

ELFORSK



DAMMSÄKERHET

Uppföljning av dimensioneringsberäkningar –

Kompletterande uppföljning t.o.m. 2013

Rapport 14:52

Uppföljning dimensioneringsberäkningar

Kompletterande uppföljning t.o.m. 2013

Elforsk rapport 14:52

Förord

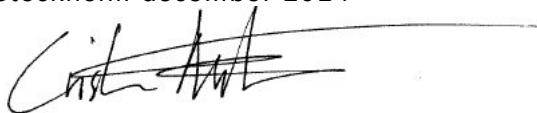
I samarbete mellan SMHI, Vattenregleringsföretagen, Skellefteåälvens Vattenregleringsföretag och Svenska Kraftnät har en uppföljning av riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar genomförts.

Studien har inkluderat hur 2007 års riktlinjer har tillämpats vid nya beräkningar, analyser av effekterna av att beräkna 100-årsflödet med ett annat urval av årsmax än vad dagens riktlinjer föreskriver samt uppföljning av observerade höga flöden sedan 2007 och relatera dessa till beräknade flödesdimensioneringsklass I-flöden.

Syftet har varit att uppföljningen ska utgöra ett underlag för den uppdatering av riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden för dammanläggningar som pågår i en arbetsgrupp inom Flödeskonferensen.

Projektet har ingått i Elforsks dammsäkerhetstekniska utvecklingsarbete med medverkan från vattenkraftföretag och Svenska kraftnät.

Stockholm december 2014



Cristian Andersson

Sammanfattning

"Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar" antogs 1990 och har därefter tillämpats vid dimensioneringsberäkningar för dammanläggningar, för flödesberäkningar för översvämningsskartering och dimensionering av annan infrastruktur. Tillägg och förtydliganden av riktlinjerna gjordes i några omgångar under 1990-talet för att under 2007 utges i en reviderad version.

2006 publicerades en uppföljning av genomförda beräkningar enligt flödeskommitténs riktlinjer. Materialet omfattade data fram till omkring 2003. Det omfattade således ett stort antal beräkningspunkter för flödesberäkningarna i de kraftproducerande älvarna som gjordes under 1990-talet. 2007 gjordes också en uppföljning av nivån på framräknade flöden jämfört med observerade flöden.

Inför en ny revidering av beräkningsriktlinjerna under 2014 beslutade Elforsk att finansiera en uppdatering av 2006 års uppföljning av beräkningsriktlinjerna.

Syftet med uppföljningen har varit att:

- Komplettera 2006 års uppföljning med nya beräkningar och följa upp hur 2007 års riktlinjer har tillämpats vid beräkningarna.
- Analysera effekterna av att beräkna 100-årsflödet med ett annat urval av årsmax än vad dagens riktlinjer föreskriver.
- Komplettera uppföljningen av observerade höga flöden från 2007 med händelser som inträffat därefter, och relatera dessa till beräknade flödesdimensioneringsklass I-flöden.

För flödesdimensioneringsklass I flöden har 124 nya beräkningar lagts till. Av dessa nytillkomna punkter avser 55 tillämpningar någon form av dammanläggning, övriga avser översvämningsskarteringar.

Slutsatser från sammanställningen av utförda beräkningarna av flödesdimensioneringsklass I flöden är att klimatkänslighetsanalyser blivit vanligt vid beräkningar för dammändamål. En ny modellgeneration och i en del fall förändrad beskrivning av regleringsrutiner leder till att högre nivåer och tillrinningar kan förväntas vid nya beräkningar jämfört med äldre.

När det gäller beräkningar av 100-årstillrinningar konstateras det att många av de gamla beräkningarna inte utförts fullt ut enligt dagens riktlinjer och att dataunderlaget utökats betydligt sedan beräkningarna utfördes.

För anläggningar i regioner där vårfloden normalt ger högsta tillrinningen och magasinet normalt sett är avsänkt inför vårfloden kan det finnas motiv för att undanta tillrinningar som observerats vid avsänkta magasin vid beräkningen av 100-års tillrinning.

Uppföljningen av inträffade höga observerade flöden har givit en uppdatering med omkring 10 nya stationer där flödesdimensioneringsklass I flödet beräknats. Inga förändringar av betydelse har dock skett i övrigt vad gäller förhållandet mellan högsta observerad flöde och beräknat flödesdimensioneringsklass I flöde.

Summary

"Swedish Guidelines for Design Flood Determination for Dams" were originally published in 1990 and have been applied for design of dams and spillways, but also for flood inundation mapping and design of other infrastructure than dams. In 2007 a revised edition was published.

In 2006 a follow-up study of calculations accomplished until 2003 according to the guidelines was published. That study covers a comprehensive number of calculations, mainly done for dams but also for flood inundation mapping.

In 2014 a revision of the guidelines was undertaken and in connection to that work an update of the follow-up study was initiated. The aim of this study was:

- Complete the follow-up from 2006 with new calculations and analyse how the revised guidelines from 2007 have been put into practice.
- Analyse the effects of using another selection than annual maximum inflow for calculation of the 100-year inflow.
- Complete a follow-up of observed high-flows that was done in 2007 with new data and relate this to calculated flood design category I flows.

For the flood design category I flows, 124 new calculations have been added to the originally 680. 55 of these are calculated for some kind of dam, the others are for flood inundation mapping.

Conclusions from the flood design category I flow calculations is that sensitivity analysis of the flows for a changing climate have been common. Further, a new generation of hydrological models and new way of interpreting regulation rules seems to give higher design water levels and higher design flows when new calculations are made.

When it comes to calculations of 100-year inflow it is concluded that many of the calculations are done according to earlier versions of the guidelines and that the basic data today covers a much longer period.

For reservoirs in regions where the spring flood normally gives the highest inflow during the year and the reservoir is drawn down before the spring flood there could be reasons for not including inflows from part of the spring flood when calculating the 100-year design inflow.

The follow-up of observed high flows have added 10 new stations where flood design category I floods have been calculated. No significant changes since the last follow-up could be observed in the relation between maximum observed flow and flood design category I flows.

