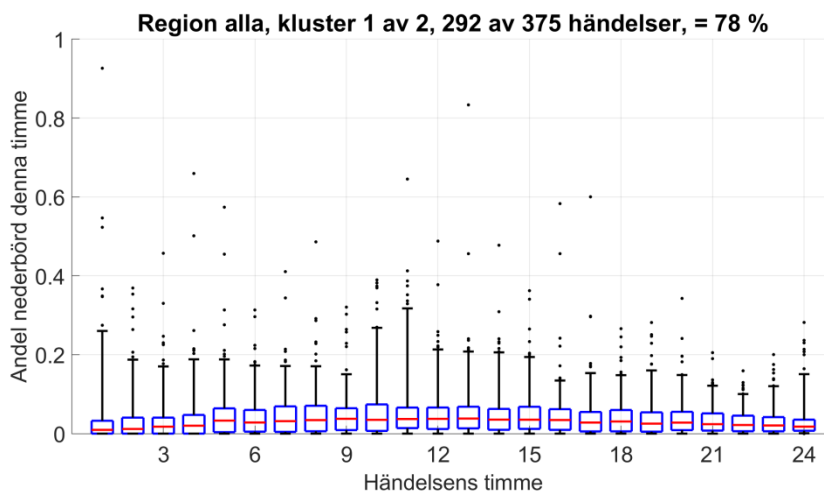
Figur 8 Resultat av klusteranalysen, för data från alla regioner. Här presenteras kluster nummer 2, som innefattar 22% av alla händelser. Vi ser en ökning av intensitet i slutet av händelsen (kring händelsens timme 22), vilket innebär att detta kluster är för händelser som har en lite större del av sin nederbörd i slutet av händelsen.

Nedan följer en förklaring av bilden:

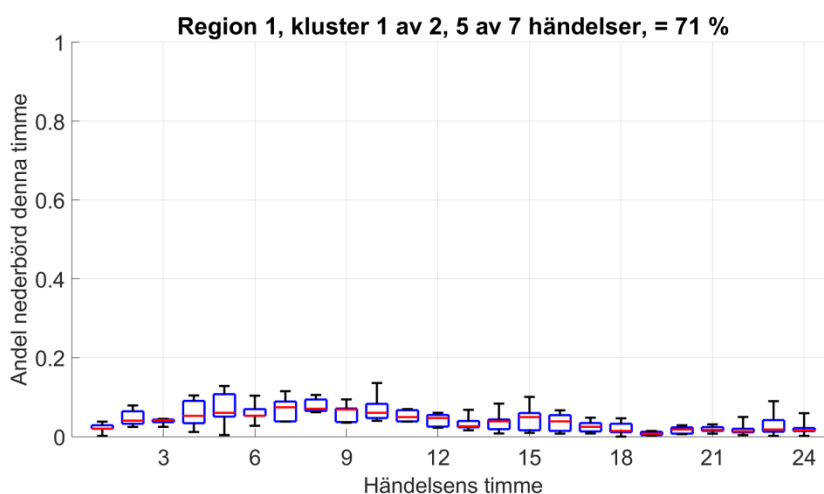
- I denna figur har alla automatstationer i Sverige använts, vilket framgår av strängen "Region alla" i titeln.
- 2 kluster användes i denna analys, och det som visas i figuren ovan är kluster 2, vilket också framgår i titeln. För att hitta optimalt antal kluster användes Matlabs rutin "evalcluster", vilket alltså gav 2 som det optimala antalet.

- Varje steg på x-axeln är en timme för nederbördshändelsen. Eftersom vi tittar på 24-timmarsregn är det totalt 24 steg.
- I detta exempel är det 83 händelser som ansågs ha detta nederbördsmönster.
- På varje x-steg är det ett rött streck och en blå låda runt strecket. Det röda strecket är medianen av andelen regn som faller över denna timme, sett över alla händelser som klassificerades i detta kluster. Den blå lådan är 25- och 75-percentilerna.
- Svarta heldragna streck under och ovanpå respektive box är ett symmetriskt 95 %-igt täckningsintervall. Med andra ord ligger 95 % av värdena inom detta intervall.
- Svarta "stjärnor" är punkter utanför 95 %-iga intervallet, och motsvarar alltså extremerna för den timmen.
- Y-axeln anger andel av nederbördsvolymen som släpps denna timme. T.ex. betyder 0.1 att 10 % av volymen faller denna timme.
- Mer konkret räknas det alltså ut hur stor andel av nederbörden som släpps för respektive händelse för de 83 händelser som klassades in i detta kluster. T.ex. för första timmen har varje händelse en viss andel av sin nederbördsvolym som släpps denna timme. Det röda strecket är då medianen för dessa 83 värden.
- Vi ser i figuren ovan att den nederbördstyp som identifierats är nederbörd som släpper största delen av sin nederbörd i slutet av 24-timmarshändelsen. I synnerhet är det timme 22 som släpper mest regn, där medianen är att 11 % av nederbörden faller denna timme.

