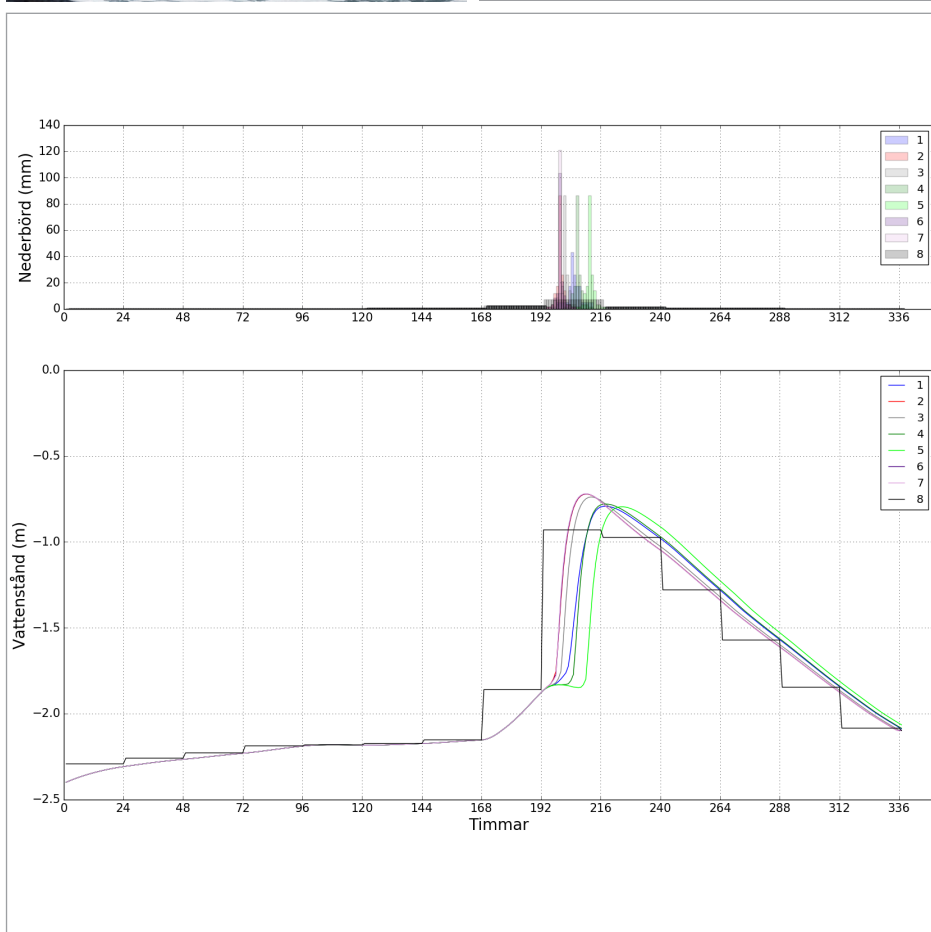


TIMUPPLÖSNING AV NEDERBÖRDSSEKVENSS FÖR SMÅ AVRINNINGSSOMRÅDEN

RAPPORT 2022:875



DAMMSÄKERHET



Timupplösning av nederbördssekvens för små avrinningsområden

En känslighetsanalys

ANNA JOHNELL OCH JONAS GERMAN

ISBN 978-91-7673-875-7 | © Energiforsk juli 2022

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Enligt riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden finns det anledning att studera om högre tidsupplösning än ett dygn, som normalt används vid dimensioneringsberäkningar, kan ställa krav på högre avbördningsförmåga för små tillrinningsområden. I denna studie undersöks hur dimensionerande vattenstånd och tillrinning påverkas av att gå från dygnupplösning till timupplösning för nederbörden.

Projektet har genomförts på SMHI av Anna Johnell och Jonas German. En referensgrupp bestående av Maria Bartsch (Svenska kraftnät), Ange Lärke (Fortum), Björn Norell (Vattenregleringsföretagen), Lena Printzell (Björkdalsgruvan), Hans Häggström (Boliden), Peter Lindström (Skellefteälvens vattenregleringsföretag), Magnus Engström (Vattenfall), Romanas Wolfsborg (Vattenfall) och Sara Töyrö (LKAB) har följt projektet.

Projektet har genomförts inom Energiforsks dammsäkerhetstekniska utvecklingsprogram med medverkan från vattenkraftindustrin och Svenska kraftnät. Gruvindustrin har medfinansierat projektet via Svemin.

Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

Sammanfattning

Bestämning av dimensionerande flöde är en viktig del av det arbete som har till syfte att nå tillfredsställande säkerhet för dammanläggningar. Vid dimensioneringsberäkningar anges nederbördssekvensen, som ingår i de hydrologiska modellerna, normalt med dygnsupplösning. Tidigare studier visar dock att det för små tillrinningsområden finns anledning att analysera hur en högre tidsupplösning av nederbördssekvensen påverkar beräkningsresultaten. I denna studie undersöks hur timupplösning, med olika fördelningar av timnederbörden under dagen med mest nederbörd, påverkar dimensionerande vattenstånd och tillrinning för ett urval av mindre avrinningsområden.

Projektets syfte är att utvärdera påverkan av att gå från dygnsupplösning till timupplösning för nederbörden vad avser dimensionerande tillrinning, vattenstånd och avbördning. Vidare att studera hur resultaten påverkas av det antagna nederbördsmönstret under dagen.

Enligt riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar (Svenska kraftnät et al, 2022) ska mest nederbörd falla under dygn 9 i nederbördssekvensen. Det är under detta nionde dygn som nederbörden har uppdelats på timbasis i projektet. Antaganden om nederbördens fördelning under dygnet har gjorts med ledning av (German m.fl., 2020), som visade att en hög andel av dygnnederbörden under inträffade extrema nederbördshändelser har fallit under en eller några få timmar. I den utförda känslighetsanalysen har minst 50% av dygnnederbörden antagits falla under maxtimmen, att jämföra med 25 % som tidigare antogs i en motsvarande känslighetsanalys utförd av (KFR, 2005).

I projektet har testberäkningar genomförts med dels dygnsupplösning, dels sju olika fördelningar av nederbörden under dygnet. Beräkningar har gjorts för nio geografiskt spridda avrinningsområden av olika storlek. Det är i huvudsak samma anläggningar och modeller som används som i (KFR, 2005).

- Beräkningarna med timupplösning visar för sex av nio områden endast på mindre förändringar av dimensionerande vattenstånd ($< \sim 10$ cm) i förhållande till beräkning med dygnsupplösning. För tre avrinningsområden framgår dock en större förändring av dimensionerande vattenstånd ($> \sim 20$ cm), vilket indikerar att timupplösning kan ha betydelse för dimensionerande vattenstånd även för något större avrinningsområden än tidigare visat av (KFR, 2005). Anledningar till skillnaderna diskuteras i rapporten.
- Vad gäller nederbördens antagna fördelning under dygnet så framgår att dimensionerande vattenstånd blir ungefär samma då maxtimmen innehåller 50, 60 eller 70 % av dygnsregnet, och blir som lägst för beräkningar då 25 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen. En förskjutning av maxtimmen under dygnet ger inte speciellt stora skillnader i det dimensionerande vattenståndet.
- Vad gäller dimensionerande tillrinning är skillnaderna stora mellan dygn- respektive timupplösning av dygn nio i nederbördssekvensen. Den

dimensionerande tillrinningen ökar då procentsatsen av dygnsregnet för maxtimmen ökar och är som störst då 70 % av dygnsregnet läggs på maxtimmen. En senareläggning av nederbördsmaxima under dygnet ger något minskande dimensionerande tillrinningar.

Avslutningsvis har en preliminär analys genomförts av extrema nederbördshändelser sommaren 2021. Resultaten stödjer rekommendationen i (German m.fl., 2020) om att ansätta en hög andel av dygnsnederbörden under några få timmar (50, 65 och 75 % av dygnsnederbörden på 1, 2 respektive 3 timmar).

Nyckelord: Flödesdimensionering, extremregn, timupplösning, små avrinningsområden.

Summary

Determination of design flow is an important part of the work that aims to achieve satisfactory safety for dam facilities. In design calculations, the precipitation sequence, which is included in the hydrological models, is normally run with daily resolution. Previous studies show, however, that for small catchments there is reason to analyze how a higher time resolution of the precipitation sequence affects the calculation results. This study examines how hourly resolution, with different distributions of hourly precipitation during the day with the most precipitation, affects design water levels and runoff for a selection of smaller catchments.

The purpose of the project is to evaluate the impact of going from daily resolution to hourly resolution for precipitation in terms of design flow, water level and precipitation. Further to study how the results are affected by the assumed precipitation pattern during the day.

According to the guidelines for determining design flows for dam facilities (Svenska kraftnät et al, 2022), most precipitation must fall during day 9 in the precipitation sequence. It is during this ninth day that the precipitation has been divided on an hourly basis in the project. Assumptions about the distribution of precipitation during the day have been made on the basis of (German et al., 2020), which showed that a high proportion of the daily precipitation during extreme precipitation events has occurred during one or a few hours. In the performed sensitivity analysis, at least 50% of the daily precipitation has been assumed to fall below the maximum hour, compared with 25% that was previously assumed in a corresponding sensitivity analysis performed by (KFR, 2005).

In the project, test calculations have been carried out with a daily resolution and seven different hourly distributions of precipitation during the day. Calculations have been made for nine geographically dispersed catchments of different sizes. It is essentially the same areas and models that were used in (KFR, 2005).

- The calculations with hourly resolution show for six of nine areas only minor changes in design water level (<~ 10 cm) in relation to the calculation with daily resolution. For three catchment areas, however, a larger change in design water level (> ~ 20 cm) is indicated, which indicates that hourly resolution can be important for design water level even for slightly larger catchment areas than previously shown by (KFR, 2005). Reasons for the differences are discussed in the report.
- With regard to the assumed distribution of precipitation during the day, it appears that design water levels will be approximately the same when the maximum hour contains 50, 60 or 70% of the daily rainfall, and will be the lowest for calculations when 25% of the daily precipitation falls below the maximum hour. A shift of the maximum hour during the day does not give particularly large differences in the dimensioning water level.

- With regard to design flow, the differences are large between the daily and hourly resolution of day nine in the precipitation sequence. The design inflow increases when the percentage of daily rainfall for the maximum hour increases and is greatest when 70% of the daily rainfall is applied to the maximum hour. A postponement of precipitation maxima during the day results in somewhat decreasing dimensioning inflows.

Finally, a preliminary analysis has been carried out of extreme precipitation events in the summer of 2021. The results support the recommendation in (German et al., 2020) about employing a high proportion of the daily precipitation for a few hours (50, 65 and 75% of the daily precipitation of 1, 2 and 3 hours respectively).

Key words: Design flood calculations, extreme rainfall events, hourly temporal resolution, small catchments.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1	Bakgrund	9
1.2	Syfte	10
2	Metod	11
2.1	Avrinningsområden	11
2.2	Hydrologisk modell	14
2.3	Bestämning av dimensionerande flöden	15
2.4	Nederbördsmonster	15
3	Resultat	18
3.1	Tvärsjön	18
3.2	Rensjön	20
3.3	Burvattnet	22
3.4	Helgesjön	24
3.5	Klarningsmagasinet (Kirunavuoma)	26
3.6	Kiruna sandmagasin (Kirunavuoma)	28
3.7	Stora Jälken (Garpenberg)	30
3.8	Stora Gransjön (Garpenberg)	32
3.9	Finnhyttedammen (Garpenberg)	34
4	Diskussion och slutsats	37
4.1	Nederbördshändelser sommaren 2021	37
4.2	hydrologiska konsekvenser	38
	4.2.1 Skillnader mellan Rensjön och Burvattnet	39
5	Referenslista	40
6	Bilaga	41

1 Inledning

Beräkning av dimensionerande flöden och vattenstånd är en viktig del i dammsäkerhetsarbetet. I dagsläget genomförs beräkningarna normalt med dygnsupplösning av nederbörd och flöden. För små avrinningsområden har det dock visats att en högre tidsupplösning kan resultera i högre dimensionerande tillrinningar och vattenstånd i (KFR, 2005). Denna studie undersöker hur nederbördssekvenser med en timupplösning under den mest nederbördsrika dagen i nederbördssekvensen påverkar dimensionerande flöden och vattenstånd i nio små avrinningsområden. Sju olika timupplösningar av nederbörd testas och jämförs med resultat för dygnsupplösning, för att öka kunskapen om och hur en ökad tidsupplösning kan påverka dimensionerande tillrinningar och vattenstånd.

1.1 BAKGRUND

Flödeskommittén tog 1990 fram riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Dessa behövde kompletteras och 2002 bildades Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer (KFR). Deras utredningar omfattade analyser av stora sjöar med begränsad tappningsförmåga, analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala samt test av dimensioneringskriterier för gruvdammar.

KFR beräknade dimensionerande flöden och vattenstånd på några anläggningar utanför Kiruna och Garpenberg. Utredningen kom fram till att det fanns behov av att studera effekter av en högre tidsupplösning för de minsta avrinningsområdena. Beräkningarna genomfördes så att en fördelning av nederbördssekvensen dygn 9 utfördes på timbasis med 25 % av dygnsnederbörden under maxtimmen. Den valda fördelningen grundades på en översiktlig analys av ett fåtal extrema nederbördshändelser.

2020 genomförde (German, m.fl., 2020) en uppföljande studie som inkluderade ett större dataunderlag av extrema nederbördshändelser, och där flera analysmetoder användes. Resultaten visade att en större andel av nederbörd under dygn 9 bör falla under maxtimmen än vad som använts i (KFR, 2005), och det föreslogs att åtminstone 50 % av dygnsnederbörden läggs under maxtimmen.

Eftersom resultaten i (German, m.fl., 2020) dels uppvisar ett visst osäkerhetsintervall, dels inte beskriver konsekvenserna av en förändrad maxtimme förordades en känslighetsanalys göras av hur stor påverkan en förändrad nederbördssekvens jämfört med (KFR, 2005) får på resultaten.

Den högre andelen nederbörd under maxtimmen testades också under 2021 inom forskningsprojektet CAMEL (Climate Adaptation by Managed Realignment). I projektet utfördes en beräkning av dimensionerande flöden samt en översvämningskartering för Ståstorpsån i Trelleborg med både dygns- och timupplösning. Resultatet visade på att det dimensionerande flödet ökar med timupplösning, men att översvämningsutbredningen endast uppvisade små skillnader (Björn., m.fl., 2021).

1.2 SYFTE

Huvudsyftet med studien är att utvärdera om och hur dimensionerande vattenstånd i och tillrinningen till nio magasin i små avrinningsområden påverkas om nederbördssekvensen förändras enligt bl.a. förslaget av (German, m.fl. 2020) samt hur dessa resultat förhåller sig till slutsatserna från (KFR, 2005). Förändringen i den dimensionerande 14-dagarsregnssekvensen avser att dygnsnederbörden av dag 9 får entimmesupplösning med olika andel av dygnsnederbörden under maxtimmen, men också med olika placering av maxtimmen under dygnet.