Innehåll

1	Bakgrund och syfte	1
1.1	Flödesdimensioneringsklass I-beräkningar	1
1.2	100-årsflödesberäkningar	2
1.3	Uppföljningens syften	2
2	Metod	3
2.1	Flödesdimensioneringsklass I-flöden	3
2.2	Beräkning av 100-årstillrinning	3
2.3	Inträffade flödeshändelser	5
3	Resultat	6
3.1	Flödesdimensioneringsklass I-flöden	6
3.1.1	Nya beräkningar för gamla punkter	8
3.1.2	Andel hösttillfällen	9
3.1.3	Specifik avrinning, beräkningsområdets storlek	10
3.1.4	Klimattillämpning	10
3.1.5	Snö	10
3.2	100-årsflödesberäkningar	14
3.2.1	Analys av 100-årstillrinning för utvalda punkter	14
3.2.2	Uppföljning av beräkningar av 100-årsflöde	17
3.3	Högsta observerade flöde	18
3.3.1	Observerade höga flöden i relation till kalibrerings- och dimensioneringsperioder	19
3.4	Förvaltning av beräkningsmodeller	21
4	Slutsatser	22
4.1	Klass I-flöden	22
4.2	100-årsflöden	22
4.3	Inträffade högflöden	23
5	Referenser	24

1 Bakgrund och syfte

"Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar" antogs 1990 och har därefter tillämpats vid dimensioneringsberäkningar för dammanläggningar, för flödesberäkningar för översvämningsskartering och dimensionering av annan infrastruktur. Tillägg och förtydliganden av riktlinjerna gjordes i några omgångar under 1990-talet för att under 2007 utges i en reviderad version.

1.1 Flödesdimensioneringsklass I-beräkningar

2006 publicerades en uppföljning av genomförda beräkningar enligt flödeskommitténs riktlinjer. Materialet omfattade data fram till omkring 2003. Det omfattade således ett stort antal beräkningspunkter för flödesberäkningarna i de kraftproducerande älvarna som gjordes under 1990-talet. Materialet innefattar även beräkningar för andra ändamål, främst översvämningsskarteringar (Brandesten, 2006).

2007 gjordes den senaste revideringen av beräkningsriktlinjerna (Svensk Energi m.fl., 2007). Förändringarna innebar bl.a. att riktlinjernas giltighet utökades till avrinningsområden ner till 1 km² och att en reservation gjordes för deras tillämpbarhet på Vänern (och eventuella andra fall som liknar Vänern). När det gäller Vänern har sedan arbetet fortsatt för att hitta en framkomlig väg för att beräkna den dimensionerande nivån. Bergström m.fl. (2006) började arbetet med att rekonstruera tappningsstrategier och tillämpa klimatscenarier. Bergström m.fl. (2010) har sedan tagit beräkningarna ett steg vidare där en ny metodik som bygger på flödeskommitténs riktlinjer har tillämpats. Justeringar av riktlinjernas rekommendationer har bl.a. gjorts för startvattenståndet, så att sjön inte antas fullt avsänkt vid beräkningsstart. Man har också analyserat återkomsttiden för nederbördshändelserna under översvämningarna år 2000 för att föra ett sannolikhetresonemang kring det nya framräknade vattenståndet.

De nya riktlinjerna föreskriver också att beräkningsförutsättningarna bör ses över regelbundet och att systemets känslighet för klimatförändringar bör analyseras. Hur känslighetsanalysen för klimatförändringar ska göras har det gjorts ett flertal studier av under de senaste dryga 10 åren. 2002 presenterade Gardelin m.fl. (2002) försök att beräkna förändringen av 100-årsflöden i Sverige. Under 2005 initierade Elforsk och Svenska Kraftnät projektet Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat, vilket resulterade i rapporter av Andréasson m.fl. (2006) och Andréasson m.fl. (2007).

2011 avrapporterades sedan det projekt som fram till idag satt standarden för känslighetsanalyser för klass I-flöden och 100-årsflöden. Andréasson m.fl. (2011b) utvecklade en förbättrad metodik för anpassning av regionala klimatscenarier till hydrologisk modellering och en metodik för att tillämpa det på extremflödesberäkningar. I rapporten finns översiktliga tillämpningar på

flera anläggningar spridda över landet för 16 olika klimatscenarier fram till mitten av seklet och 12 fram till slutet av seklet.

Under 2014 publicerades ytterligare en Elforsk-rapport om dimensionerande flöden för ett klimat i förändring (Hallberg m.fl., 2014). Här har man nu tillämpat den tidigare utvecklade metodiken för anpassning av regionala klimatscenarier för hydrologisk modellering och använt nya "RCP-scenarier" i beräkningarna och jämfört med de tidigare för att se om det blir någon systematisk skillnad i resultaten.

1.2 100-årsflödesberäkningar

Beräkning av 100-årsflöden har inte alls ägnats samma uppmärksamhet som beräkningar av flödesdimensioneringsklass I flöden genom åren. Den grundläggande metodiken har i stort sett alltid byggts på frekvensanalys av tillrinnings- eller tappningsserier. I klimatsammanhang har en del analyser gjorts, bl.a. av Andréasson m.fl. (2011b).

I olika sammanhang har det uppmärksamats att i en del fall ligger 100-årstillrinningen nära klass I-avbördningen vilket kan leda till att det kan vara problematiskt att klara att avbörda 100-årstillrinningen vid dämningssgräns och en diskussion om eventuella andra beräkningsgrunder har förts.

1.3 Uppföljningens syften

Syftet med uppföljningen har varit att:

- Komplettera 2006 års uppföljning med nya beräkningar och följa upp hur 2007 års riktlinjer har tillämpats vid beräkningarna.
- Analysera effekterna av att beräkna 100-årsflödet med ett annat urval av årsmax än vad dagens riktlinjer föreskriver.
- Komplettera uppföljningen av observerade höga flöden från 2007 med händelser som inträffat därefter, och relatera dessa till beräknade flödesdimensioneringsklass I-flöden.