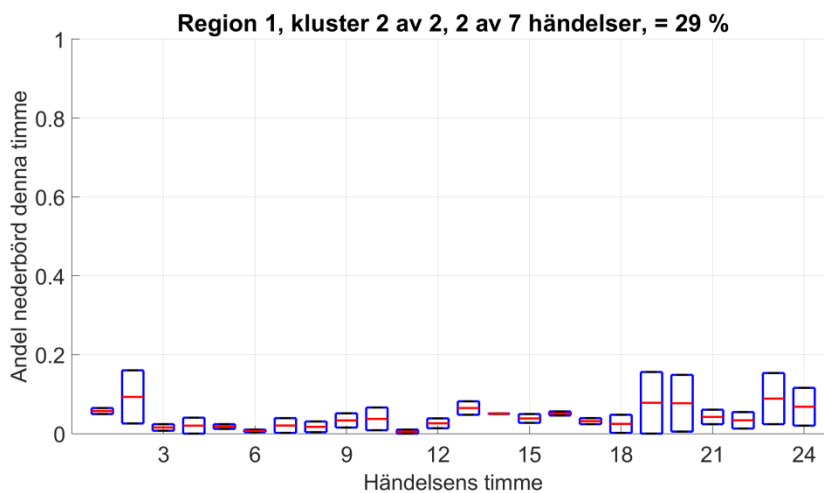
Nedan visas samtliga resultat från klustringen. Se vidare avsnitt 7 Diskussion för närmare kommentarer och analys av resultaten



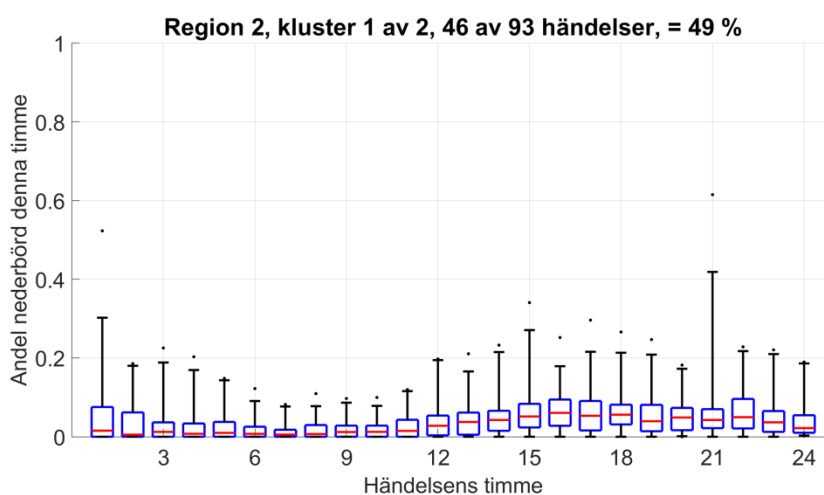
**Figur 9** Resultat från klusteranalysen alla regioner, kluster 1 av 2. Vi ser att här är det ungefär lika stor andel av nederbörd som släpps för alla 24 timmar. Detta kluster kan ses som händelser som har en jämn nederbördsfördelning.



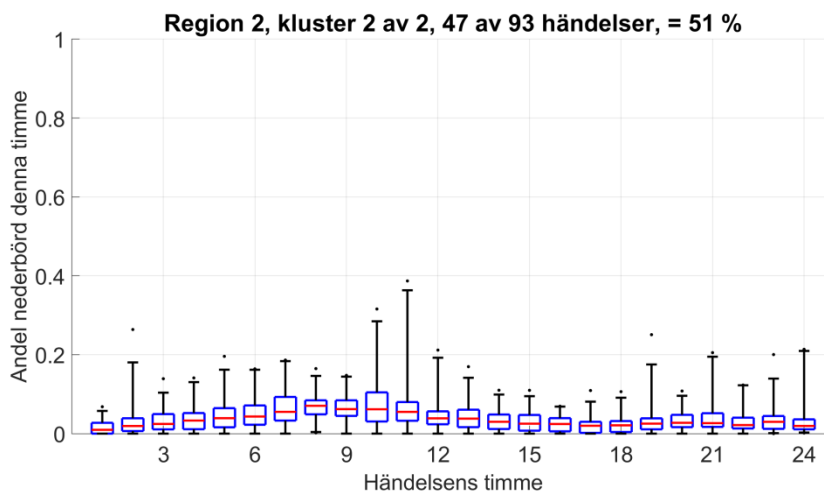
**Figur 10** Resultat från klusteranalysen för regioner 1, kluster 1 av 2. Våldigt få händelser här, så svårt att dra några slutsatser. Det verkar vara lite högre intensitet kring timme 8. Detta kluster kan ses som gruppen av händelser som är som intensivast kring denna timme.