2 Metod

I följande avsnitt presenteras de nio avrinningsområden som ingår i studien samt information om kalibreringen av modellen för de olika områden. Det ges en introduktion till modellstrukturen av HBV, som är den hydrologiska modell som användes för beräkningarna. Vidare beskrivs kort hur dimensionerande flöden och vattenstånd beräknas enligt riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar (Svenska kraftnät, 2022). I sista delavsnittet beskrivs hur nederbörden under nederbördssekvensens nionde dag förändrades, så att sju olika fall av nederbörd med timupplösning, skapas.

2.1 AVRINNINGSSOMRÅDEN

Totalt ingår nio områden i studien från olika geografiska platser i Sverige. Avrinningsområden är också i olika storlek, från 2 km² upp till 120 km² och med olika procent av sjöar. Dessa redovisas i Figur 1 och Tabell 1.



Figur 1 Geografisk plats för utloppspunkter av avrinningsområden som ingår i analyserna.

Tabell 1 Avrinningsområden, avrinningsområdets area samt sjöandel som ingår i studien. IVF är Indalsälvens vattenregleringsföretag.

Pegel	Avrinningsområdes area (km ²)	Sjöandel (%)	Dimensionerings-region	Källa
Tvärsjön	5	20	5	SMHI (Lerums kommun)
Rensjön	120	40	2	IVF
Helgesjön	69	13	2	IVF
Burvattnet	117	11	1	IVF
Klarningsmagasinet (Kirunavuoma)	15	18	2	KFR
Sandmagasinet (Kirunavuoma)	13	15	2	KFR
Stora Jälken (Garpenberg)	10	5	3	KFR
Stora Gransjön (Garpenberg)	3	9	3	KFR
Finnhyttedammen (Garpenberg)	21	8	3	KFR

Tvärsjön ingår i Sävveåns avrinningsområde och finns i en modell etablerad för översvämningsskartering åt Lerums kommun (Reynolds, m.fl., 2020). Sjön är oreglerad och SMHI mäter vattenföringen från sjön, avbördningskurvan för mätstationen har använts för att beskriva avbördningskurvan. Kalibreringen av Tvärsjön gjordes i ovan nämnda utredning åt Lerums kommun. Nya dimensioneringsberäkningar har utförts inom ramen för denna studie.

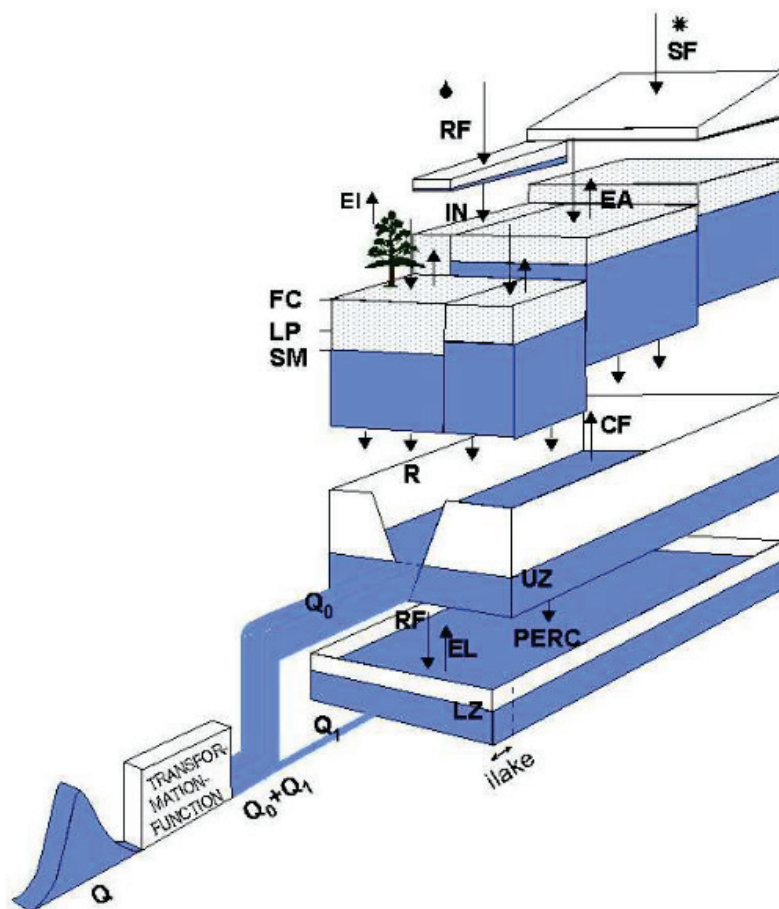
I ett projekt som innefattade flödesdimensionering i Indalsälven (INDIM-2) kalibrerades de tre områdena i Indalsälven (Zabori, m.fl., 2018). För Rensjön är tillrinningsserien mycket taggig och basflödet tidvis felaktigt, så området var svårkalibrerat. Helgesjön kalibrerades mot total tillrinning och volymavvikelse blev bra. Av områdena i Indalsälven fick Burvattnet bäst värden vid kalibreringsutvärderingen.

Gruvorna kring Garpenberg drivs av Boliden och de kring Kiruna av LKAB. Dessa modellområden sattes upp i KFR projektet (2005), där kalibrering av Kirunavuoma kalibrerades mot SMHI stationen Altajärvi och för Garpenberg användes SMHI stationen Hyttingsheden. Dessa äldre modeller drivs inte av griddade data från SMHI, utan genom viktning av meteorologiska stationer i området. Griddad innebär i detta fall att det finns data, till exempel temperatur, i ett rutnät över Sverige (upplösning 4 x 4 km).

2.2 HYDROLOGISK MODELL

Den hydrologiska avrinningsmodell som används för dimensionerade flödesberäkningar i Sverige är normalt HBV-modellen. Den har utvecklats vid SMHI sedan början av 70-talet (Bergström m.fl., 1995), (Lindström m.fl., 1997). Modellen är begreppsmässig, d.v.s. den bygger på en förenklad fysikalisk beskrivning och kalibreras till specifika vattendrag. HBV modellen kräver inte så mycket indata, men nederbörd, lufttemperatur och potentiell avdunstning krävs för att simulera vattenflöden.

HBV-modellen har en enkel struktur och är i grunden uppbyggd av tre huvudmoduler, en för beräkning av snöns ackumulation och avsmältning, en för beräkning av avdunstning och markfuktighet och en tredje rutin för beräkning av hur flödesförloppet påverkas av yttre faktorer såsom sjöar och dammanläggningar (Figur 2). Modellen är semidistribuerad vilket innebär att avrinningsområdet delas in i delområden inom vilka höjder och vegetationszoner (skog, öppet landskap, glaciär och sjöar) klassificeras. Den har dessutom speciella funktioner för att hantera sjöar och regleringsrutiner. HBV-modellen kan enkelt växla mellan dygn- och timupplödning utan att behöva ändra på modellparametrarna.



Figur 2 Schematisk figur över HBV modellen.

De områden som ingår i studien har tidigare satts upp för olika tillämpningar och har inte kalibrerats på nytt. Kalibreringarna har tidigare körts på dygnssteg och finns tillgängliga i rapporter enligt avsnitt 2.1. Dessa kalibreringar kan även användas för tidsupplösning eftersom HBV parametrarna är oberoende av tidsupplösning. Detta är vidare en jämförande studie där påverkan av kalibreringen blir mindre än om absoluta värden hade använts.

2.3 BESTÄMNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN

Beroende av allvarlighetsgraden av konsekvenser vid dammhaveri tillämpas olika beräkningsmetoder för att bestämma dimensionerande flöden och vattenstånd. I denna studie används beräkningsmetoden som ska användas för dammanläggningar där ett dammhaveri skulle kunna hota människoliv eller orsaka personskada, kallat som beräkningsmetod I (Svenska kraftnät, 2022).

Vid beräkningar av detta flödet så körs den hydrologiska modellen så att extrema nederbörds mängder faller över området. Dessa extrema nederbörds mängder har haft en föregående blöt höst och kraftig snösmältning. Det sker en korrektion av nederbördssekvensen beroende på avrinningsområdets storlek, så små områden får större mängder nederbörd. Flöden och vattenstånd simuleras under minst en 10-årsperiod och den verkliga observerade nederbörden byts ut mot en sekvens på 14 dagar med dimensionerande nederbörds mängder, där dygn 9 har mest nederbörd. Dessa ogynnsamma förhållanden som inträffar samtidigt leder till mycket extrema flöden (Svenska kraftnät, 2022).

I denna analys har modellen körts med samma indata som för dygnssteg förutom dygn 9 då olika fördelningar av nederbörd har använts. Dygnsnederbörden fördelas jämt över dygnets alla timmar förutom för dygn 9. Temperaturen är den samma som hos dygnsstegsanalysen. Dimensionerande flöden och vattenstånd beräknas på timupplösning.

2.4 NEDERBÖRDSMÖNSTER

KFR (KFR, 2005) använde observerad nederbörd från hela SMHI:s stationsnät för perioden 1996–2002 och presenterades ett typfall med timfördelning (%) för dygn 9 under dimensioneringssekvensen. Under maxtimmen faller 25 % av dygnets nederbörd i den sekvensen.

Eftersom KFR hade mycket begränsat med data gjordes under 2020 en fortsättning och uppföljning av KFR:s studie. (German m.fl., 2020) visade att andelen om 25 % av dygnsnederbörden under maxtimmen är för lågt. Studien byggdes upp utifrån två ansatser, dels att statistiskt bearbeta ett större antal av de mest intensiva nederbördshändelserna och dels leta extremer bland observationer från olika källor för nederbördshändelser med kortare varaktighet än ett dygn. Slutsatsen var att maxtimmen bör innehålla en betydande del av dygnsregnet. Ett förslag på möjlig uppdelning av dygnsnederbörden i timma, där 50 % av dygnsnederbörden faller under den intensivaste timmen presenterades. Det visades dock att det finns händelser där mer än 50 % av dygnsnederbörden föll under maxtimmen, t.ex. var 95-percentilen i klusteranalyserna att 65% av dygnsnederbörden föll under maxtimmen. Det diskuteras också behov av uppföljande hydrologisk modellering

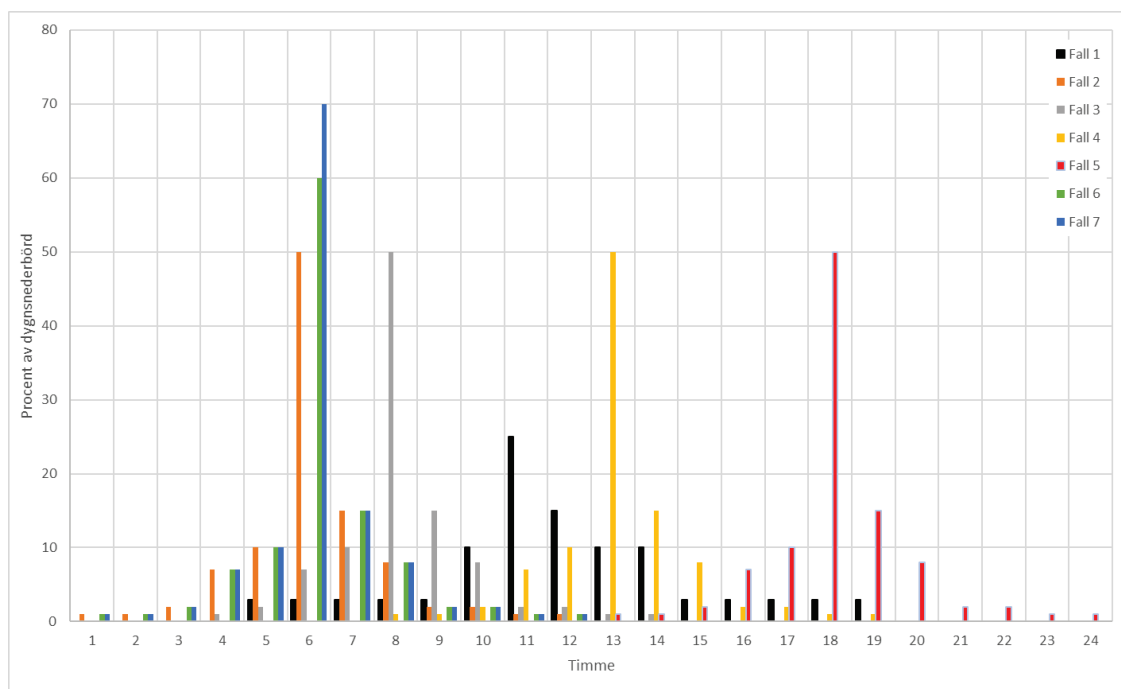
för att kontrollera hur känsliga dimensioneringsberäkningarna är om mer än 50 % läggs under maxtimmen.

Enligt (Wern och German, 2009) är de korta regnen är som vanligast klockan 15:00 UTC (+ 2 timmar jämfört med svensk tid). De beskrev att skyfall kan inträffa under dygnets alla timmar men mindre sannolikt på morgonen och vanligast på eftermiddagen och kvällen. De intensiva regnen är också vanligast under andra hälften av juli. Liknande resultat presenteras också av (Olsson, m.fl., 2018), se bland annat bilaga III där. Studierna använder olika definitioner av de studerade händelserna, men generellt gäller att det för att få ett större underlag till analyserna används lägre intensiteter än de som tillämpats i den här rapporten.

Sju fall med olika nederbördsmönster som beskriver en variation av maxtimmen och när under dygnet den inträffar har testats i detta projekt och de redovisas i Tabell 2 och Figur 3. Samtliga nederbördsfrekvenser finns också i Bilaga 1.

Tabell 2 Nederbördssekvenser för dygn 9 som använts i denna studie.

Fall	Beskrivning	Källa
1	25 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen	(KFR, 2005)
2	50 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen	(German, m.fl., 2020)
3	50 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen, men maxtimmen flyttas 2 timmar framåt i tiden jämfört med fall 2	Denna studie
4	50 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen, men maxtimmen flyttas 7 timmar framåt i tiden jämfört med fall 2	Denna studie
5	50 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen, men maxtimmen flyttas 12 timmar framåt i tiden jämfört med fall 2	Denna studie
6	60 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen	Denna studie
7	70 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen	Denna studie

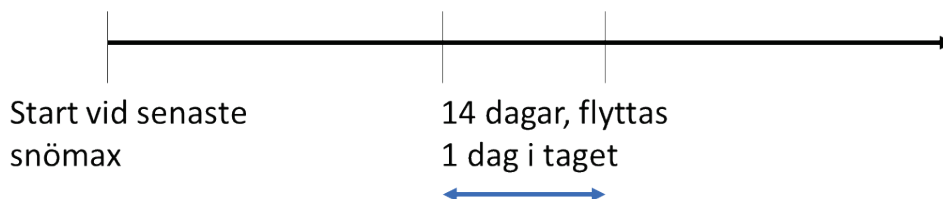


Figur 3 Dygn nio och fördelning (%) av dygns nederbörd uppdelat i timsteg.

3 Resultat

Beräkningarna innehåller resultat från ibland mycket äldre modeller och avser inga anläggningsspecifika resultat utan kan mycket väl skilja sig från en uppdaterad beräkning. Detta gäller speciellt för gruvdammarna utanför Kiruna och Garpenberg. Resultaten ska ses som relativa förändringar mellan de olika tidsupplösningarna.