2 Metod

2.1 Flödesdimensioneringsklass I-flöden

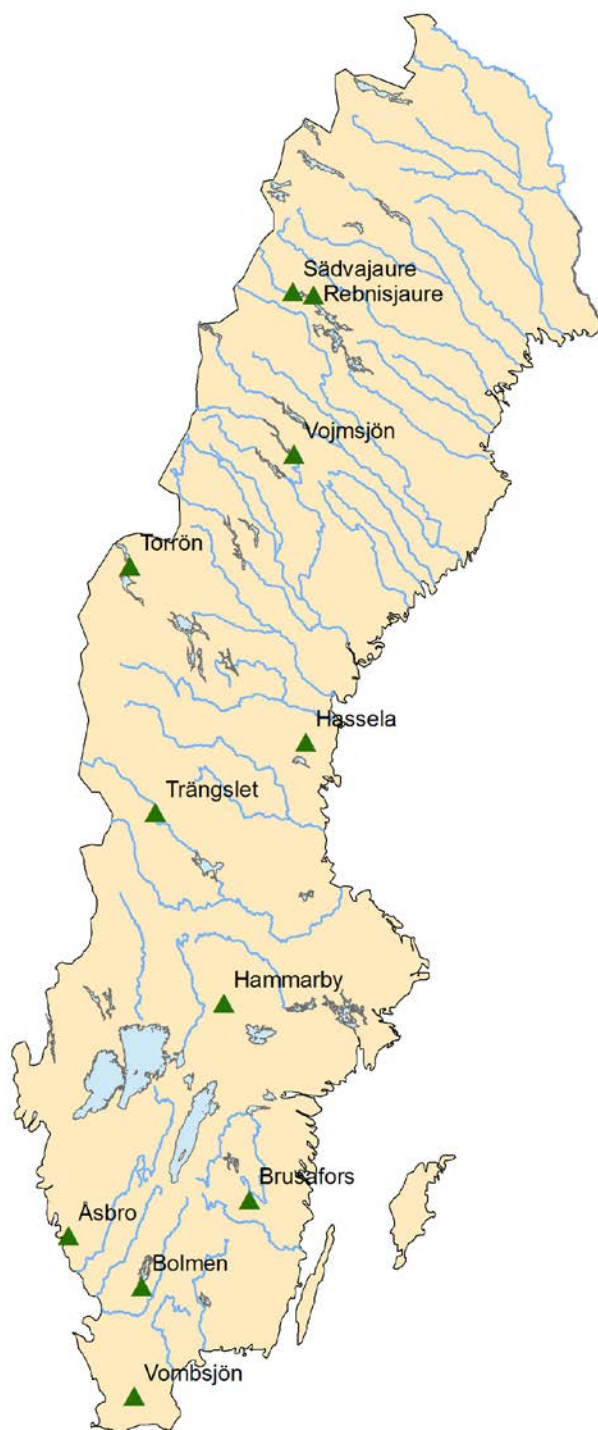
Underlagsdata för den sammanställning av tidigare beräkningar av klass I-flöden som Brandesten m.fl. gjorde 2006 har utgjort grunden för denna sammanställning. Denna har kompletterats med nya beräkningar som utförts av SMHI efter 2003, det har dels handlat om beräkningar för dammanläggningar, dels beräkningar för fysisk planering. Utifrån sammanställningen analyseras förändringar som kan härröra till ändringar i riktlinjerna, modellutveckling och klimatdata. Dessutom diskuteras erfarenheter av Vattenregleringsföretagens beräkningar för perioden efter 2006.

2.2 Beräkning av 100-årstillrinning

För analyserna av olika dataurval för beräkning av 100-årstillrinningen valdes ett antal ställen med långa mätserier och spridda över landet ut. Urvalet grundar sig på att ge en geografisk spridning, långa tillgängliga observationsserier och i möjligaste mån representera vattenkraftsintressen utan att för den skull vara påverkad av uppströms regleringar i någon större utsträckning. De använda serierna och deras längd visas i Tabell 1. Deras lokalisering i landet visas i Figur 1.

Tabell 1 Använda mätserier i analysen och dataseriernas längd

Anläggning / Station	Tillrinningsseriens längd	Reglerad från
Rebnisjaure	1936-2013	1974
Sädvajaure	1902-2013	1986
Vojmsjön	1909-2013	1950
Torrön	1940-2013	1940
Trängslet	1962-2013	1962
Bolmen	1909-2013	1952 (antaget år beroende på dataserie o datatillgång)
Vombsjön	1970-2013	1970
Hassela	1919-2013	
Hammarby	1909-2013	
Ås	1909-2013	
Brusafors	1954-2013	



Figur 1 Karta över utvalda mätstationer/anläggningar för 100-årstillrinningsberäkning.

Tillrinningsserier beräknades utifrån tillgänglig information i form av vattenstånd, vattenföring och magasinsskurvor. Ur varje tillrinningsserie användes årshögsta värdet för frekvensanalys. Urval gjordes också där årshögsta plockades ut för tidsperioderna fr.o.m. maj, juni, juli respektive augusti månad till årets slut. SMHI-stationer som ingår i analysen behandlades på samma sätt, men här antogs vattenföring och tillrinning vara samma sak (eftersom reglering saknas).

För de sju regleringsmagasinen gjordes också en beräkning där årsmax valdes ut från perioder då magasinet nått en viss fyllnadsgrad. Denna analys begränsades dock till perioden från den senaste regleringen och innefattar således kortare dataperiod. Frekvensanalys gjordes med två olika fördelningsfunktioner, generalised extreme value (GEV) vilket är en fördelningsfunktion med 3 parametrar, och Gumbelfördelning vilket är en två-parameterfördelning och ett specialfall av GEV. Samtliga parameterskattningar har gjorts med maximum likelihood-metoden.

Enligt riktlinjerna bestämning av för dimensionerande flöden "brukar man använda någon av fördelningarna Gumbel, Gamma eller Lognormal, alla med två parametrar", vilket möjligen skulle kunna tolkas som att använda GEV är att bryta mot praxis men inte mot riktlinjerna. De norska riktlinjerna från Norges vassdrags och energidirektorat (2011) uttrycker sig lite annorlunda och rekommenderar att två- eller tre-parametersfördelning används vid tids-serier längre än 50 år och två-parameterfördelning vid kortare tidsserier. De konstaterar också att valet ska göras så att fördelningsfunktionen passar till data, men att det ofta faller på GEV eller Gumbel-fördelning.

2.3 Inträffade flödeshändelser

En annan uppföljning avseende klimatologiska händelser, inkluderande flöden, gjordes av Bergström m.fl. (2008). Den del som avser höga flöden och relationen mellan observerade höga flöden och beräknade klass I-flöden har här uppdaterats genom att SMHIs databas med flödesdata för omkring 500 stationer sökts igenom. För stationer som har noterat ett högsta värde registrerat 2006 eller senare har listats. Dessutom har det i sammanställningen av klass I-flödesberäkningar listats vilka nya SMHI stationer som fått flödesberäkningar under senare år. Detta har sedan använts för att uppdatera kartmaterial med kvoter mellan observerade flöden och beräknade klass I-flöden.