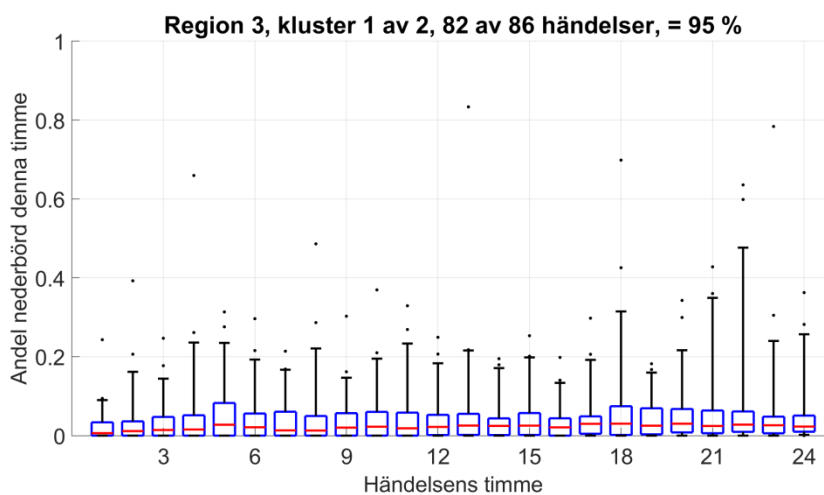
Figur 11 Resultat från klusteranalysen för regioner 1, kluster 2 av 2. Väldigt få händelser här och därför svårt att dra några slutsatser.



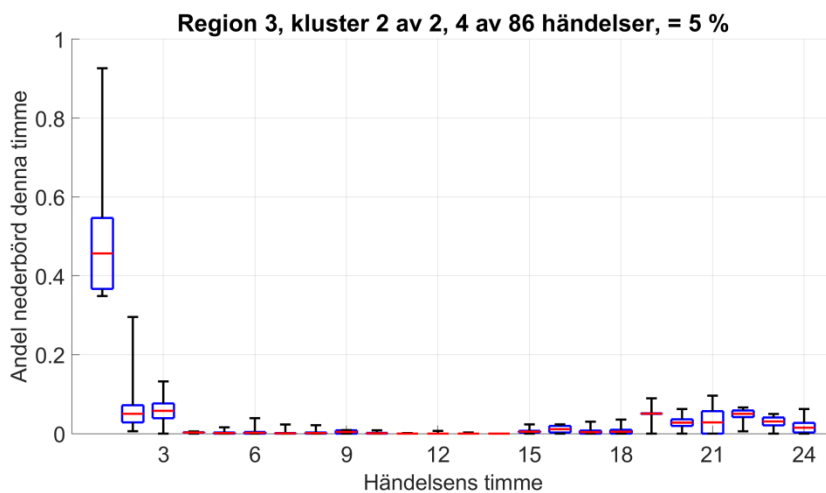
Figur 12 Resultat från klusteranalysen för regioner 2, kluster 1 av 2. Detta kluster verkar vara händelser som har lite större intensitet kring timme 16, alltså senare halvan av händelsen. Vi ser att här är det ungefär lika stor andel av nederbörd som släpps för alla 24 timmar. Detta kluster kan ses som händelser som har en jämn nederbördsfördelning.



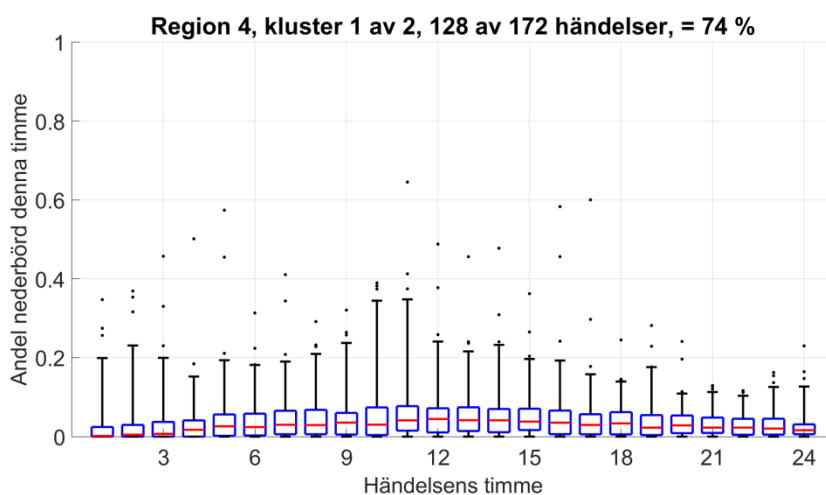
Figur 13 Resultat från klusteranalysen för regioner 2, kluster 2 av 2. Detta kluster verkar vara händelser som har högst intensitet kring timme 10.



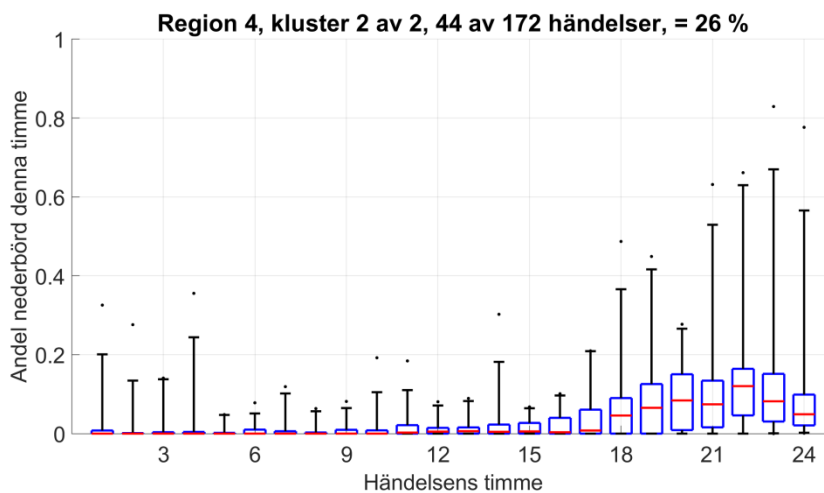
Figur 14 Resultat från klusteranalysen för regioner 3, kluster 1 av 2. Här är det ganska jämn fördelning i tiden. Detta kluster kan ses som att det representerar nederbördshändelser med jämnt fördelad nederbörd.