I en beräkning av det dimensionerande flödet enligt beräkningsmetod I börjar simuleringen på det senaste datumet för snömaximum under snöberäkningsperioden därefter hittas det dimensionerande tillfället genom att en 14 dagars nederbördssekvens flyttas framåt i tiden, se Figur 4 och (Svenska kraftnät, m.fl., 2022). I resultatgraferna visas 14 dagars nederbördssekvensen för de olika beräkningsfallen med timupplösning (fall 1–7) samt för dygnsberäkningen (fall 8) (d.v.s. inte från beräkningsstart). Observera att dimensionerande tillfällen kan inträffa vid olika tidpunkter för tim- och dygnsupplösning eftersom modellen körs för en längre tidsperiod för att hitta det dimensionerande tillfället. I stapeldiagrammen visas skillnaden för dygn 9 mellan dimensionerande vattenstånd för timsupplösning och dygnsupplösning av nederbörden.



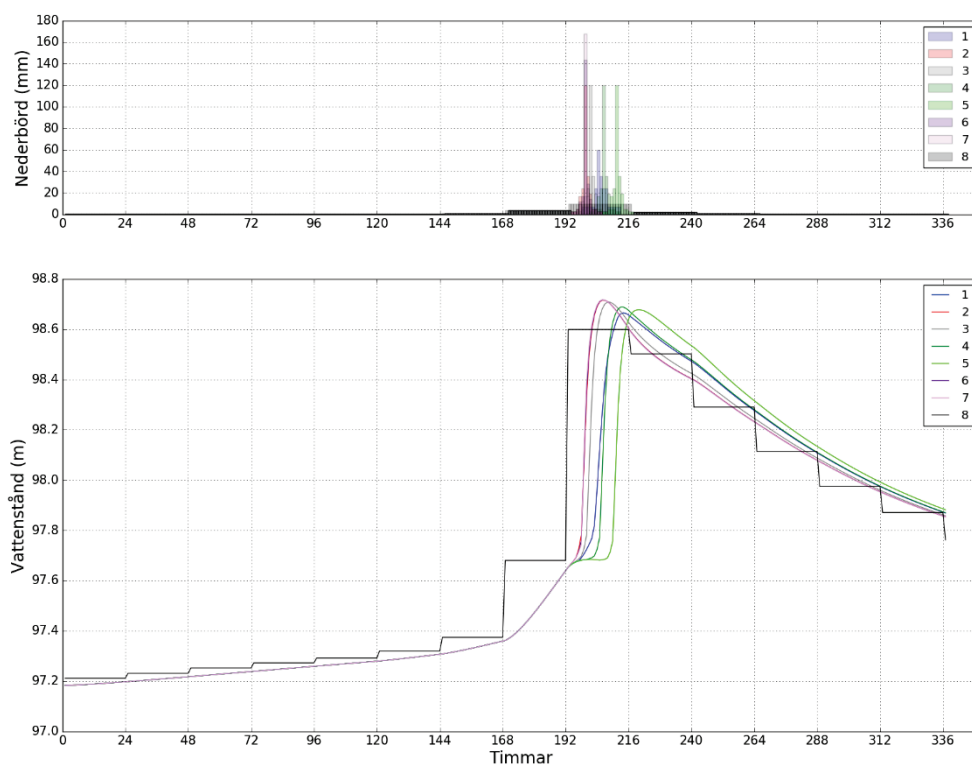
Figur 4 Förflyttning av 14-dagars nederbördssekvensen vid beräkning av dimensionerande flöden enligt beräkningsmetod I.

Den dimensionerande tillrinningen inträffar i juli eller augusti för alla områden förutom för Burvattnet där det inträffar i början av november. Dimensionerande vattenstånd inträffar i juni, juli eller augusti för de olika avrinningsområdena.

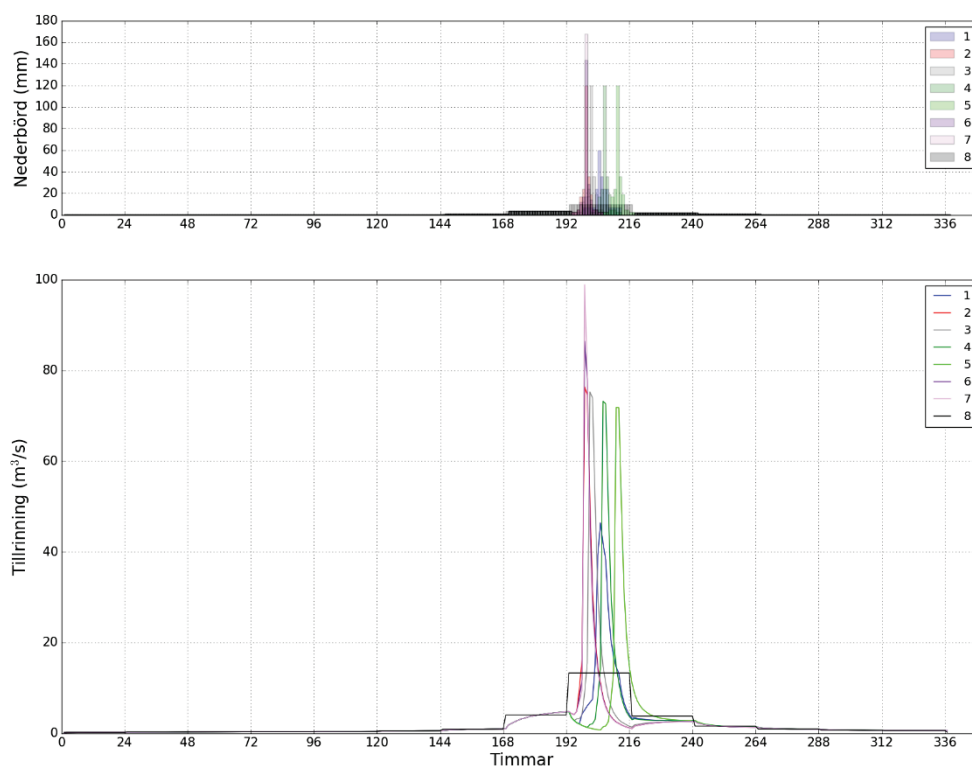
3.1 TVÄRSJÖN

Figur 5 visar hur vattenståndet förändras under den dimensionerande 14-dagars nederbördssekvensen för Tvärsjön. Figur 6 visar förändringen av den dimensionerande tillrinningen, vilken visar på stora skillnader mellan de olika fallen. Fall 7, när 70 % av dygnsnederbörden faller inom maxtimmen, ger störst tillrinning.

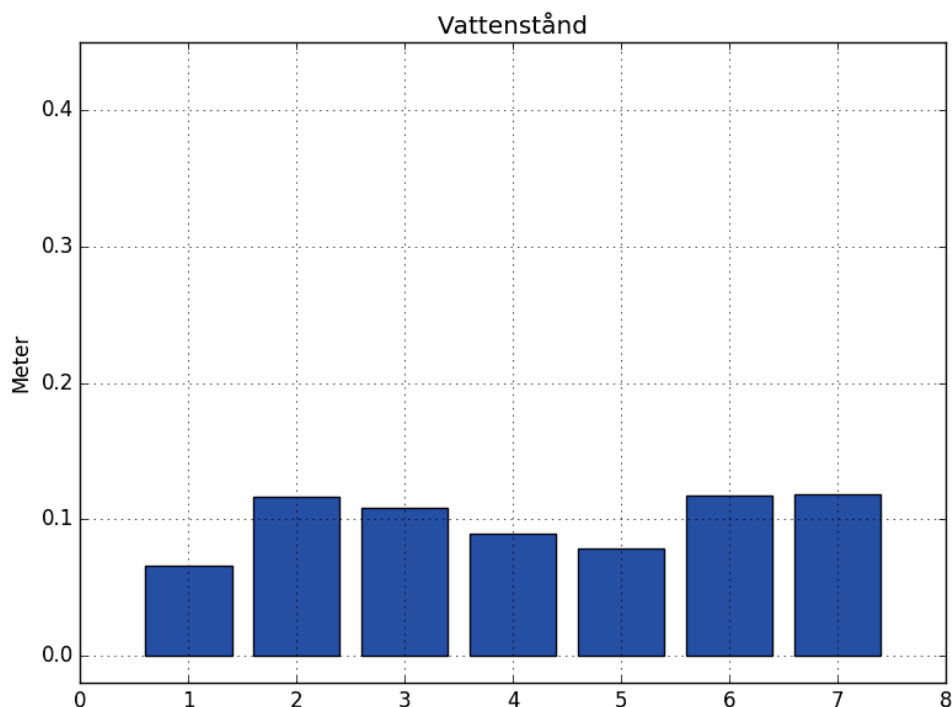
Den sista figuren, Figur 7 visar hur dimensionerande vattenstånd dygn nio beräknat med timupplösning av nederbörd skiljer sig från dimensionerande vattenstånd beräknat med dygnsupplösning av nederbörd. Här är skillnaderna mellan de olika fallen inte lika stora som för den dimensionerande tillrinningen. Störst skillnad visar fall 2 (50 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen), 6 (60 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen) och 7 (70 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen). Den minsta skillnaden finns hos fall 1 där maxtimmen bara utgör 25 % av hela dygnets nederbörd. Tvärsjön har en regleringsgrad på 0 %.



Figur 5 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd.



Figur 6 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.

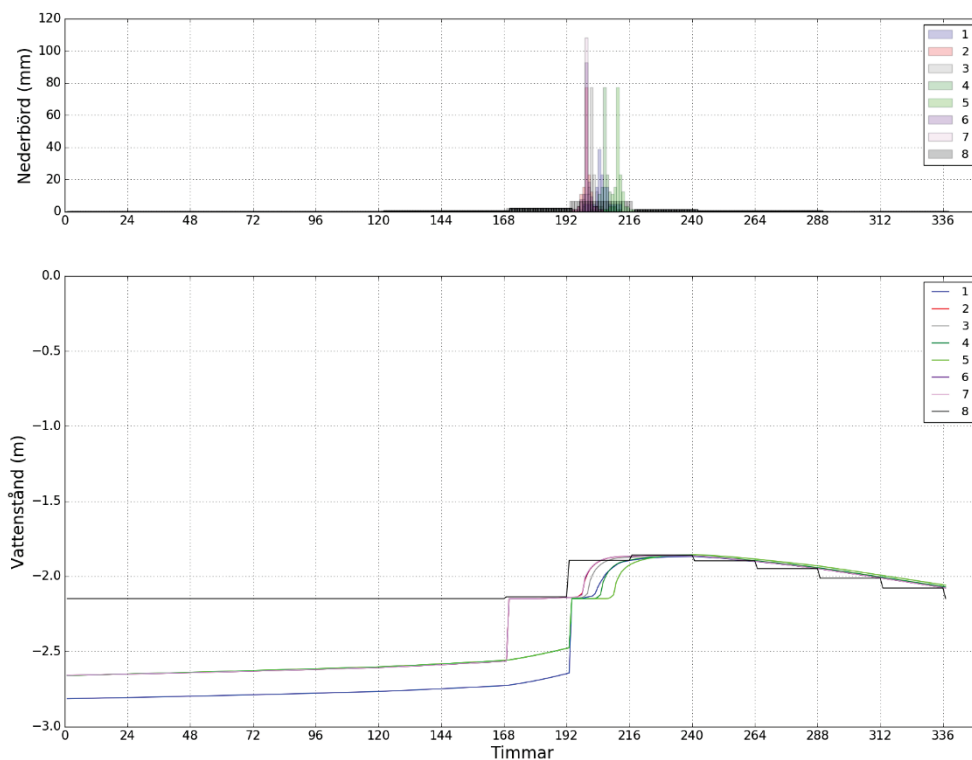


Figur 7 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

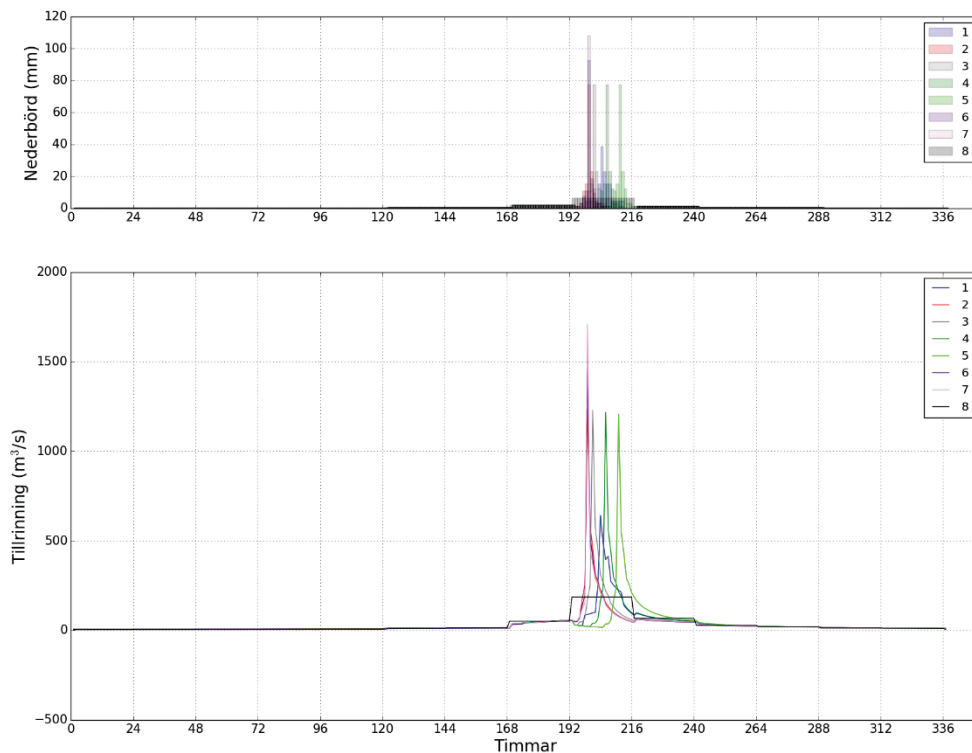
3.2 RENSJÖN

Den dimensionerande 14-dagars nederbördssekvensen och resulterande dimensionerande vattenstånd för Rensjön visas Figur 8. I Figur 9 visas förändringen av dimensionerande tillrinningen, vilken visar på stora skillnader mellan de olika fallen. Fall 7, när 70 % av dygnsnederbörden faller inom maxtimmen, ger störst tillrinning. För att få fram ett dimensionerande tillfälle körs modellen över minst en 10-årsperiod för de olika tidsupplösningarna och de högsta värdena kan inträffa under olika perioder. Detta är fallet för Rensjön där 14-dagarssekvensen av nederbörden börjar vid olika tillfällen i augusti (enligt riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar lyfts också vattenståndet i magasinet till dämningssgräns den 1:e augusti).