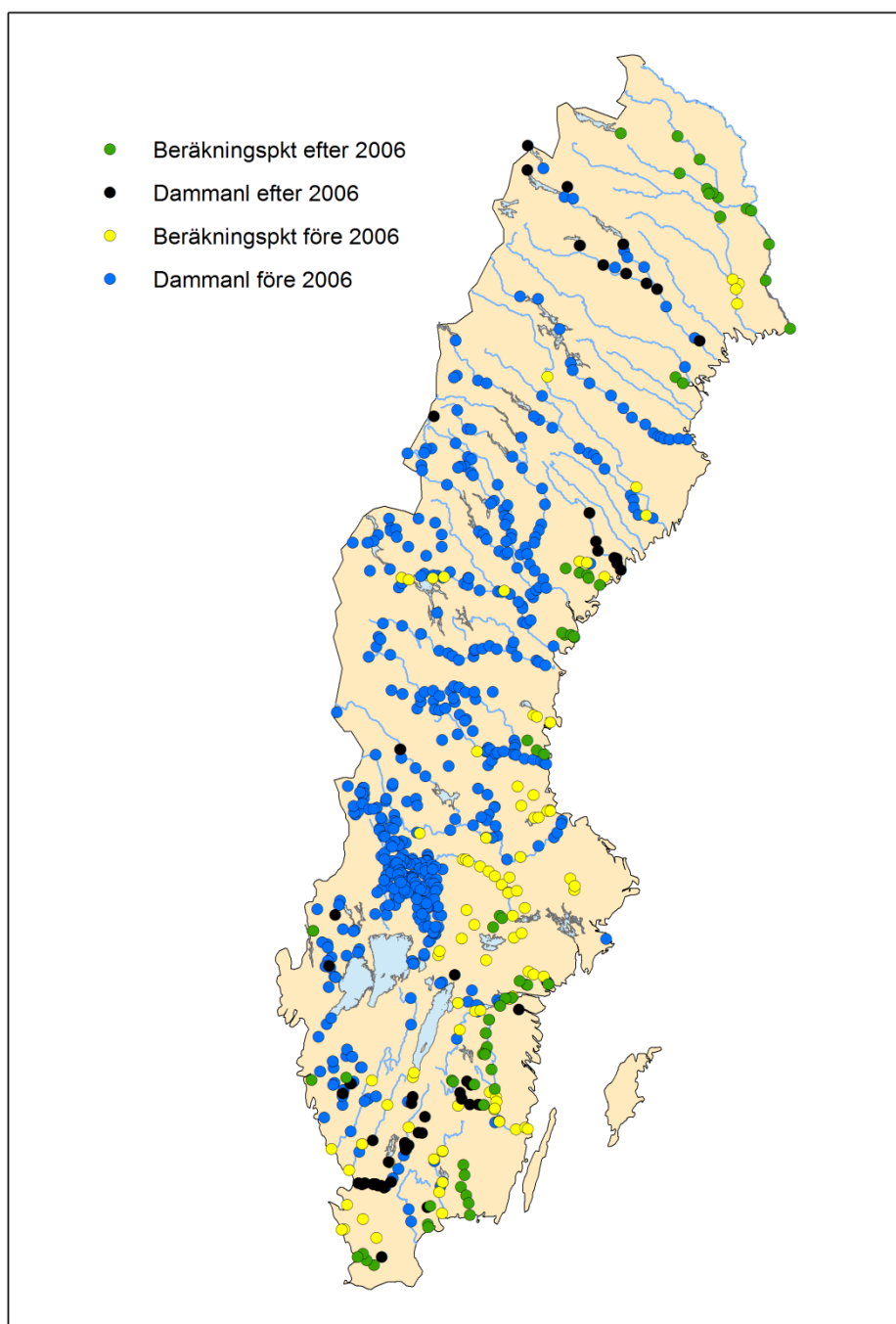
3 Resultat

3.1 Flödesdimensioneringsklass I-flöden

Till de tidigare 680 punkterna i databasen har 124 nya beräkningar lagts till. Av dessa nytillkomna punkter avser 55 tillämpningar någon form av dammanläggningar, övriga avser översvämningskarteringar.

Sammanställningen gör inte anspråk på att vara fullständig, det är troligt att några genomförda beräkningar missats. Den bör däremot täcka flertalet genomförda beräkningar och kunna ge en god bild av hur riktlinjerna tillämpats.

I Figur 1 visas samtliga punkter där flödesdimensioneringsklass I-flödet har gjorts som finns med i databasen.



Figur 2 Ingående punkter för flödesdimensioneringsklass I-beräkningar. Blå punkter avser beräkningar för dammanläggningar som ingick i den tidigare utvärderingen, gula punkter avser beräkningar för översvämningsskartering eller liknande från 2006 års utvärdering. Gröna punkter avser beräkningar för översvämningsskarteringar som tillkommit efter 2006 och svarta punkter avser beräkningar för dammanläggningar utförda efter 2006.

3.1.1 Nya beräkningar för gamla punkter

För några punkter finns nu uppdaterade beräkningar. Resultaten är inte alltid direkt jämförbara och kompletta data finns inte för alla parametrar för alla punkter. Sammanlagt är det 20 dammanläggningar som finns räknade två gånger i det här underlaget. För samtliga finns tillrinningen redovisad, där 17 av de 20 punkterna visar på ökad tillrinning för den senare beräkningen. Förändringen mellan beräkningsomgångarna varierar mellan - 5 % och + 38 %, med en genomsnittlig förändring på + 10 %.

Orsakerna till skillnader i tillrinningar är sannolikt flera och det är svårt att kvantifiera enskilda orsaker. Det kan konstateras att de nya beräkningarna i samtliga fall är gjorda med en senare modellversion (HBV96), med längre och senare perioder med klimatdata och dimensioneringsperioder. Sannolikt är också regleringsrutiner, avbördningskapaciteter och magasineringsförmåga uppdaterade. Förändringarna ligger i samma storleksordning som Andréasson m.fl. (2011a) redovisade som skillnader vid byte från HBV76 till HBV96 (de redovisade förändringar mellan - 5 % till + 25 %). Likaså konstaterade Olofsson och Sanner (1998) att HBV96 i nio fall av utvärderade elva ger högre dimensionerande tillrinning än HBV76, men också att HBV96 i genomsnitt gav bättre kalibreringsresultat.

Att det är förändringar i modellgeneration och reglering och inte i drivdata eller kalibrering som är främsta orsaker stärks också av jämförelser med förändringar av 30-årssnön. Här är det bara elva punkter där det finns data för båda beräkningsomgångarna, men där finns en ökning av snön i fem av de elva och en genomsnittlig förändring på bara + 1 % samt en variation mellan - 13 % till + 19 %. Går man sedan vidare till vattenståndet så är det ökande i åtta av de tolv fall där det finns redovisat i både gamla och nya beräkningen.