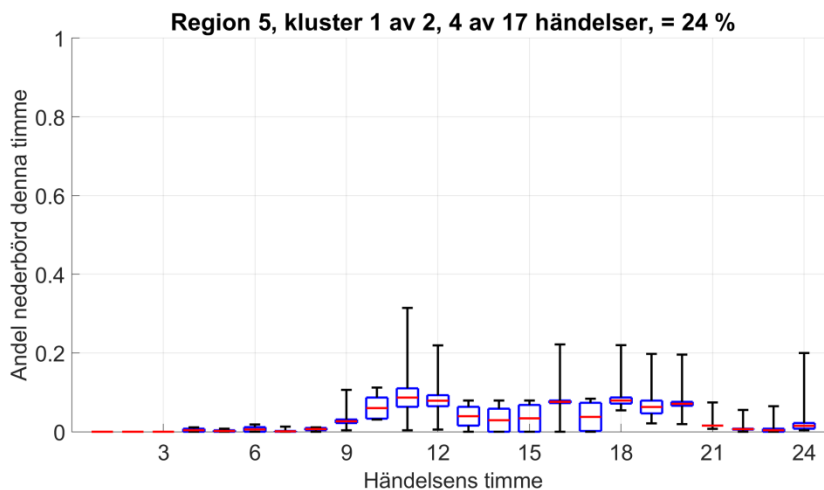
**Figur 15** Resultat från klusteranalysen för regioner 3, kluster 2 av 2. Detta kluster innehåller endast 4 av 86 händelser, så man bör nog inte dra några slutsatser från det, utan detta är de händelser som inte passade bra in i kluster 1. Möjligen kan man se att dessa 4 händelser har hög intensitet de första 3 timmarna, men svårt att dra slutsatser med så litet underlag.



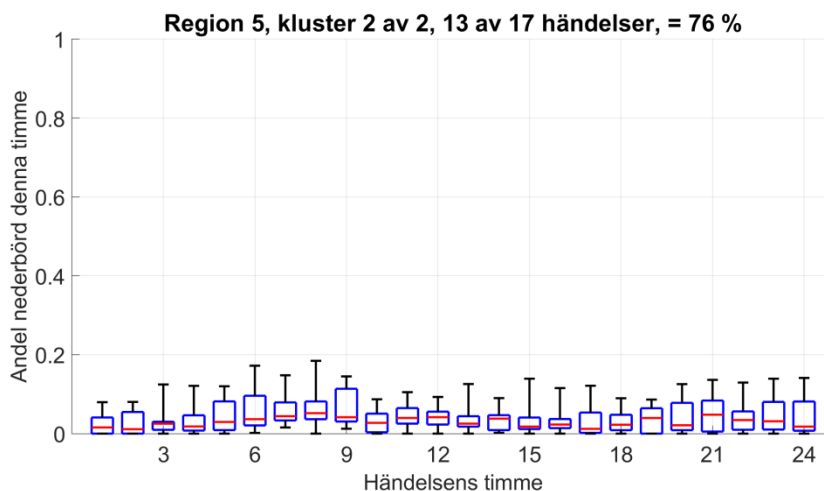
**Figur 16** Resultat från klusteranalysen för regioner 4, kluster 1 av 2. Här har vi jämnt fördelad nederbörd i tiden.



Figur 17 Resultat från klusteranalysen för regioner 4, kluster 2 av 2. Vi ser att det är högre intensitet de sista 6 timmarna av händelserna här.



Figur 18 Resultat från klusteranalysen för regioner 5, kluster 1 av 2. I detta kluster är det väldigt få händelser, så det är svårt att dra generella slutsatser. Möjligen är det lite högre intensitet i mitten av händelserna här.



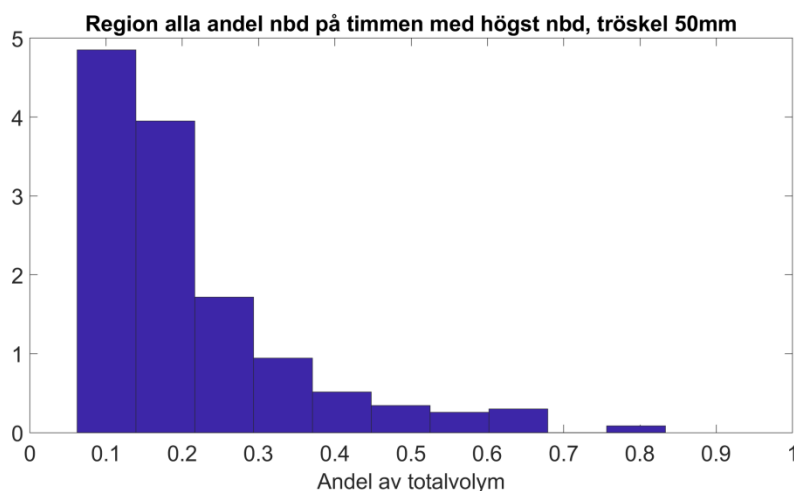
Figur 19 Resultat från klusteranalysen för regioner 5, kluster 2 av 2. Det verkar vara ganska jämnt fördelad nederbörd över de 24 timmarna i detta kluster. Möjligen lite högre intensitet kring timme 8 och 21. Dock är det ett relativt litet dataunderlag, så man bör vara försiktig med slutsatser här.