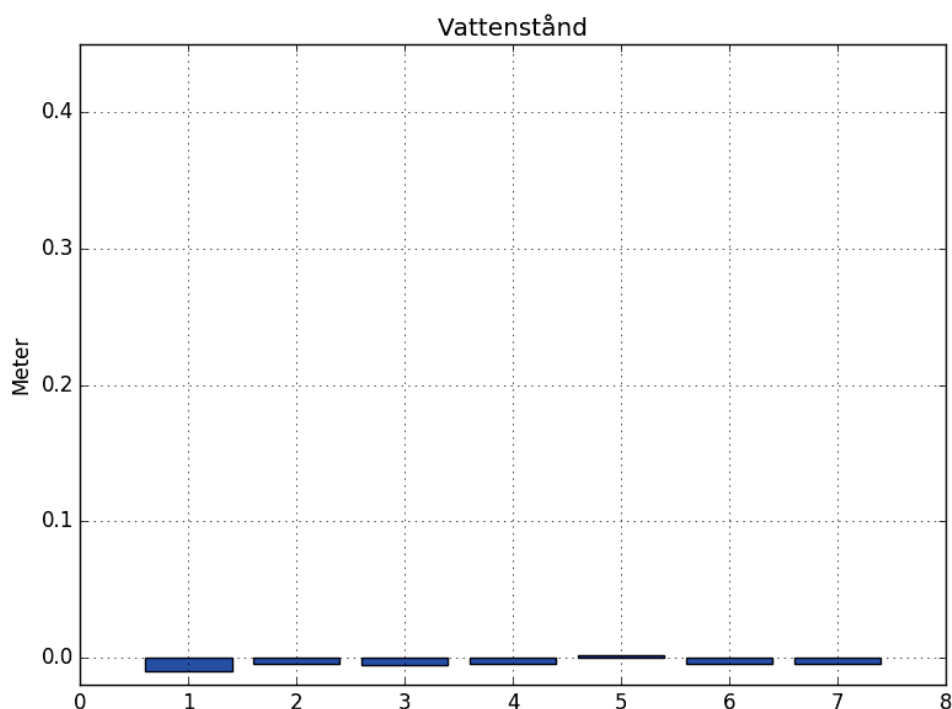
Den sista figuren, Figur 10 visar hur dimensionerande vattenstånd dygn nio beräknat med timupplösning av nederbörd skiljer sig från dimensionerande vattenstånd beräknat med dygnsupplösning av nederbörd. Skillnaderna i dimensionerande vattenstånd mellan de olika fallen kan anses som obefintlig.



Figur 8 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd. I den nedre grafen visas avståndet från dammkrön på y-axeln.



Figur 9 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.



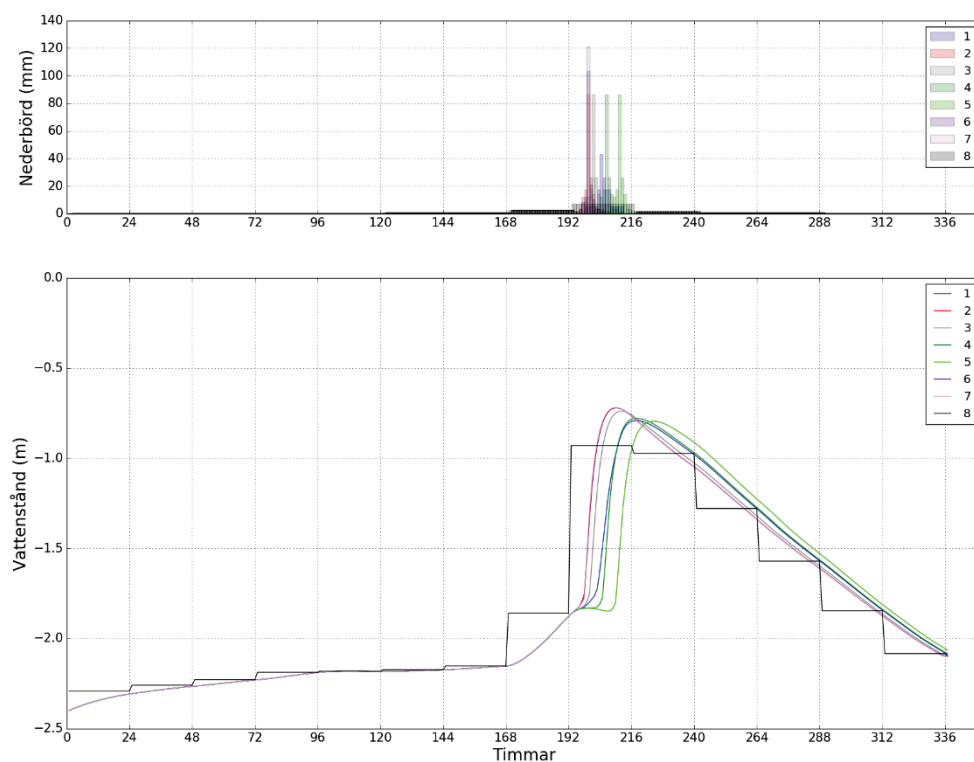
Figur 10 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

3.3 BURVATTNET

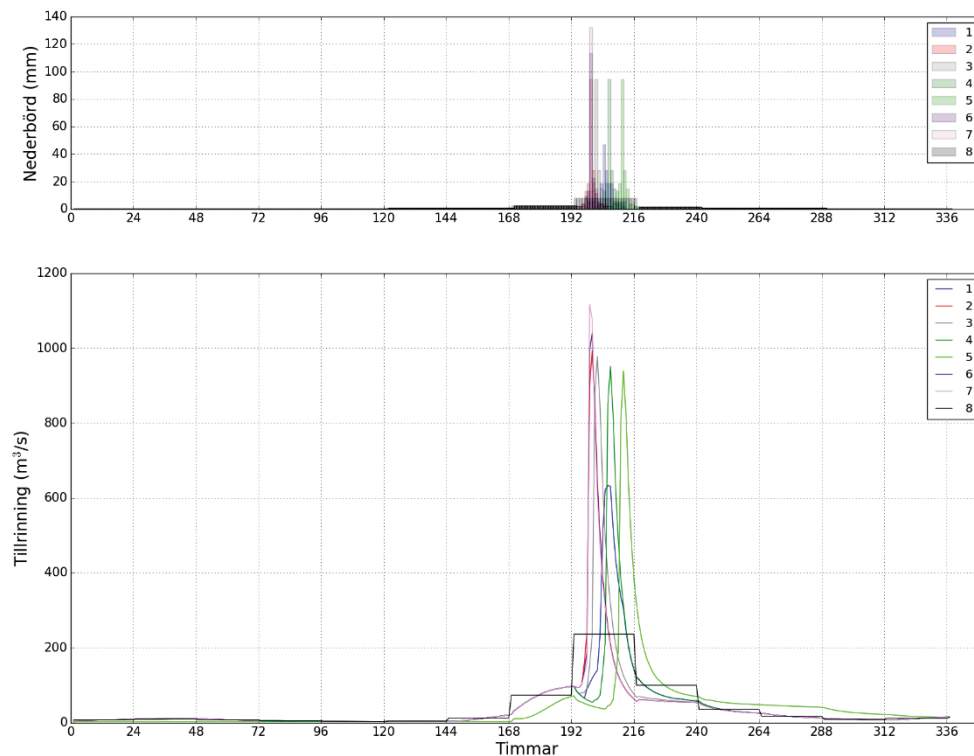
Det dimensionerande tillfället för vattenstånd för Burvattnet inträffar i början av juli 2015. Detta år finns det mycket snö kvar i området och temperaturen når 18 grader (dygnsmedeltemperatur, som inte är timuppdeldad). Under dygn 9 smälter 20 mm snö. Detta kan jämföras med nederbörden för samma dygn som har ett värde på 173 mm, således kommer det största bidraget fortfarande från nederbörden och inte från snön.

Figur 11 visar hur vattenståndet förändras under den dimensionerande 14-dagars nederbördssekvensen för Burvattnet. I Figur 12 visas förändringen av dimensionerad tillrinningen, vilken visar på stora skillnader mellan de olika fallen. Fall 7, när 70 % av dygnsnederbörden faller inom maxtimmen, ger störst dimensionerad tillrinning.

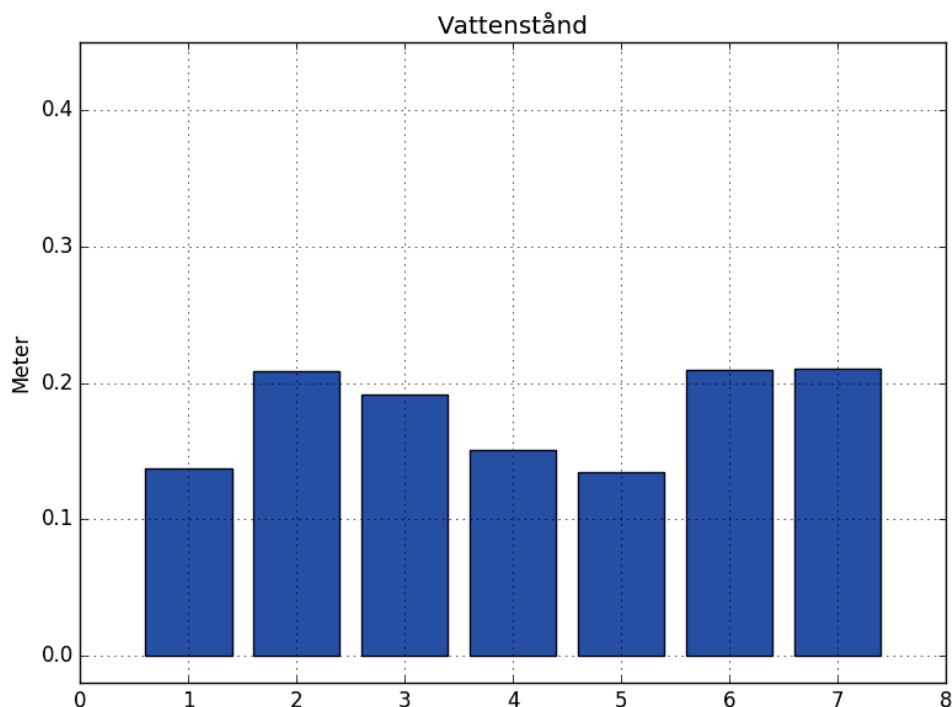
Den sista figuren, Figur 13 visar hur dimensionerande vattenstånd dygn nio beräknat med timupplösning av nederbörd skiljer sig från dimensionerande vattenstånd beräknat med dygnsupplösning av nederbörd. För dimensionerad vattenstånd är skillnaderna mellan de olika fallen inte lika stor som för dimensionerad tillrinningen. Störst skillnad visar fall 2 (50 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen), 6 (60 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen) och 7 (70 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen). Den minsta skillnaden finns hos fall 1 där maxtimmen utgör 25% av hela dygnets nederbörd.



Figur 11 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd. I den nedre grafen visas avståndet från dammkrön på y-axeln.



Figur 12 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.

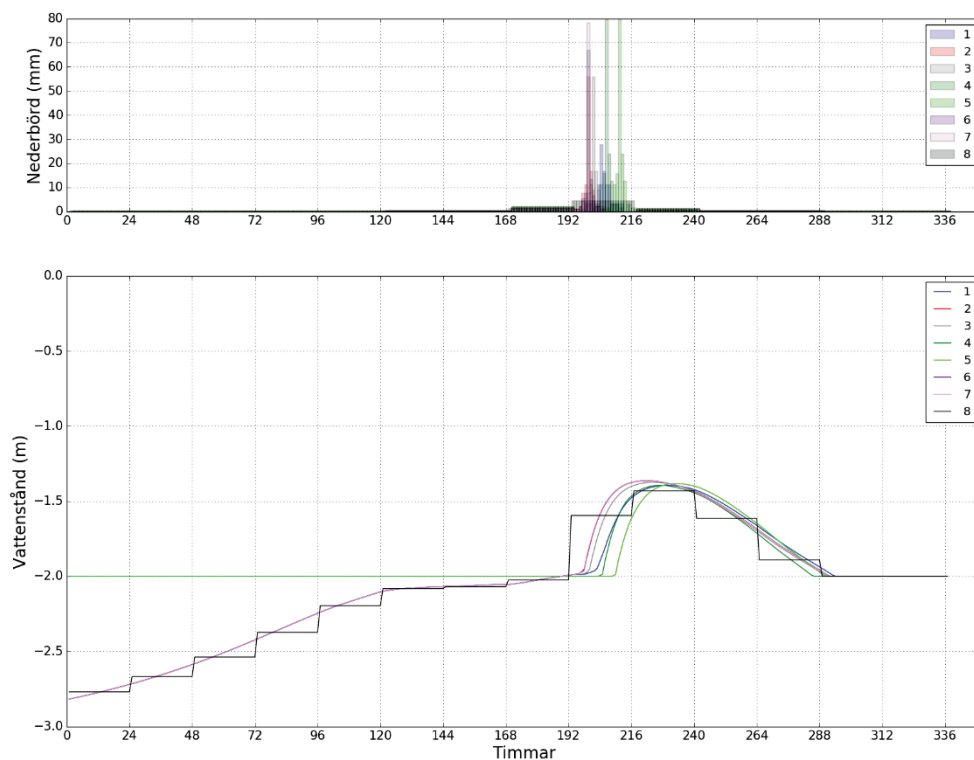


Figur 13 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

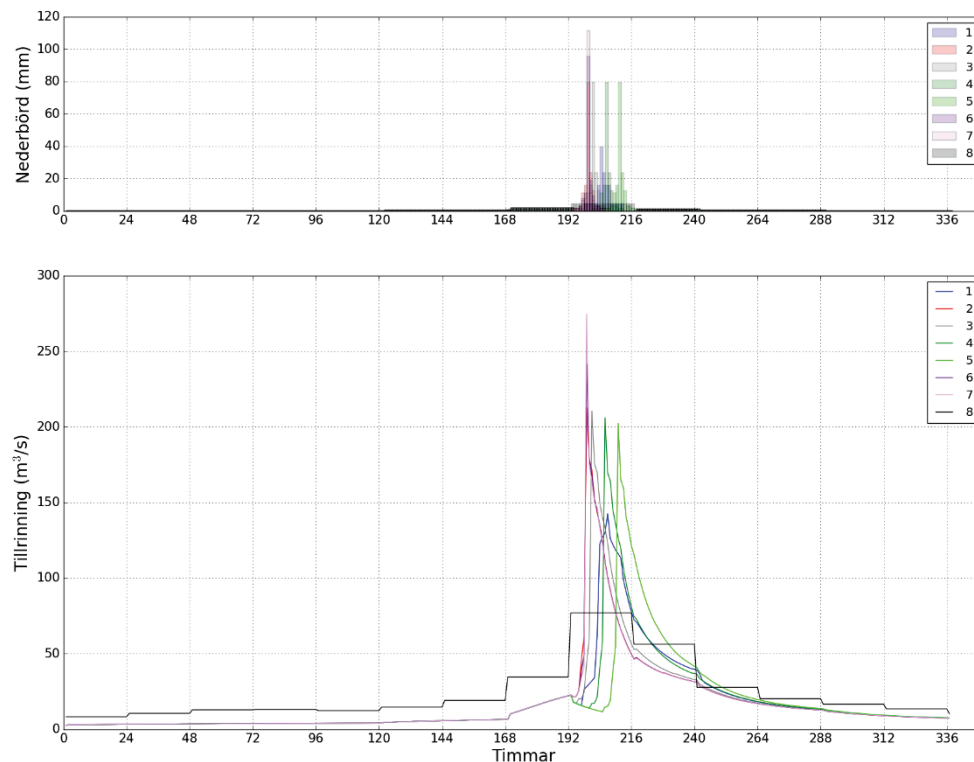
3.4 HELGESJÖN

Figur 14 visar hur vattenståndet förändras under den dimensionerande 14 dagars nederbördssekvensen för Helgesjön. Dimensionerande vattenstånden börjar inte på samma nivå vilket beror på att de dimensionerande fallen inträffar vid olika tidpunkter. I Figur 15 visas förändringen av den dimensionerande tillrinningen, vilken visar på stora skillnader mellan de olika fallen av nederbördssekvenserna under dag 9. Fall 7, när 70 % av dygnsnederbörden faller inom maxtimmen, ger störst tillrinning. För att få fram ett dimensionerande tillfälle körs modellen över minst en 10-årsperiod för de olika tidsstegen och de högsta värdena kan inträffa under olika perioder. För Helgesjön inträffar dimensionerande tillfällen olika år för tim- och dygnsupplösning och volymerna skiljer sig därför åt i grafen. Om de däremot körs för samma startdatum erhålls samma volym.