För Ljungan finns också en intressant fallstudie som Vattenregleringsföretagen gjort, där den gamla modellen med ursprungliga drivdata och kalibrering använts men mycket av regleringar och avbördningskurvor uppdaterats.

I samband med en ombyggnation i Skallböle i nedre Ljungan 2012 efterfrågades en uppdaterad version av Ljungans dimensioneringsberäkningar. Då gjordes ett mer omfattande omtag med ambitionen att göra beräkningen "så verklighetsnära som möjligt" med den aktuella modelluppsättningen. Nya starttillstånd beräknades, avbördningsförmågor uppdaterades och regleringsrutiner som stämde dåligt mot hur regleringen i verkligheten borde ha utförts ändrades. Vidare användes ett standardiserat sätt att beräkna den avsänkta nivån i magasinen inför vårfloren. Dessutom lades avbördningskurvor till för några sjöar med trånga utlopp strax ovan kraftverk. Avbördningskurvorna genererades med hjälp av nivå- och flödesdata från modellberäkningar gjorda med MIKE 11 i ett beredskapsprojekt. Till dimensioneringsberäkningarna användes hela perioden som fanns i modellen.

Resultatet från de nya beräkningarna visade att de dimensionerande flödena för klass I-anläggningarna i älven i samtliga fall hade ökat, minst längst upp i älven (+2%) och mest längst ned i älven (+26%) jämfört med beräkningarna från 2002. Beräkningarna visade att den största delen av ökningen berodde på ändrade regleringsrutiner och uppdaterade avbördningsförmågor.

De nya beräkningarna i Ljungan visar att regleringsrutinen kan ha en mycket stor betydelse på resultaten. Trots att avbördningsförmågan för en damm utökats med nästan 20 % får dammen ett dimensionerande vattenstånd som är ca 50 cm högre än resultatet från år 2002. I den tidigare regleringsrutinen spilldes vatten redan tidigt under vårfloeden, vilket inte skulle ha gjorts i verkligheten även med vetskapen om ett 30-årigt snömagasin i avrinningsområdet. Ett sätt att underlätta framtagandet av en trovärdig regleringsrutin skulle kunna vara att göra en långtidsprognos från det starttillståndet som används vid dimensioneringsberäkningen (d.v.s. 30-årssnö vid senaste kulminationsdatumet för snötäcket) och den tillgängliga indataserien. Detta på motsvarande sätt som idag används operationellt för långtidsprognoser vid driftsplanering.

Antagandet att extrapolera avbördningssekvationerna ovanför dammkrönet för klass II-dammar har också visat sig i en del fall kunna påverka flödet nedströms i mer än försumbar utsträckning. För Ljungans del ökades t.ex. flödet i nedre delen av älven med ca 100 m³/s då Haverndammen antogs avbörda tillrinningen vid dammkrönet, vilket för detta enskilda exempel motsvarar ca 5 % av det dimensionerande flödet. För dammar med liten magasinvolym blir påverkan naturligtvis liten. Men, är det så att det är många mindre klass II-dammar i ett system kan de också bidra med en inte obetydlig mängd vatten.

3.1.2 Andel hösttillfällen

Att utvärdera riktlinjernas regel om att alla i systemet ingående magasin ska vara fulla den 1:a augusti är inte alldeles enkelt. Det skulle egentligen kräva en parallell beräkning för varje anläggning, utan att tillämpa regeln om att magasinerna ska vara fyllda 1/8, och enbart låta dem bli fyllda i den takt som tillrinning och regleringsstrategi ger. En granskning av resultaten från varje utförd beräkning genom att utvärdera vattenståndsskillnaden mellan det högsta vattenståndet fram till, respektive från den 1:a augusti och framåt, samt värdera om den skillnaden är av betydelse, vore möjlig men arbetskrävande och skulle troligen riskera att överskatta betydelsen av "1:a augustiregeln" (eftersom det dimensionerande fallet utan tillämpning av regeln ändå skulle kunna ge ett dimensionerande augustitillfälle).

En mer schabloniserad utvärdering av i hur många fall regeln potentiellt kan ha betydelse kan dock göras genom att jämföra hur många tillfällen för dimensionerande vattenstånd som överhuvudtaget inträffat från den 1:a augusti och senare. Resultatet visar då att av 438 punkter där vattenståndet rapporterats så inträffar 175, d.v.s. 40 %, 1:a augusti eller senare.

Brandesten m.fl. (2006) kommenterar denna regel med att det "enligt tillgänglig information" enbart är för Suorva "den kommit att tillämpas". Någon systematisk genomgång av detta har inte gjorts, däremot några stickprov. Påverkan på Suorva är svår att kvantifiera då den där tillämpade aktiva dämpningen gör att en jämförelse av resultat blir svår att göra rättvisande, men det ser ut att vara en betydande påverkan. Resultat från Seitevare som är det stora regleringsmagasinet i Lilla Luleälven, visar en skillnad mellan dimensionerande vattenstånd före och efter den 1/8 på enbart 2 cm. Vattenregleringsföretagen har också bidragit med data från Lossen och Grundsjön i Ljusnan där det också är känt att augustitillfället är tydligt

dimensionerande. Enligt dessa beräkningar så är vattenståndet vid augustitillfället drygt en meter högre än vid jultillfället för Lossen och motsvarande för Grundsjön ca 40 cm.

3.1.3 Specifik avrinning, beräkningsområdets storlek

I 2007 års utgåva av riktlinjerna justerades giltigheten för beräkningsriktlinjerna till att gälla områden ner till 1 km². Möjligen är det en effekt av denna förändring som kan utläsas i hur den maximala specifika avrinningen ökat. Från att i 2006 års uppföljning noterats till att vara över 1000 l/s, km² (max var närmare bestämt 1667 l/s, km²), till att nu för två områden överstiga 2000 l/s, km² (max 2395 l/s, km²). Intressant att notera är att det är geografiskt vitt skilda områden, ett i Stekenjokk och ett utanför Lund som ger de här två höga värdena. Det minsta området som metodiken tillämpats på är 2 km² (Lund, vilket är det som gav den näst högsta specifika avrinningen).