## 5.2 INTENSIVASTE TIMMEN

Ytterligare en intressant aspekt är att studera hur stor andel av totalvolymen som faller under den timme med intensivast nederbörd. Nedan visas normerade histogram över andel av totalvolym som faller under intensivaste timmen.

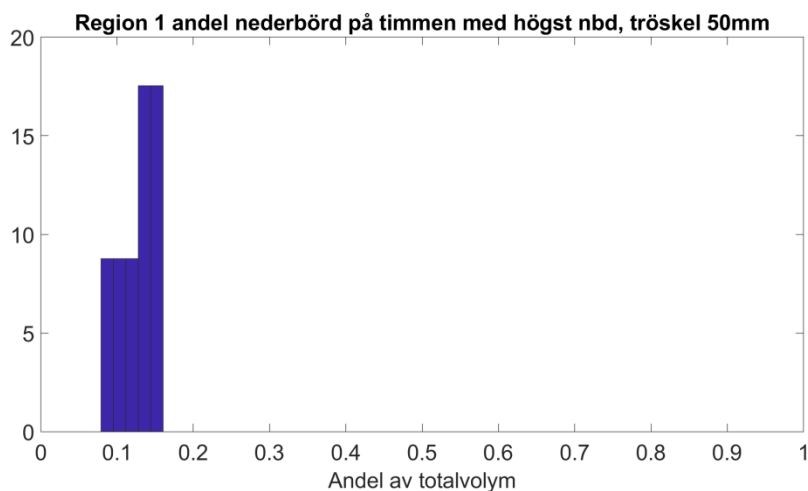
Histogrammen nedan är normerade, vilket betyder att deras area är skalad så att den summerar till 1. Tolkningen av dessa normerade histogram är att arean av varje stapel motsvarar andel data som ligger i detta intervall. T.ex. i figur 26 nedan så är första stapeln för värden mellan 0.075 och 0.125, och arean av stapeln är basen\*höjden =  $0.075 \cdot 4.8 = 0.36$ . Tolkningen är då att för ca 36% av nederbörds-händelserna så har intensivaste timmen mellan 7.5% och 12.5% av totalvolymen.

Observera att det är väldigt få händelser i regioner 1 och 5 (vilket även framgår i klusterbilderna ovan), därför bör slutsatser kring dessa dras med försiktighet.

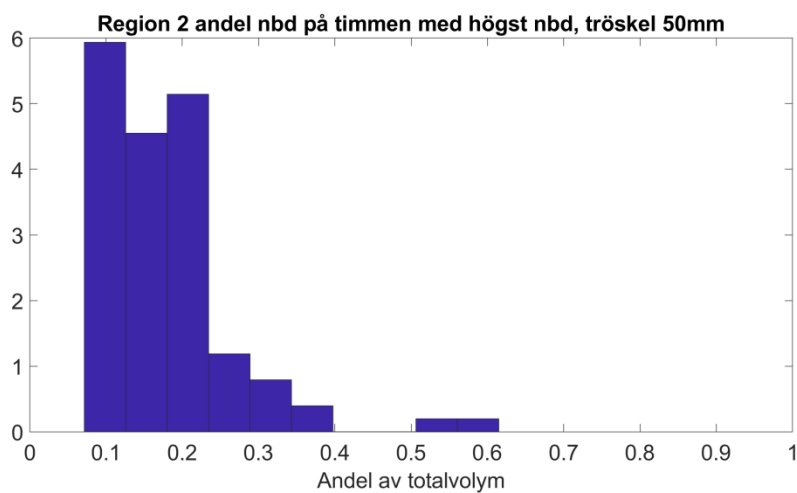


Figur 20 Histogram för andel nederbörd på timmen med högst nederbörd för händelser inom alla regioner med volym på minst 50 mm.