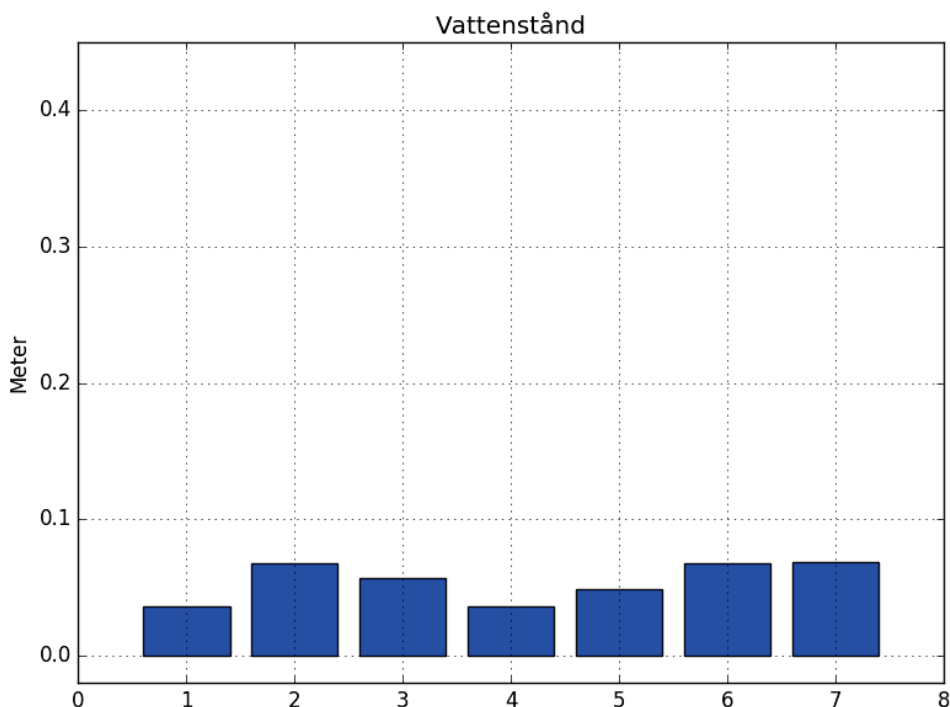
Den sista figuren, Figur 16 visar hur dimensionerande vattenstånd dygn nio beräknat med timupplösning av nederbörd skiljer sig från dimensionerande vattenstånd beräknat med dygnsupplösning av nederbörd. För dimensionerad vattenstånd är skillnaderna mellan de olika fallen inte lika stor som för tillrinningen. Störst skillnad visar fall 2 (50 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen), 6 (60 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen) och 7 (70 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen). Den minsta skillnaden finns hos fall 1 där maxtimmen bara har 25% av dygnsnederbörd och fall 4 (50 % faller under maxtimmen, men maxtimmen flyttas 7 timmar framåt i tiden jämfört med fall 2).



Figur 14 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd. I den nedre grafen visas avståndet från dammkron på y-axeln.



Figur 15 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.



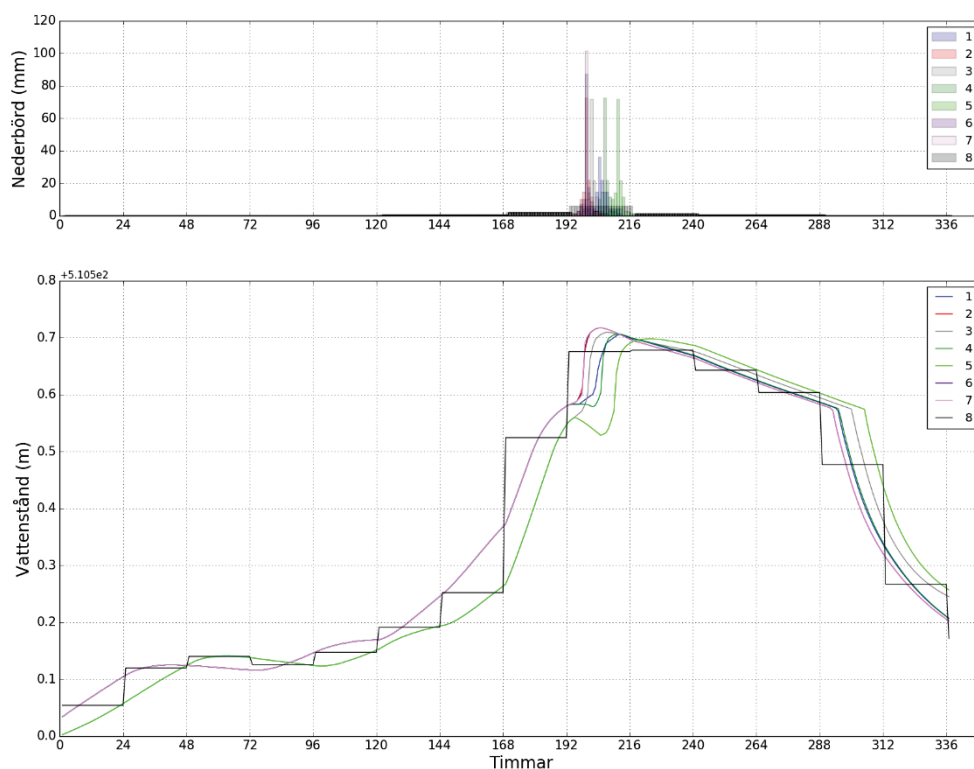
Figur 16 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

3.5 KLARNINGSMAGASINET (KIRUNAVUOMA)

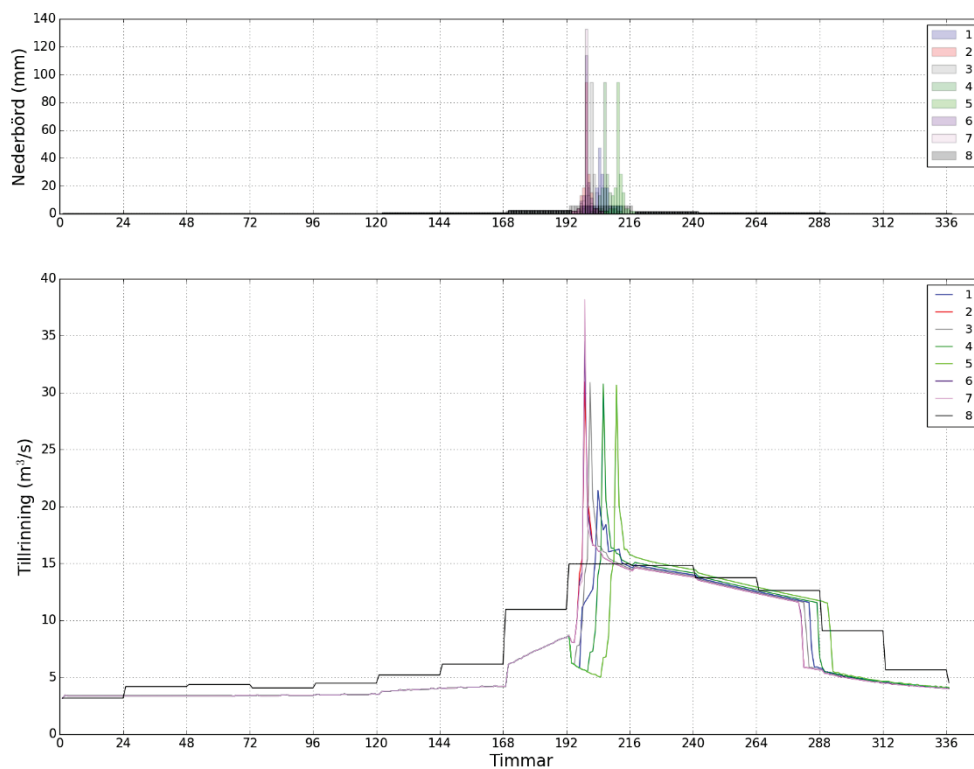
En hydrologisk modell för Klarningsmagasinet (Kirunavuoma) sattes upp inom KFR projektet och de nya resultaten skiljer sig från de äldre beskrivna i KFR rapporten (KFR, 2005). Orsaken till skillnaden är att en ny modell med nya modellfiler sattes upp eftersom gamla modellfiler inte längre var tillgängliga.

Figur 17 visar hur vattenståndet förändras under den dimensionerande 14-dagars nederbördssekvensen för Klarningsmagasinet utanför Kiruna. I Figur 18 visas förändringen av den dimensionerande tillrinningen, vilken visar på stora skillnader mellan de olika fallen. Fall 7, när 70 % av dygnsnederbörden faller inom maxtimmen, ger störst tillrinning. För att få fram ett dimensionerande tillfälle körs modellen över minst en 10-årsperiod för de olika tidsstegen och de högsta värdena kan inträffa under olika perioder. För Klarningsmagasinet inträffar dimensionerande tillfällen olika år och volymerna skiljer sig därför åt i grafen. Om de däremot körs för samma startdatum erhålls samma volym.

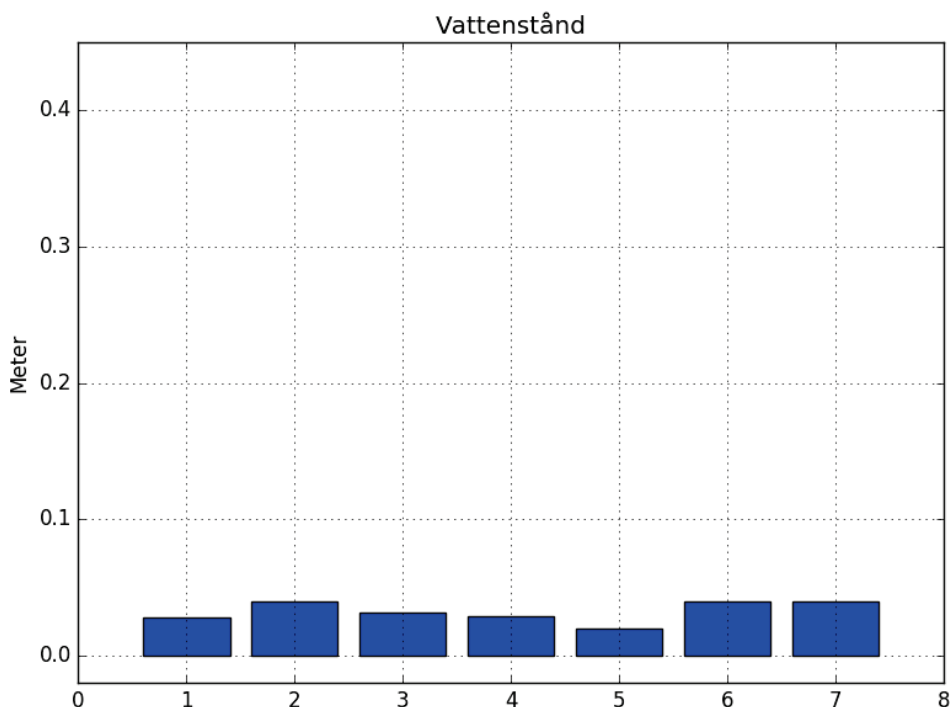
Den sista figuren, Figur 19 visar hur dimensionerande vattenstånd dygn nio beräknat med timupplösning av nederbörd skiljer sig från dimensionerande vattenstånd beräknat med dygnsupplösning av nederbörd. Skillnaden i dimensionerad vattenstånd är inte speciellt stor för Klarningsmagasinet. Störst skillnad visar fall 2 (50 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen), 6 (60 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen) och 7 (70 % av dygnsnederbörd faller under maxtimmen). Regleringsvolymen för anläggningen vid 2003 års beräkning är okänd, vilket gör att regleringsgraden inte går att beräkna.



Figur 17 14-dagars nederbördssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd.



Figur 18 14-dagars nederbördssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.