KFR (2005) diskuterade om det kan finnas skäl att studera effekter av högre tidsupplösning än dygn för små områden och menar att det skulle kunna vara aktuellt för t.ex. mindre gruvdammar. Detta är också tillagt i riktlinjerna, där det sägs att "för de minsta tillrinningsområdena finns det dock anledning att studera effekterna av att använda högre tidsupplösning än ett dygn i beräkningarna" (Svensk Energi m.fl., 2007). Dock finns ingen vägledning i riktlinjerna till om eller i så fall hur dimensionerande nederbördssekvens ska hanteras med högre tidsupplösning. En första ansats presenterades dock av KFR (2005) med en indelning av dygn 9 i nederbördssekvensen baserad på data från ett fåtal observationer. Ingen av de nytillkomna små områdena har beräknats med annat än dygnsupplösning.

3.1.4 Klimattillämpning

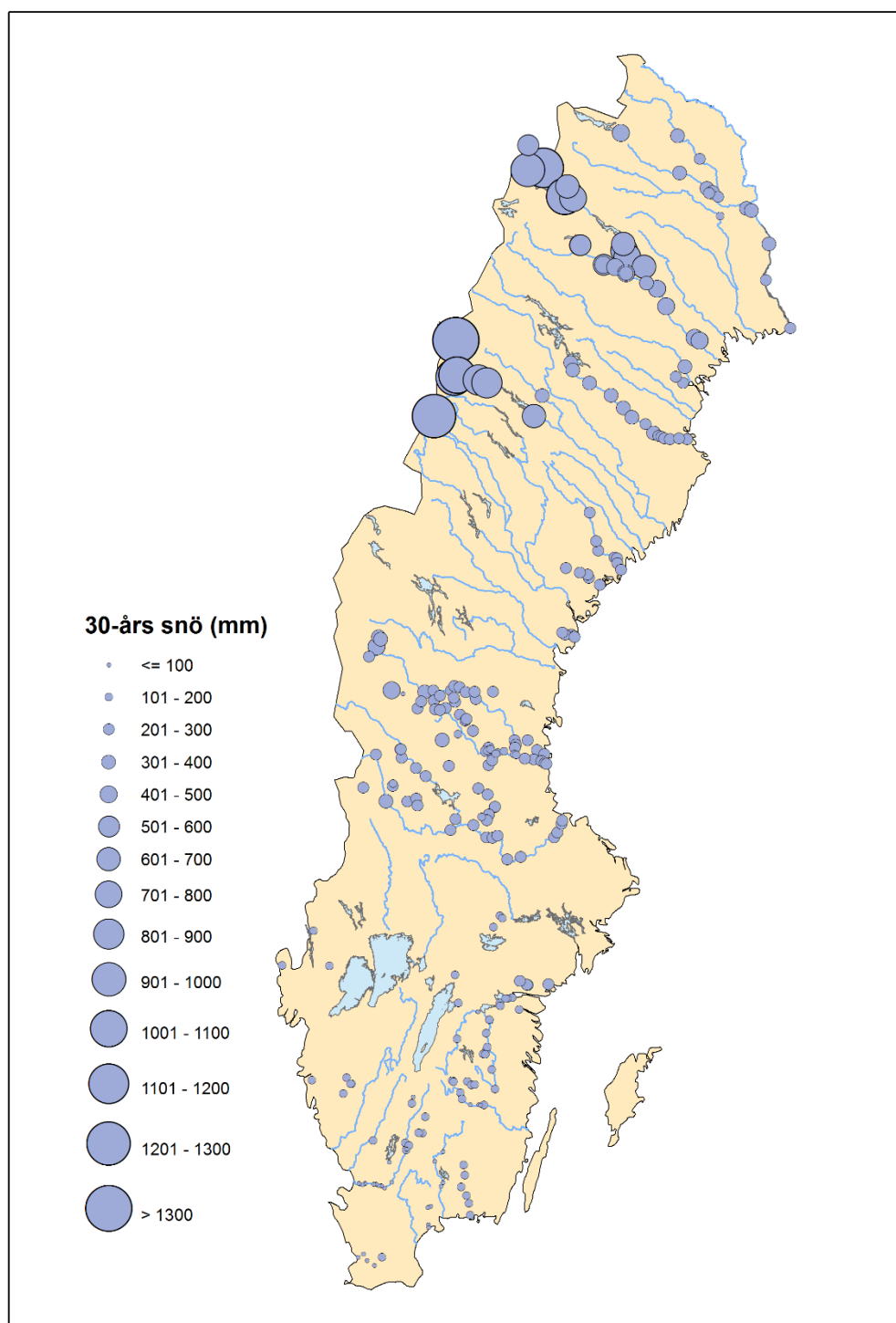
Sedan 2006 har det gjorts stora insatser för att utveckla metodik för att ta hänsyn till klimatförändringarnas påverkan på dimensionerande flöden och det rekommenderas också i 2007 års riktlinjer att systemets känslighet för klimatförändringar ska analyseras. Detta avspeglas också i tillämpningarna, där det har gjorts klimatkänslighetsanalys för 20 punkter. Detta kan möjligen låta lite, men det ska då observeras att det för beräkningar med dammsäkerhetstillämpningar som gjorts efter 2007 enbart är fem vattendrag där det inte gjorts någon känslighetsanalys. Flera av beräkningarna är också utförda under 2007 där det är oklart vilka riktlinjer som gällde vid beräkningens genomförande, samtidigt som metodiken för att göra klimatkänslighetsanalysen inte var fullt utvecklad.

När det gäller beräkningar för andra ändamål än dammsäkerhet är andelen klimatkänslighetsanalys mindre.