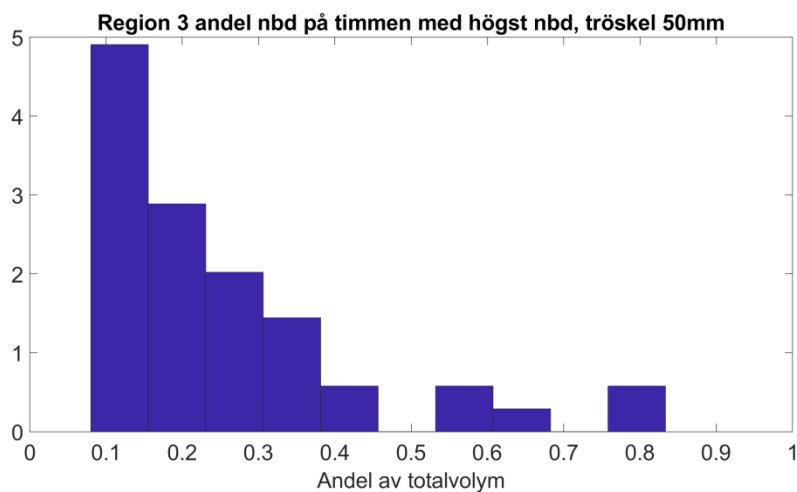




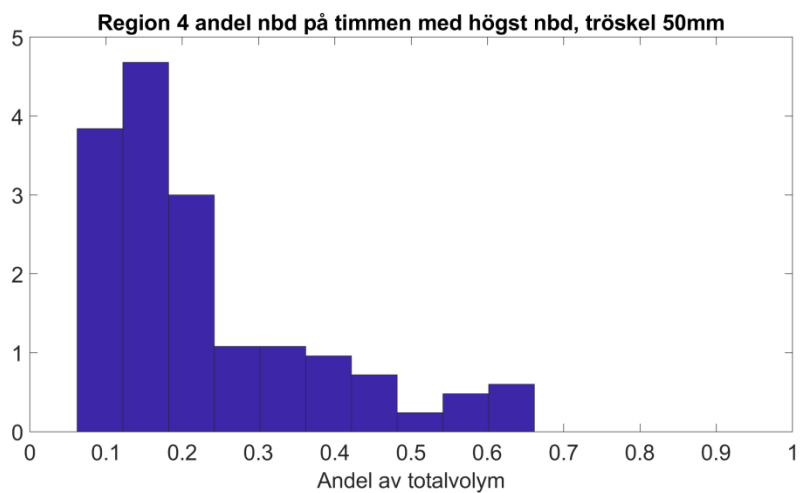
Figur 21 Histogram för andel nederbörd på timmen med högst nederbörd för händelser inom region 1 med volym på minst 50 mm.



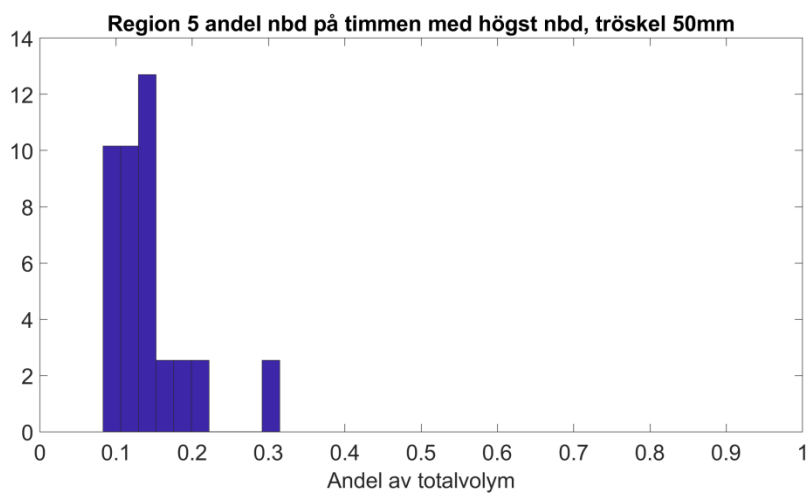
Figur 22 Histogram för andel nederbörd på timmen med högst nederbörd för händelser inom region 2 med volym på minst 50 mm.



Figur 23 Histogram för andel nederbörd på timmen med högst nederbörd för händelser inom region 3 med volym på minst 50 mm.



Figur 24 Histogram för andel nederbörd på timmen med högst nederbörd för händelser inom region 4 med volym på minst 50 mm.



Figur 25 Histogram för andel nederbörd på timmen med högst nederbörd för händelser inom region 5 med volym på minst 50 mm.

## 6 Slutsatser

Resultatet av klusteranalysen gav för hela Sverige två distinkta grupper: en grupp för nederbördshändelser med jämn nederbörd i tid, samt en grupp med högre intensitet för sista fjärdedelen av händelsen.

För det kluster med mer jämn fördelning faller ungefär 1/24 av nederbörden varje timme. Det är en liten spridning på några få procentenheter.

Det andra klustret med högre intensitet kommer upp i ca 11 % av nederbörden för intensivaste timmen. Spridning här är relativt stor, och kvartilerna ger ett värde på mellan 5 och 19 % och 95-percentilen på 40-65%. Notera att denna andel är konsistent med histogrammen som presenterades i slutet på resultatavsnittet. Själva mönstret på nederbörden liknar mer "skurar" som är kortare än 24 timmar.

Observera att de röda strecken, alltså medianvärdena, i figurerna i avsnitt 5.1 från klusteranalysresultaten visar ett genomsnitt för fördelningen inom det klustret. Det är ingen av de enskilda nederbördshändelserna som följer detta "snälla" mönster, utan enskilda nederbördshändelser är mer kaotiska till naturen. De blå lådorna kring varje timme ger en uppfattning om spridningen för respektive händelse.

Region 1 och 5 har väldigt lite dataunderlag, därför bör inga slutsatser dras för de regionerna baserat på dessa analyser. Överhuvudtaget är skillnaderna mellan regionerna små och lite i data styrker att andelen nederbörd under maxtimmen borde skilja sig mellan regionerna (det finns en antydning till att kunna vara lägre i region 2). Det ligger redan en skillnad i hur stor nederbörd som faller under dygn 9 mellan regionerna i befintliga riktlinjer där mest nederbörd ligger i region 4 och 5.