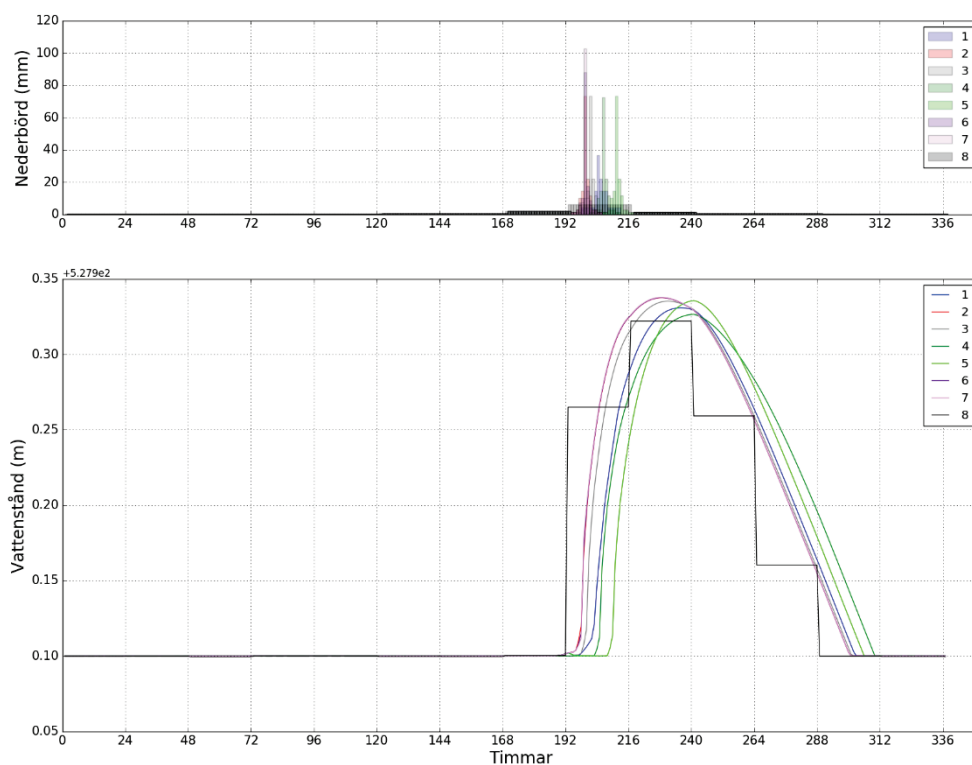


Figur 19 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

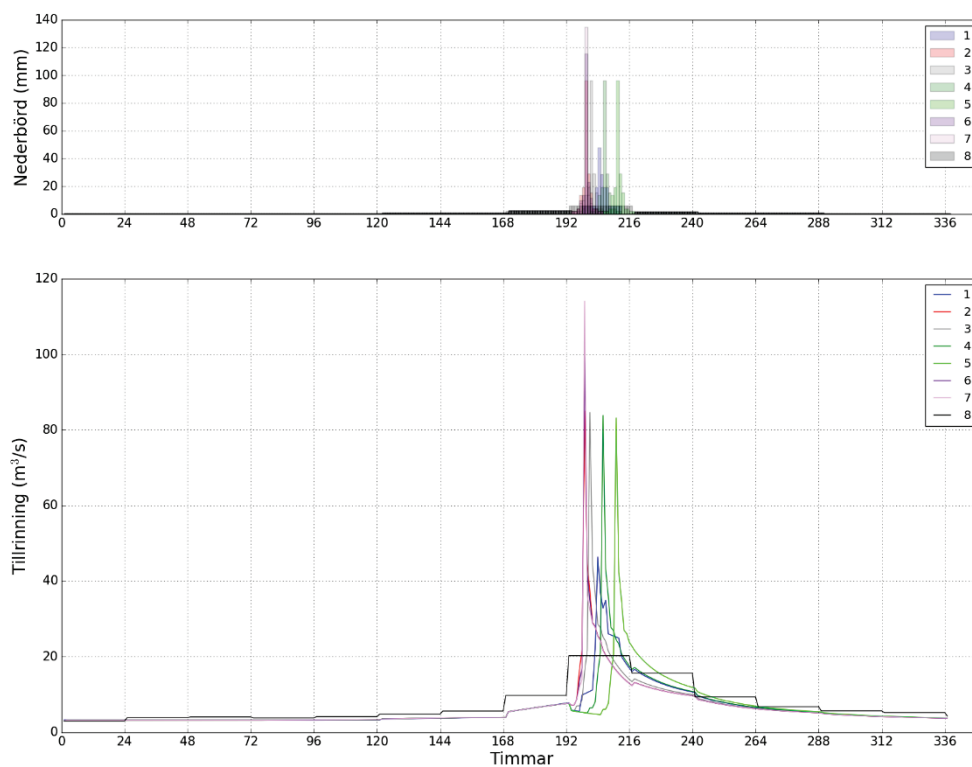
3.6 KIRUNA SANDMAGASIN (KIRUNAVUOMA)

En hydrologisk modell för Kiruna Sandmagasin (Kirunavuoma) sattes upp inom KFR projektet och de nya resultaten skiljer sig från de äldre beskrivna i KFR rapporten (KFR, 2005). Orsaken till skillnaden är att en ny modell med nya modellfiler sattes upp eftersom gamla modellfiler inte längre var tillgängliga.

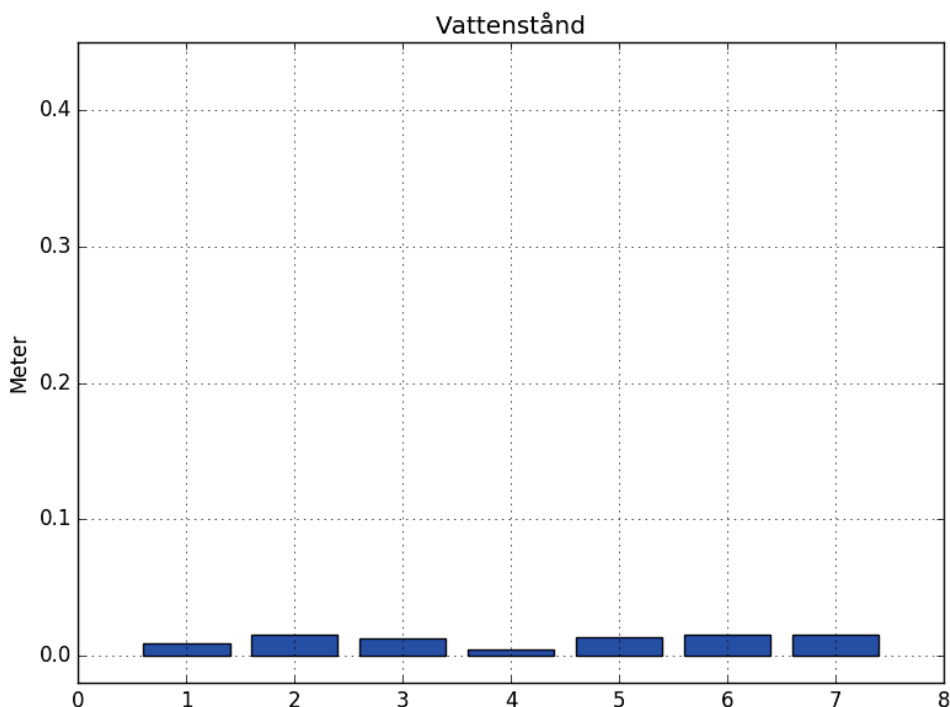
Figur 20 visar hur vattenståndet förändras under den dimensionerande 14-dagars nederbördssekvensen för Sandmagasinet utanför Kiruna. I Figur 21 visas förändringen av den dimensionerande tillrinningen, vilken visar på stora skillnader mellan de olika fallen. Fall 7, när 70 % av dygnsnederbörden faller inom maxtimmen, ger störst tillrinning. Den sista figuren, Figur 22 visar hur dimensionerande vattenstånd dygn nio beräknat med timupplösning av nederbörd skiljer sig från dimensionerande vattenstånd beräknat med dygnsupplösning av nederbörd. Regleringsvolymen för anläggningen vid 2003 års beräkning är okänd, vilket gör att regleringsgraden inte går att beräkna.



Figur 20 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd.



Figur 21 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.



Figur 22 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

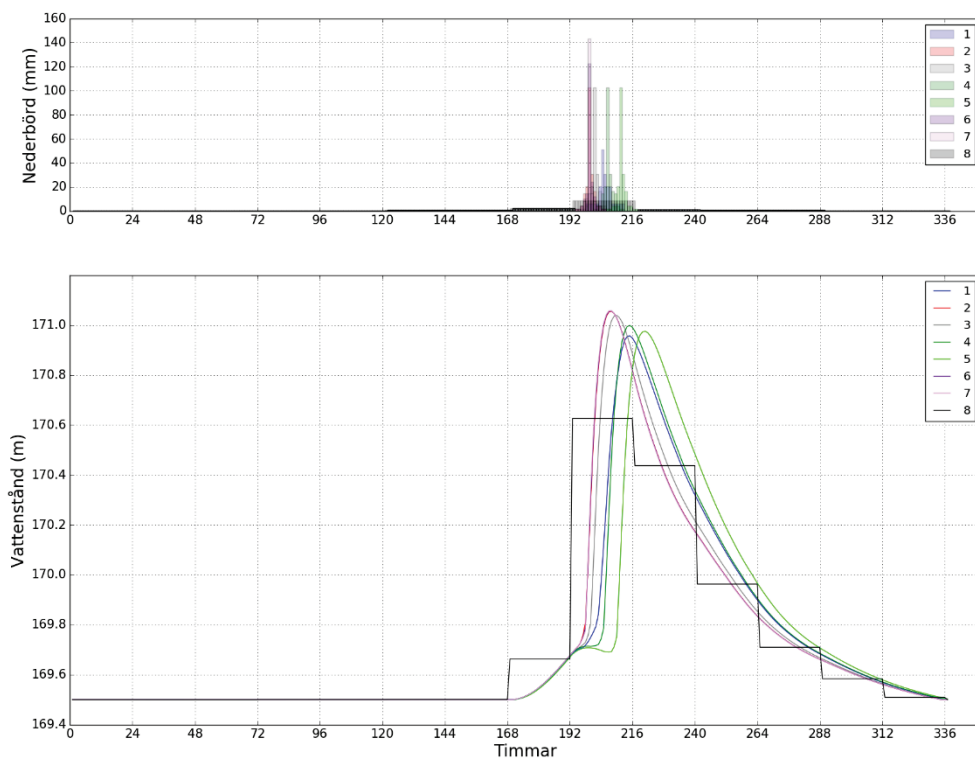
3.7 STORA JÄLKEN (GARPENBERG)

En hydrologisk modell för Stora Jälken (Garpenberg) sattes upp inom KFR projektet och de nya resultaten skiljer sig från de äldre beskrivna i KFR rapporten (KFR, 2005). Orsaken till skillnaden är att en ny modell med nya modellfiler sattes upp eftersom gamla modellfiler inte längre var tillgängliga.

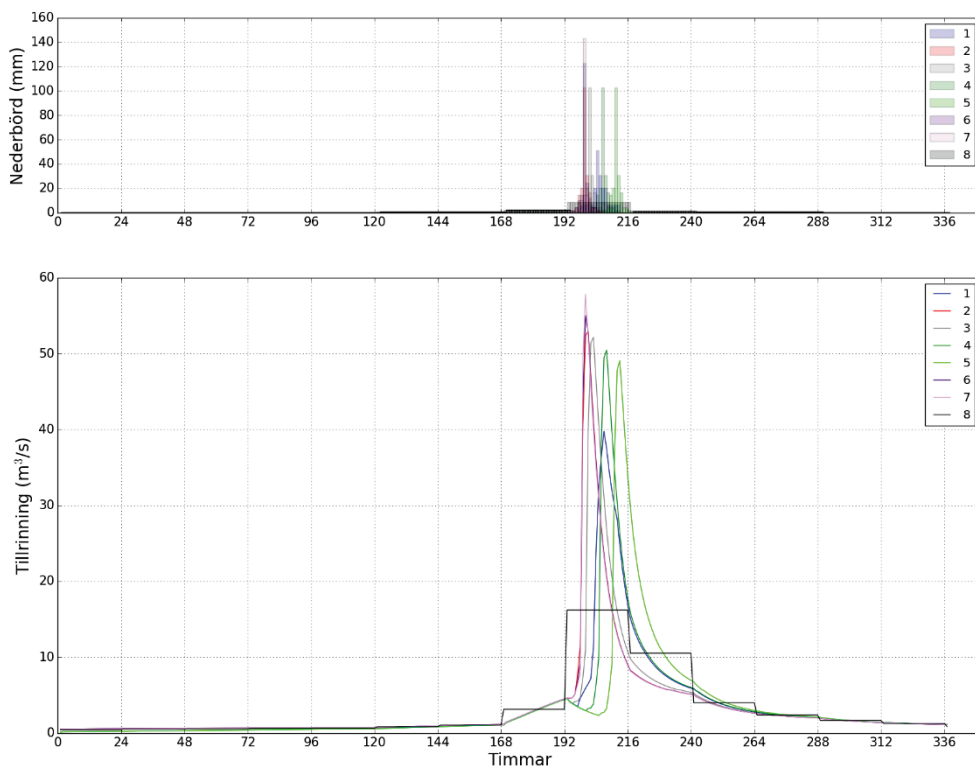
Stora Jälken vid Garpenberg är det området som har störst vattenstånds-förändringar beroende om man kör modellen med timupplösning av nederbörd eller dygnsupplösning, jämfört med de andra avrinningsområden. Figur 23 visar förloppet över det dimensionerande tillfället för vattenstånd för de olika fallen. Även för Stora Jälken är dimensionerande tillrinningarna större för timupplösning av nederbörd på dag nio jämfört med dygnsupplösningen, se Figur 24.

Dimensionerande vattenstånd skiljer sig närmare 45 cm mellan fall 2 (50 % av dygnsnederbörden faller under maxtimman) och beräkningen med dygnssteg (Figur 25). De olika fallen uppvisar liknande skillnader i dimensionerad vattenstånd.

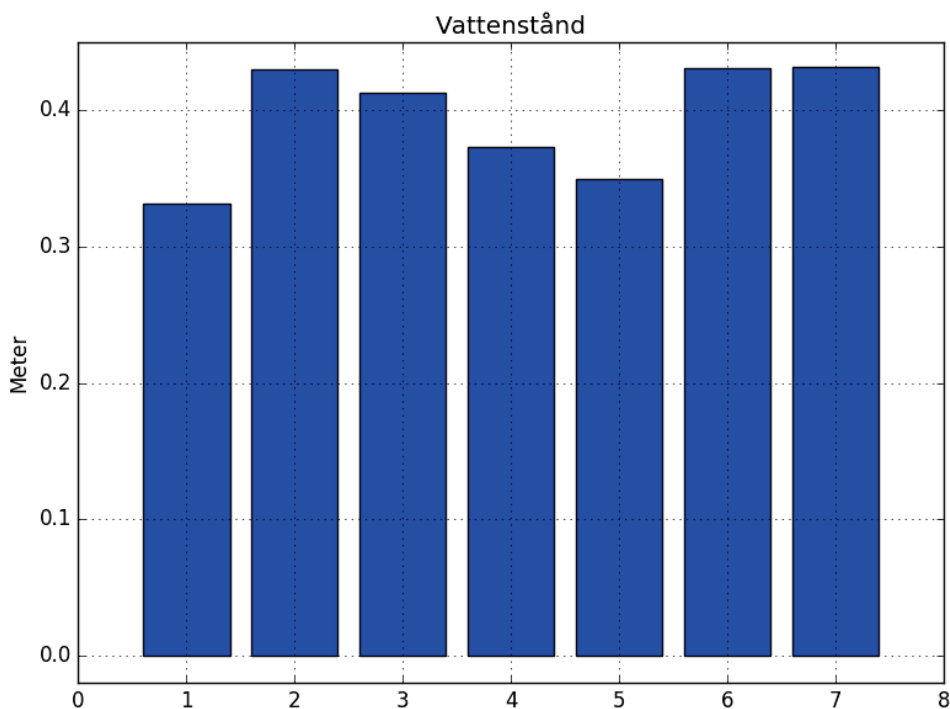
Även i KFR rapporten (KFR, 2005) hade Stora Jälken stora skillnader i vattenståndet. Regleringsvolymen för anläggningen vid 2003 års beräkning är okänd, vilket gör att regleringsgraden inte går att beräkna.



Figur 23 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd.



Figur 24 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.