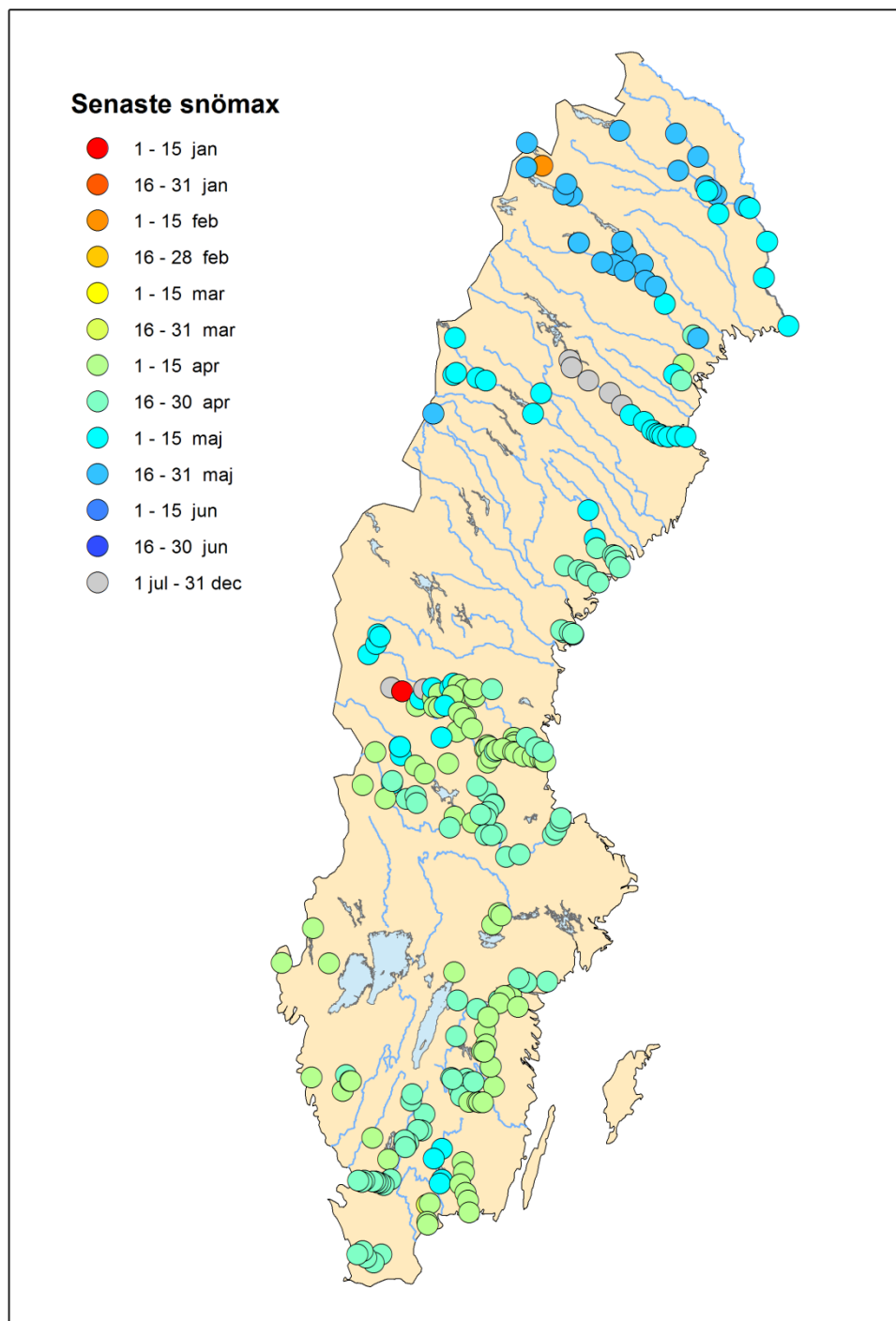
3.1.5 Snö

Som startvillkor i dimensioneringsberäkningen används ett snötäcke med 30-års återkomsttid och detta snötäcke placeras på det senaste datum som snövolymen kulminerat, allt beräknat med den hydrologiska modellen. I Figur 3 och Figur 4 visas resultaten för samtliga flödesberäkningar där 30-årssnön

(Figur 3) och senaste kulminationsdatum (Figur 4) rapporterats. Föga överraskande hittas de största snötäckena i fjällkedjan och de minsta i södra Sverige. På samma sätt så uppträder senaste snömaximat senare i norra delarna av landet än i södra, även om det är ett relativt litet spann. I databasen finns också några tillfällen inrapporterade som infaller under hösten vilket knappast är rimligt, det är ett fåtal punkter och det har inte undersökts närmare vad detta beror på.



Figur 3 30-årssnöns variation över landet. Samtliga beräkningar där snön finns rapporterad.



Figur 4 Senaste datum för maximalt snötäcke för samtliga beräkningar där detta finns rapporterat. För ett fåtal punkter (gråa i figuren) finns det snömax rapporterade för andra halvåret, vilket är orimligt.

3.2 100-årsflödesberäkningar

3.2.1 Analys av 100-årstillrinning för utvalda punkter

Rent statistiskt så lämpar sig GEV-fördelningen bäst för att beskriva de här tidsserierna i samtliga fall. I de flesta fall är de också så pass långa att det enligt NVE:s riktlinjer kan vara lämpligt att använda en tre-parameters-fördelning. Eftersom utvärderingen avser skillnader och möjligheter att använda olika beräkningsperioder för att beräkna 100-årstillrinningen så redovisas också enbart förändringar av flödet, inte flödet i sig, vilket minskar betydelsen av val av fördelningsfunktion.

Resultat för beräkningarna av 100-årstillrinning med urval av årsmax beroende på tid på året visas i Tabell 2 och Tabell 3. För beräkningar med urval beroende på fyllnadsgrad redovisas resultaten i Tabell 4 och Tabell 5. Generellt kan man se att det är ett snävtare konfidensintervall för gumbelfördelningen än för GEV, vilket man kan förvänta sig. Likaså logiskt är att om man enbart använder flöden från en kortare tid på året så får man lägre 100-årsflöden. Det verkar också som om magasinen i norr är mer känsliga för vilken tidsperiod som används jämfört med punkterna i södra Sverige, sannolikt beroende på om man under perioden fångar hela eller delar av vårfloden eller ej.

Resultaten pekar på kraftiga förändringar av 100-årstillrinningarna om enbart perioder efter vårfloden används i beräkningen, det kan vara mer än halveringar jämfört med när hela året används. Tendensen är likadan i hela landet, men minskningen av 100-årstillrinningen om man utesluter vårflodsperioden verkar vara störst för fjällområdena.

Skillnaden mellan att använda en specifik tidsperiod eller att använda fyllnadsgrader är inte helt entydig. Det som skiljer ut sig är Bolmen och Vombsjön där resultaten i praktiken blir desamma oavsett vilken fyllnadsgrad som används. Detta förklaras sannolikt med att de inte regleras säsongvis på samma sätt som magasinen i norra delen av landet utan ligger relativt fyllda under ganska långa perioder. Man kan möjligen se en viss tendens till att det blir en något mindre minskning av 100-årstillrinningen om beräkningen med fyllnadsgrad används istället för den tidsberoende, men det är inte entydigt.

Tabell 2 100-årstillrinningens förändring (%) jämfört med beräkning med årsmax beroende på under vilken månad årsmax börjar utsökas, beräknat med Gumbelfördelning. Värden i fetstil är signifikant lägre än värdet beräknat på årsmax.