Det framgår också tydligt att den andel om 25 % av dygnsnederbörden under maxtimmen som fanns med i KFRs underlagsrapport är för lågt om man ska bygga upp även denna del av sekvensen efter maximalt observerade händelser.

## 7 Diskussion

Av ovanstående bakgrundsmaterial kan det konstateras att KFR (2005) menade att en förlängd extrapolering av nederbördssekvensen ner till 1km<sup>2</sup> är rimlig, det konstaterades också att säkerheten (överslagsmässigt återkomsttiden) verkar bli något högre för de minsta avrinningsområdena inom riktlinjernas giltighet. Detta visades också av Alexanderson och Vedin (2003).

Alexandersson och Vedin (2003) visar också ett typfall med 25 % av dygnsnederbörden under maxtimmen, detta ger 67 mm för region 4 och 5. 67 mm är dock inte särskilt extremt jämfört med extrema timnederbörder som registrerats (se Tabell 2 till Tabell 7). Större entimmesnederbörd är registrerade i flera välbelagda fall. Övriga delar av nederbördssekvensen är uppbyggd kring de högsta observerade fallen (för arealnederbörd över 24 timmar respektive 14 dygn) vilket framgår av både Flödeskommitténs slutrapport (Statens vattenfallsverk m.fl., 1990) och KFR, 2005.

Enligt den statistiska analysen i avsnitt 5.1 framgår det att 25 % under maxtimmen är en rimlig nivå om det är ett ungefärligt genomsnitt för tillfällena med större dygnsnederbörd som är intressant. Men, om även entimmesnederbörden ska bestämmas på motsvarande sätt som 14-dygn och dygnsnederbörden gjorts bör entimmesnederbörden vara betydligt högre.

Klusteranalyserna över en stor mängd inträffade fall ger en 95-percentil på omkring 65 % av maxnederbörden under maxtimmen och enstaka händelser med så mycket som 80-90 % av dygnsnederbörden under maxtimmen. Här är det viktigt att ha med sig att fördelningen har beräknats på händelser med minst 50 mm dygnsnederbörd. Riktlinjernas dygnsnederbörd över 1 km<sup>2</sup> ligger på 267 mm för region 4 och 5, d.v.s. betydligt högre än 50 mm. Därför är det av vikt att även se till fördelningen inom de mest extrema händelserna.

Bland de observerade händelserna med korta varaktigheter sticker 187 mm i Härnösand ut, vilket noterades under 1:15h 1908 enligt anteckningar av observatören i journalen, men också 111 mm på 30 minuter noterat i Skänninge 1897, också enligt observatörens anteckningar. Bland mer sentida noteringar kan noteras Uppsala 1997 med ca 90 mm på en timme enligt mätningar på Uppsala universitet. I samma storleksordning ligger också noteringar från Daglösen (SMHI) på 81 mm, Köpenhamn ca 90 mm och privata observationer från Tegelstrand och Slottet på 130 mm under en timme (närliggande orter i Bohuslän, observationer från händelsen i juli 1973).

Sett till något längre varaktigheter blir det färre fall som summerats upp i det underlag som redovisats i litteraturstudien. Men det kan nämnas att Söderköping 1973 fick 164mm på 5 timmar, vilket var 90 % av dygnsnederbörden. Persberg fick 126 mm under tre timmar (också ca 90 % av dygnsnederbörden) och privata mätningar finns om 160 mm på 3 timmar eller 185 mm på 3,5 timme. Sett till händelserna som inom detta projekt analyserats statistiskt (med den relativt låga dygnsnederbörden 50 mm) visar det sig att det är flera händelser som under

dygnet endast innehåller regn med 3 timmars varaktighet inte innehåller regn under annat än 3h.

Utifrån detta verkar det rimligt att minst halva dygnsnederbörden skulle falla under maxtimmen. Halva nederbördsmängden innebär 133,5 mm i region 4 och 5, d.v.s. mindre än för Härnösandsfallet men i samma storleksordning som flera andra händelser.

Med motsvarande resonemang bör sedan en stor andel av totalnederbörden falla inom de kringliggande timmarna. Går man på Söderköpingsfallet och lägger 90 % under 5 timmar och låter hela dygnsnederbörden falla under 12 timmar skulle en sekvens kunna se ut som visas i Tabell 8. Maxtimmen kommer då dominera sekvensen, samtidigt ligger maxtimmen här lägre än vad som är fallet för de flesta klusteranalysernas 95-percentil. Vilket betyder att den inte fullt ut är uppbyggd på samma sätt som var utgångspunkten när 14-dygns- och dygnsnederbörden togs fram av Flödeskommittén.

**Tabell 8 Möjlig uppdelning av dygnsnederbörden till timmar.**

Timme	Andel(%)
1	1
2	1
3	2
4	7
5	10
6	50
7	15
8	8
9	2
10	2
11	1
12	1

Ovan presenteras ett förslag till fördelning av nederbörden under sekvensens dygn 9, om och hur den skulle kunna plockas in i riktlinjerna behöver diskuteras bland riktlinjernas huvudmän. Inför en sådan diskussion kan det också vara lämpligt att testberäkna känsligheten för hur den är utformad (t.ex. maxtimmens storlek, placeringen över dygnet, andel av regnet timmarna närmast maxtimmen) på några avrinningsområden av olika storlekar och anläggningar med olika utformning.