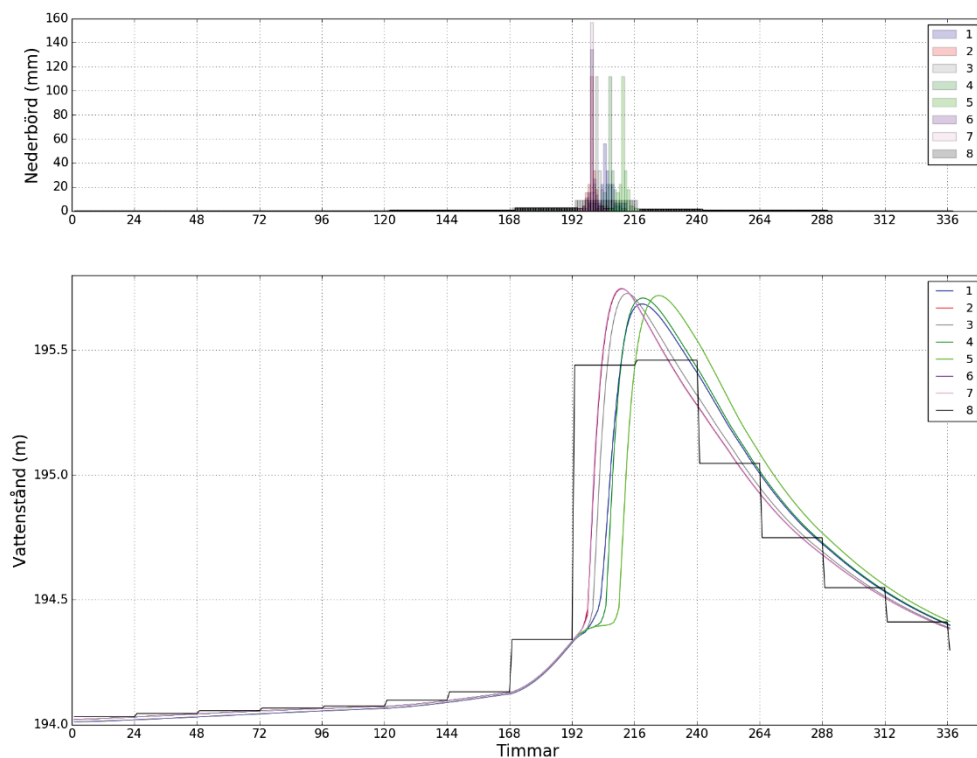
Figur 25 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

3.8 STORA GRANSJÖN (GARPENBERG)

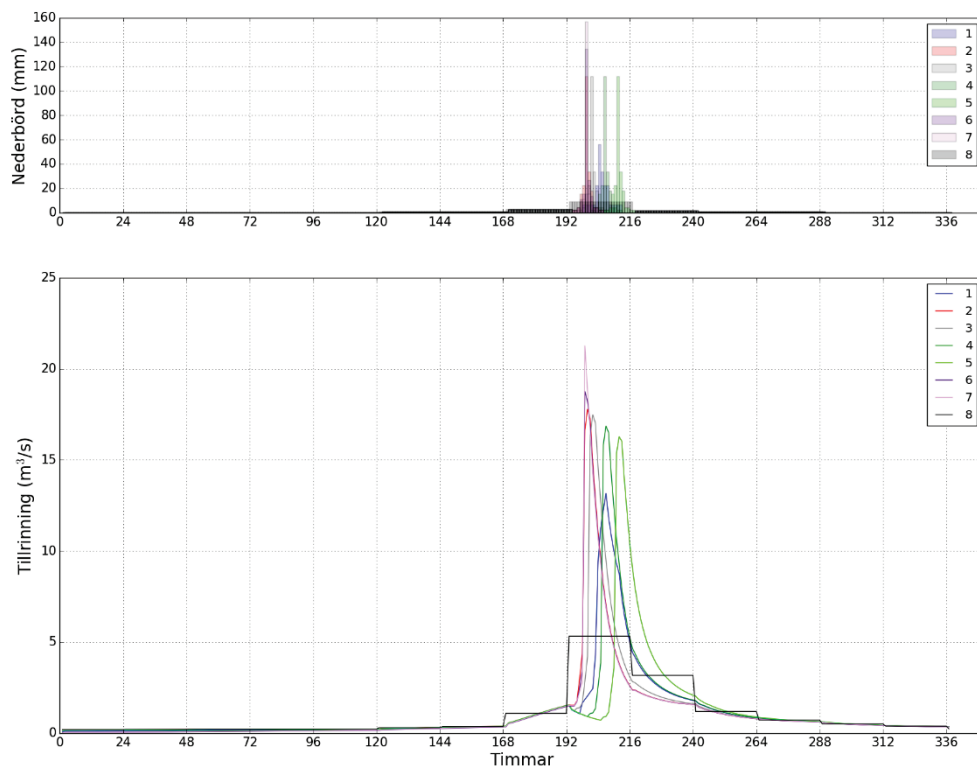
En hydrologisk modell för Stora Gransjön (Garpenberg) sattes upp inom KFR projektet och de nya resultaten skiljer sig från de äldre beskrivna i KFR rapporten (KFR, 2005). Orsaken till skillnaden är att en ny modell med nya modellfiler sattes upp eftersom gamla modellfiler inte längre var tillgängliga. Även Stora Gransjön vid Garpenberg har stora skillnader i dimensionerad vattenstånd beroende om man kör modellen med timupplösning av nederbörd eller dygnsupplösning. Figur 26 visar förloppet över det dimensionerande tillfället för vattenstånd för de olika fallen. Även här är dimensionerande tillrinningarna större för timupplösning av nederbörd på dag nio jämfört med dygnsupplösningen, se Figur 27.

Dimensionerade vattenstånd skiljer sig närmare 30 cm mellan fall 2 (50 % av dygnsnederbörden faller under maxtimmen) och beräkningen med tidsupplösning på dygn (Figur 28). De olika fallen uppvisar liknande skillnader i dimensionerad vattenstånd.

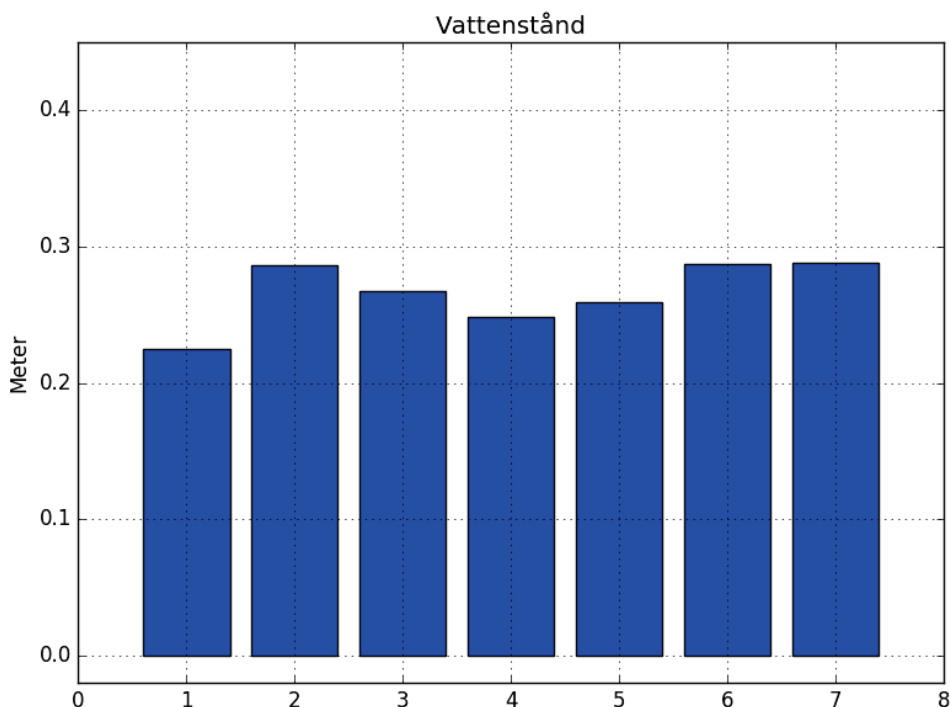
Även i KFR rapporten (KFR, 2005) hade Stora Gransjön stora skillnader i dimensionerande vattenståndet beroende på om beräkningen gjorts med tim- eller dygnssteg. Regleringsvolymen för anläggningen vid 2003 års beräkning är okänd, vilket gör att regleringsgraden inte går att beräkna.



Figur 26 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd.



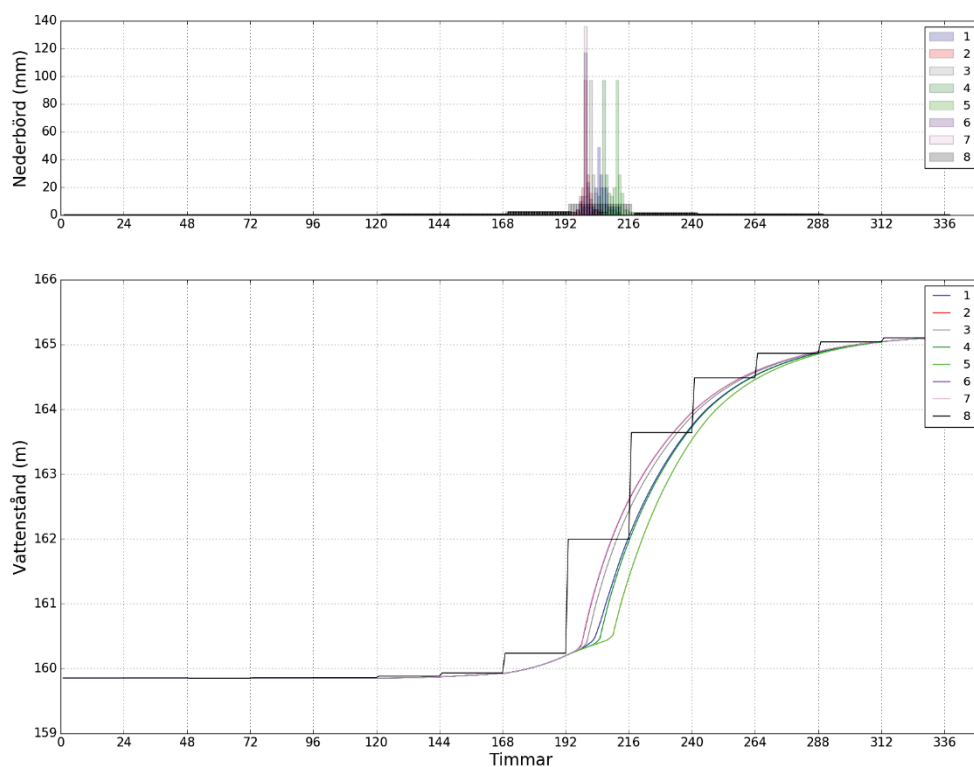
Figur 27 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.



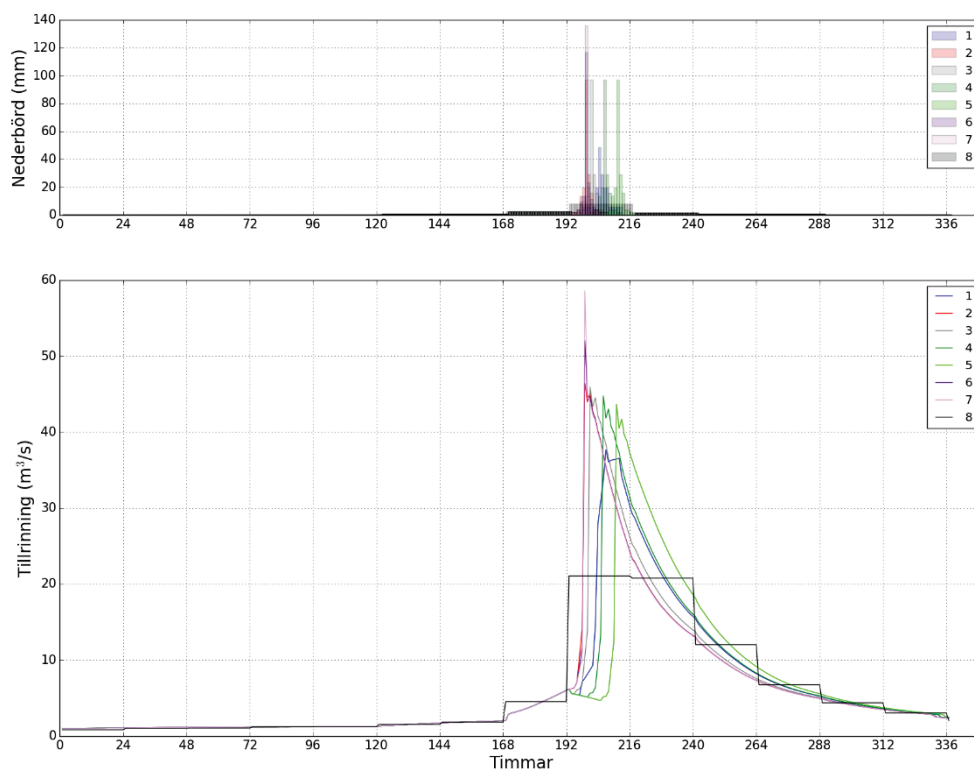
Figur 28 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

3.9 FINNHYTTE DAMMEN (GARPENBERG)

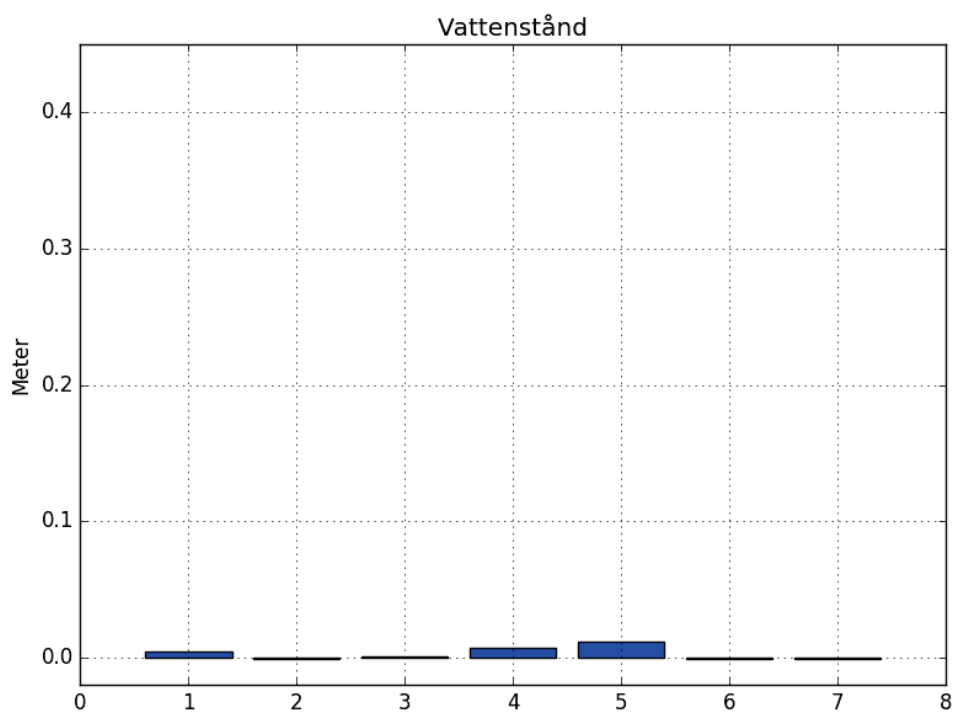
Den dimensionerande 14-dagars nederbördssekvensen och resulterande dimensionerande tillfälle av vattenstånd för Finnhyttedammen visas i Figur 29. Grafen visar enbart 14-dagarssekvensen och efter denna sekvens sjunker vattenståndet långsamt. I Figur 30 visas dimensionerande tillfällen av tillrinningen, vilken visar på stora skillnader mellan de olika fallen. Fall 7, när 70 % av dygnsnederbörden faller inom maxtimmen, ger som alltid störst dimensionerad tillrinning. Figur 31 visar hur dimensionerande vattenstånd dygn nio beräknat med timupplösning av nederbörd skiljer sig från dimensionerande vattenstånd beräknat med dygnsupplösning av nederbörd. Här är skillnaderna mellan de olika fallen nästan obefintlig. Att fallen skiljer sig lite åt kan bero på numeriska avvikelser. Regleringsvolymen för anläggningen vid 2003 års beräkning är okänd, vilket gör att regleringsgraden inte går att beräkna.