Satt i relation till andra metodiker beskrivna tidigare i rapporten kan det ses att 133 mm under en timme ansatt i Dahlströms ekvation (se avsnitt 3.8) skulle ge en återkomsttid på i storleksordningen 1500 år. Observera dock att vi då använder

ekvationen mycket långt bortom dess giltighet och att beräkningen avser den enskilda maxtimmen, inte den sammansatta sekvensen. Maxtimmen innehåller en större andel av regnet än vad ett 100-årsregn skulle göra enligt CDS-metodiken (vilket är förväntat).

Det kan noteras att resonemanget ovan har behandlat areellt utbredda regn över 1 km<sup>2</sup> som jämförbara med händelser som uppmätts som punktnederbörd i en nederbördsmätare. Detta kan naturligtvis diskuteras. Här har samma ansats som Alexandersson och Vedin, 2003 använts. Eftersom nederbördsmätningarna sker i ett relativt glest nät kan det argumenteras för att de mest intensiva händelserna sannolikt inte mäts. Detta kan anses ta ut behovet att arealkorrigera från punkt-nederbörd till hela avrinningsområdet om 1km<sup>2</sup>.

Metodiken att fördela riktlinjernas nederbördssekvens för dygn 9 i timmar baserat på andel av dygnsregnet, snarare än en nederbördsvolym per timme, ger möjligheten att applicera samma fördelning över olika regioner, årstider, arealer och höjder där korrigeringen för detta sker helt enligt gällande riktlinjer. Detta ger en enkel hantering utan ingrepp i de ursprungligen framtagna riktlinjerna.

## 8 Referenser

- Alexandersson, H. och Vedin, H., 2003. Analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala. SMHI Klimatologi Nr 110
- Bergström S., Hellström S., Lindström G., Wern L, 2008. Follow up of the Swedish Guidelines for Design Flood Determination for Dams. Svenska Kraftnät, Report No. 1:2008, BE90
- Dahlström B, 2010. Regnintensitet – en molnfysiologisk betraktelse. Svenskt Vatten Utveckling, rapport 2010–05.
- Hernebring C., Dahlström B., Kjellström E, 2018. Regnintensitet i ett förändrat klimat i Sverige med data tillgängliga för användare. Svenskt Vatten Utveckling. SVU-projekt 04-14, 2018.
- Hernebring C., Milotti S., Steen Kronborg S., Wolf T., Mårtensson E, 2015. Skyfallet i sydvästra Skåne 2014-08-31. Fokuserat mot konsekvenser och relation till regnstatistik i Malmö. VATTEN – journal av Water Management and Research 71:85-99.
- 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.
- Lars Bengtsson och Stefan Milotti, 2008. Intensiva regn i Malmö. VATTEN 64:291 – 304.
- Losjö K., Södling J., Wern L., German J, 2019. Uppföljning av de svenska riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Klimatologi Nr 51. SMHI, Norrköping.
- Olsson J. och Josefsson W, 2015. Skyfallsuppdraget – ett regeringsuppdrag till SMHI. Klimatologi Nr 37. SMHI, Norrköping.
- Olsson J., Berg P., Eronn A., Simonsson L., Södling J., Wern L., Yang W, 2018. SMHI, 2018. Extremregn i nuvarande och framtida klimat. Analyser av observationer och framtidsscenarier. Klimatologi Nr 47. SMHI, Norrköping.
- Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen och Sveriges Meteorologisk och Hydrologiska Institut, 1990. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommittén.
- Svensk Energi, Svenska kraftnät och SveMin, 2015. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Utgåva 2015. ISBN 978-91-976721-6-0
- Svenskt Vatten, 2011. P104, Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem
- Svenskt Vatten, 2016. P110, Avledning av dag-, drän- och spillvatten

Wern L. och German J, 2009. Korttidsnederbörd i Sverige 1995 – 2008 Meteorologi Rapport Nr 139, 2009. SMHI, Norrköping.



## Sökord

Nederbörd, nederbördssekvens, nederbördsfördelning, dimensionering, dammar, gruvdammar, små avrinningsområden, extremhändelser

# FÖRDELNING AV EXTREM DYGNSNEDERBÖRD

Nuvarande riktlinjer för att beräkna dimensionerande flöden för dammläggningar är giltiga för avrinningsområden ner till en kvadratkilometer. I den här rapporten redovisas fördelning av nederbördssekvensen för avrinningsområden mindre än en kvadratkilometer med timupplösning.

Fokus har varit att från observationer identifiera nederbördsmonster och volymer vid enskilda, extrema händelser och att jämföra det med olika beräkningsmetoder för nederbördshändelser.

Resultaten visar att maxtimmen under dygnet bör innehålla en betydande del av dygnsregnet, större än vad som har diskuterats i tidigare rapporter. Förslag på en möjlig uppdelning av dygnsnederbörden är att 50 procent av dygnsnederbörden faller under den mest intensiva timmen.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)