Figur 29 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar vattenstånd.



Figur 30 14-dagarssekvenser under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Fall 8 är dygnsberäkningen. X-axeln visar timmar. Övre grafen visar nederbörd och den undre grafen visar tillrinning.



Figur 31 Dygn 9 under det dimensionerande tillfället för de olika testfallen. Här visas skillnaden mellan dimensionerande vattenstånd för timupplösning och dygnsupplösning.

4 Diskussion och slutsats

4.1 NEDERBÖRDSHÄNDELSE SOMMAREN 2021

Under arbetet med denna studie har det inträffat några intensiva regn som kan vara värda att kommentera som komplement till (German, m.fl., 2020). Observera att när detta skrivs är inte data fullt ut granskade eller händelserna färdig-analyserade och kan således komma att ändras, men normalt sett blir det små justeringar som görs.

Mest uppmärksammas i media blev det skyfall med efterföljande översvämningar som drabbade Gävle 17–18/8 2021. Den händelsen ersätter tidigare noterade rekord vid SMHI:s automatiska stationsnät för varaktigheter från 2 timmar till 12 timmar, tabell 6 i (German, m.fl., 2020), se (SMHI, 2021). Observera att SMHI:s automatiska stationsnät visserligen kan ses som omfattande (över hundra stationer som varit i drift sedan mitten av 1990-talet), men jämfört med hela stationsnätet som varit underlag vid framtagningen av riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar (Svenska kraftnät, 2022) (där data från som mest över 900 stationer och mätserier som längst tillbaka till slutet av 1800-talet) är det begränsat. Andelen av 24-timmarsnederbörden som föll under maxtimmen i Gävle var ca 37%, men det var varaktigheter på 3–4 timmar som var mest extrema. I förslaget från (German, m.fl., 2020) faller 50, 65 och 75 % av dygnsvolymen på 1, 2 respektive 3 timmar, se Tabell 3.

Tabell 3 Andel av Gävle-regnets 24-timmars nederbördsvolym per varaktighet i jämförelse med resultat från (German, m.fl., 2020).

Varaktighet (timmar)	Andel av 24-timmarsregnet (%)	Motsvarande från förslaget i (German, m.fl., 2020)
1	37	50
2	61	65
3	73	75
4	78	83
5	80	90
6	82	92

Så här långt stämmer händelsen i Gävle bra med slutsatserna i (German, m.fl., 2020), volymerna var mindre för samtliga varaktigheter och andelen för de mest intensiva varaktigheterna liknande. Det ska dock noteras att regnet i Gävle föll under natten (de mest intensiva timmarna var från midnatt och framåt, svensk sommartid). Som diskuterats tidigare är annars det vanliga att de mest intensiva regnen faller under eftermiddagen.

En annan händelse som inte uppmärksammas lika mycket är att det i Älgshult (Uppvidinge kommun, Kalmar län) den 3/7 2021 föll ett ovanligt intensivt regn.

Den kommunala mätaren noterade 163 mm under 3 timmar (SMHI, 2021). SMHI:s mätstation i Älghult (som mäter dygnsnederbörd vid annan plats en bit från den kommunala) noterade 136,5 mm i dygnsnederbörd, vilket enligt uppgift från observatören ska ha fallit under 2–3 timmar. Också detta är mindre än vad som ligger under 3 timmar i nederbördssekvensen som använts här och presenterades i (German, m.fl., 2020), men mer än i Gävle.

Även i övrigt har det varit en del större och intensivare nederbördshändelser under sommaren, men inget som givit volymer som de här beskrivna.

4.2 HYDROLOGISKA KONSEKVENSER

Resultaten i denna rapport baseras på nio avrinningsområden och sju testfall med olika nederbördssekvenser på dygn 9.

En finare tidsupplösning på timmar på dygn 9 i nederbördssekvensen visar att dimensionerande vattenståndet påverkats för Stora Jälken (30–35 cm), Stora Gransjön (20–30 cm) och Burvattnet där vissa testfall ligger strax över 20 cm. De övriga områdena Tvärsjön, Rensjön, Helgesjön, Klarningsmagasinet, Sandmagasinet och Finnhyttedammen har alla vattenståndsförändringar mindre än ca 10 cm.

Till största delen stämmer resultaten överens med tidigare analyser (KFR, 2005) vilka också visar på att områdena kring Garpenberg uppvisar större skillnader mellan dygns- och timberäkningar. Skillnaden från dessa beräkningar är att även ett område med lite större tillrinningsarea uppvisar något större vattenståndsförändringar (Burvattnet i Lången, Indalsälven) och inte bara gruvdammarna med mycket små avrinningsområden.

Från resultaten i avsnitt 3 framgår att för de flesta områden sker de största vattenståndsförändringarna jämfört med dygnssteg då maxtimman utgör minst 50 % av dygnets nederbörd. Minst förändring ger självklart 25 % av dygnsnederbörd på maxtimman. En ökning till 60 % eller 70 % av dygnsnederbörd på maxtimman ger inte någon betydande vattenståndsökning (någon millimeter). En förskjutning av maxtimmen till senare på dygnet ger en liten minskning av vattenståndet. Syftet med studien var att analysera påverkan på dimensionerade vattenstånd och beräkningarna visar på att det således har liten betydelse för dessa avrinningsområden om 50, 60 eller 70 % av dygnsnederbörden ligger på maxtimman.

Dimensionerande tillrinningen däremot ökar med ökande andel nederbörd under maxtimmen och är störst vid 70 % av dygnsnederbörden. En förskjutning av maxtimmen (och därmed följande uppehåll timmarna innan) minskar dimensionerande tillrinningen successivt eftersom vatten hinner rinna av och marken hinner torka upp något innan det mest intensiva regnet.

Utifrån resultaten här ser man att det är måttliga minskningar av dimensionerande vattenstånd om nederbördstoppen läggs på eftermiddagen istället för morgonen, vilket skulle vara det mest sannolika fallet enligt ovan (fall 5 enligt Bilagan). Samtidigt är övriga delar av riktlinjerna uppbyggda enligt tanken att hitta de mest ogynnsamma (men inte orimliga) kombinationerna vilket talar för att det istället bör ligga på morgonen (d.v.s. fall 2 enligt Bilagan).

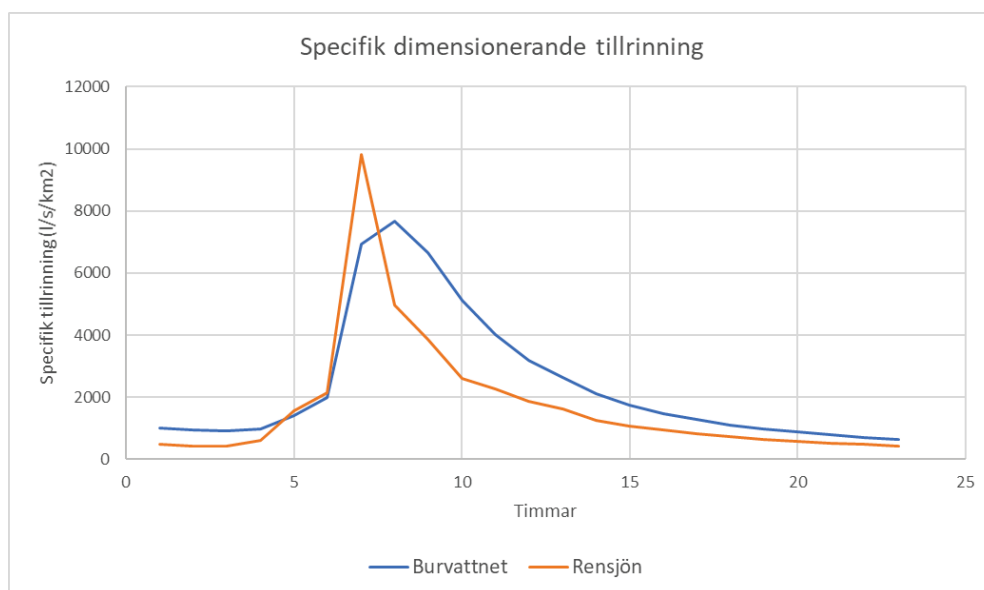
Precis som det konstaterades i (KFR, 2005) visar analyserna också på det förväntade resultatet att skillnader i magasin- och avbördningsförhållanden kan påverka resultatet för dimensionerande vattenståndet på timbasis, men nu också för något större avrinningsområden (Burvattnet jämfört med Rensjön).

4.2.1 Skillnader mellan Rensjön och Burvattnet

Rensjön och Burvattnet skiljer sig åt vad gäller vattenståndsökningar som följd av timsupplösning av nederbörd jämfört med dygnsupplösningen. Burvattnet får en ökning medan Rensjöns dimensionerande vattenstånd inte förändras.

Avrinningsområdena är av samma storleksordning och de ligger båda i nordvästra Jämtland. Burvattnet ligger i dimensioneringsregion 1 och avrinningsområdet består nästan uteslutande av kalffjäll. Rensjön ligger däremot i dimensioneringsregion 2 och består av delvis kalffjäll, delvis skog, men till en stor del sjö (själva magasinssytan). Regleringsgraden skiljer dem också åt där Rensjön har en mycket hög regleringsgrad på ca 100 %, medan Burvattnet ligger på ca 46 %.

Den specifika tillrinningen ($l/s/km^2$) vid dimensionerande vattenstånd visas i Figur 32 där det dygnet när maximalt vattenstånd nås beskrivs. Rensjön uppvisar ett snabbare tillrinningsförlopp än Burvattnet beroende på att sjön (magasinet) utgör en så stor del av avrinningsområdet.



Figur 32 Specifik tillrinning för Burvattnet (blå) och Rensjön (orange).

Den viktigaste, men inte enda, faktorn som förklarar skillnaden i känslighet mellan Burvattnet och Rensjön är att Rensjön har en större avbördningsförmåga (betydelsen diskuterades redan i (KFR, 2005)) vid nivåer kring dämningssgräns. Men flera samverkande faktorer som magasineringskapacitet/regleringsgrad i samverkan med tillrinning och volym (som påverkas av höjden och storlek på avrinningsområdet, dimensioneringsregion och tid på året) spelar också in.

5 Referenslista

- Bergström, S., 1995, The HBV Model. In. Singh, V.P. (ed.). Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources publications, Highlands Ranch, Colorado, pp. 443-476.
- Björn, H. och Johnell, A., 2021, Klimatanpassning genom planerad reträtt
Visualisering av översvämning längs Ståstorpsån vid Beräknat högsta flöde med dygns- respektive timupplösning, SMHI rapport, diarienummer 2018/912/9.5
- Olsson, J., Berg, P., Eronn, A., Simonsson, L., Södling, J., Wern, L. och Yang, W., 2018. Extremregn i nuvarande och framtida klimat. Analyser av observationer och framtidsscenarier. SMHI Klimatologi 47.
- German, J., Södling, J., Olsson, A. och Lovell, J., 2020, Fördelning av extrem dygnsnederbörd, Energiforskrapport 2020:703
- KFR, 2005 Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan. Slutrapport från kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer. Elforsk rapport 05:17
- Lindström, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M. and Bergström, S., 1997, Development and test of the distributed HBV-96 model. Journal of Hydrology 201, 272-288.
- Reynolds, E. och German J., 2020, Flödesdimensionering Sävån, SMHI rapport 2020/41
- Svenska kraftnät, Energiföretagen Sverige och SveMin, 2022, Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Utgåva 2022
- SMHI, 2021, Svenska nederbördsrekord.
<https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/svenska-nederbordsrekord-1.6660> (besökt 1/9 2021).
- Wern, L. och German, J., 2009, Korttidsnederbörd i Sverige 1995 – 2008, SMHI Meteorologi rapport 139/2009
- Zabori, J., Johnell, A och Losjö K., 2018, Dimensionerande flöden och vattenstånd för Indalsälven. Delrapport 2 – Kalibrering, SMHI rapport 2018-10

6 Bilaga

Tabell 1 Procentuell fördelning per timma av dimensionerande nederbörd dygn 9 i nederbördssekvensen. Timme 1-4 samt 20-24 0 mm nederbörd (KFR, 2005).

H	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
%	3	3	3	3	3	10	25	15	10	10	3	3	3	3	3

Tabell 2 Procentuell fördelning per timma av dimensionerande nederbörd dygn 9 i nederbördssekvensen. Timme 13-24 0 mm nederbörd (German, m.fl., 2020).

H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
%	1	1	2	7	10	50	15	8	2	2	1	1

Tabell 3 Procentuell fördelning per timma av dimensionerande nederbörd dygn 9 i nederbördssekvensen. Timme 1-2samt 15-24 0 mm nederbörd.

H	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
%	1	1	2	7	10	50	15	8	2	2	1	1

Tabell 4 Procentuell fördelning per timma av dimensionerande nederbörd dygn 9 i nederbördssekvensen. Timme 1-7 samt 20-24 0 mm nederbörd.

H	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
%	1	1	2	7	10	50	15	8	2	2	1	1

Tabell 5 Procentuell fördelning per timma av dimensionerande nederbörd dygn 9 i nederbördssekvensen. Timme 1-12 0 mm nederbörd.

H	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
%	1	1	2	7	10	50	15	8	2	2	1	1

Tabell 6 Procentuell fördelning per timma av dimensionerande nederbörd dygn 9 i nederbördssekvensen. Timme 13-24 0 mm nederbörd.

H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
%	1	1	2	5	7	60	12	6	2	2	1	1

Tabell 7 Procentuell fördelning per timma av dimensionerande nederbörd dygn 9 i nederbördssekvensen. Timme 13-24 0 mm nederbörd.

H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
%	1	1	2	4	5	70	7	4	2	2	1	1

TIMUPPLÖSNING AV NEDERBÖRDS- SEKVENNS FÖR SMÅ AVRINNINGS- OMRÅDEN

Tidigare analyser har visat på att timmen med största nederbördssumma under dygnet (maxtimmen) bör innehålla en stor del av dygnsregnet vid beräkningar av dimensionerande vattenstånd och tillrinning. Analyserna har även gett förslag på ett nederbördsmönster med 50 % av dygnsnederbörden på maxtimmen.

Rapportens fokus har varit att beskriva hur timupplöst data skiljer sig från dygnsdata vid beräkningar av dimensionerande vattenstånd och tillrinning vid tillämpning av olika typer av nederbördsmönster.

Beräkningsresultaten visar på att sex av nio områden inte har någon stor förändring i dimensionerande vattenstånd för tim- respektive dygnsupplösta data. Tre områden visar dock en tydlig skillnad som kan bero på olika avbördnings- och magasinförhållanden.

Dimensionerande tillrinning ökar med ökande andel av dygnsnederbörd under maxtimmen och är störst vid 70 %. En förskjutning av maxtimmen minskar tillrinningen successivt eftersom marken hinner torka upp något innan det mest intensiva regnet.

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



Energiforsk