	95 % konfidensintervall		maj	juni	juli	aug
Bolmen	-9	6	-13	-15	-15	-15
Rebnis	-17	12	0	-38	-63	-70
Sädva	-15	10	0	0	-12	-18
Torrön	-11	7	0	-6	-12	-12
Trängslet	-14	8	0	-30	-54	-55
Vojmsjön	-15	10	0	-5	-42	-46
Vombsjön	-15	9	-22	-22	-22	-24
Brusafors	-17	11	-6	-17	-17	-50
Hammarby	-12	9	0	-28	-29	-29
Hassela	-12	8	0	-35	-42	-44
Ås	-9	6	-11	-11	-11	-12

Tabell 3 100-årstillrinningens förändring (%) jämfört med beräkning med årsmax beroende på under vilken månad årsmax börjar utsökas, beräknat med GEV-fördelning. Värden i fetstil är signifikant lägre än värdet beräknat på årsmax.

	95 % konfidensintervall		maj	juni	juli	aug
Bolmen	-12	7	-10	-12	-12	-12
Rebnis	-33	45	0	-25	-54	-62
Sädva	-34	53	0	-4	-19	-39
Torrön	-19	17	1	5	-5	-11
Trängslet	-19	12	4	-33	-51	-50
Vojmsjön	-23	20	-1	-2	-23	-29
Vombsjön	-22	13	-11	-11	-11	-18
Brusafors	-32	36	14	-9	-14	-50
Hammarby	-23	21	5	-23	-21	-23
Hassela	-26	25	4	-27	-38	-44
Ås	-15	13	-12	-11	-11	-12

Tabell 4 100-årstillrinningens förändring (%) jämfört med beräkning med årsmax beroende på ovan vilken fyllnadsgrad i magasinet årsmax söks ut, beräknat med Gumbel-fördelning. Värden i fetstil är signifikant lägre än värdet beräknat på årsmax oberoende av fyllnadsgrad

	95 %		Fyllnadsgrad		
	konfidensintervall		70 %	80 %	90 %
Bolmen	-8	7	-1	1	3
Rebnis	-16	27	-54	-57	-67
Sädva	-24	6	-31	-44	-23
Torrön	-11	7	-28	-31	-34
Trängslet	-14	8	-15	-23	-38
Vojmsjön	-15	10	-20	-24	-39
Vombsjön	-15	9	-1	-1	-1

Tabell 5 100-årstillrinningens förändring (%) jämfört med beräkning med årsmax beroende på ovan vilken fyllnadsgrad i magasinet årsmax söks ut, beräknat med GEV-fördelning. Värden i fetstil är signifikant lägre än värdet beräknat på årsmax oberoende av fyllnadsgrad

	95 %		Fyllnadsgrad		
	konfidensintervall		70 %	80 %	90 %
Bolmen	-11	17	2	1	-9
Rebnis	-35	122	-46	-50	-63
Sädva	-40	125	-27	-45	-18
Torrön	-19	17	-26	-31	-32
Trängslet	-19	12	-8	-20	-36
Vojmsjön	-25	19	-14	-18	-32
Vombsjön	-22	13	3	0	10

En annan viktig fråga att lyfta i sammanhanget, som också diskuterades av Brandesten m.fl (2006), är om man ur statistik synvinkel ska blanda vårflöden och sommar/höst flöden i analysen. Frågan föranleds av att det är helt olika fysikaliska processer som skapar dessa flöden (lång vinter med mycket snö följt av kraftig värme respektive mycket nederbörd under relativt begränsad tid).

Även NVE har diskuterat detta och konstaterar, precis som Brandesten m.fl. (2006), att man bör särskilja vårflöden från sommar/höstflöden. NVE diskuterar detta lite utförligare och konstaterar att flera problem och risker

kan identifieras om man skiljer mellan dessa flöden. De konstaterar t.ex. att det i vissa delar av landet (Norge) kommer vara svårt eller omöjligt att skilja på de olika flödessituationerna och att man då bör använda årshögsta flöden. Vidare kan man undervärdera riskerna för höga flöden i en del områden, om exempelvis ett 1000-årsflöde beräknat för vårfloeden blir lika högt som ett beräknat för sommar/höst-flöden menar NVE att det flödet skulle kunna uppträda två gånger under 1000-årsperioden. Det bör då egentligen vara ett 500-årsflöde (analogt resonemang kan föras för 100-årsflöden). Även i detta sammanhang rekommenderar de att man inte tillämpar säsongsindelning. Som ett tredje exempel på en problematisk situation för säsongsindelning nämner NVE att sommar/höstflöden inträffar relativt sällan. Det finns därför risk för att en tidsserie med endast något enstaka högt flödestillfälle kommer ge en brant frekvenskurva, med risk för att en extrapolering av den kommer ge väldigt höga flöden. Även i sådana situationer ser de det som en möjlighet att frånga säsongsindelningen.

3.2.2 Uppföljning av beräkningar av 100-årsflöde

Riktlinjerna för hur 100-årsflöden ska beräknas har varierat en del under åren och för vattenkraftstillämpningar föreligger en del gamla beräkningar. Brandesten m.fl. (2006) konstaterar t.ex. att det endast är ett fåtal fall där tillrinningsdata legat till grund för analyserna. I denna rapport har beräkningar för anläggningar i älvarna Ljusnan, Ljungan, Indalsälven, Ångermanälven och Umeälven tillhandahållits av Vattenregleringsföretagen och analyserats. Sammanlagt finns kompletta beräkningar för 77 anläggningar i dessa vattendrag, i samtliga fall har årshögsta värdet använts vid frekvensanalysen, det är värdet från Gumbel-fördelning som använts vid redovisningen och i samtliga fall har beräkningarna inkluderat data fram till och med 1998. Förutom Gumbelfördelning har också GEV, normal, log-normal och pearson typ 3 ingått i analysen.

Beräkningarna har genomförts både med och utan flödedimensioneringsklass 1 flödet, i beräkningarna med har det gjorts genom att man ansatt återkomsttiden 10000 år på flödedimensioneringsklass I-flödet. Detta är något som Brandesten m.fl. (2006) ifrågasatte och som inte finns omnämnt i dagens riktlinjer. I det här materialet kan det konstateras att genom att använda klass I-flödet så minskar i 23 % av fallen 100-årsflödet jämfört med en frekvensanalys enbart på observerat flöde.

Skellefteälvens vattenregleringsföretag har bidragit med en rapport från beräkningar av 100-årsflöden i Skellefteälven. Här har beräkningen gjorts dels för reglerad vattenföring, men också för oreglerade förhållanden. Beräkningarna har gjorts för årsmax och Gumbel-fördelning har använts, inga försök med andra fördelningsfunktioner har redovisats. Dataserierna sträcker sig fram t.o.m. 1995. För Skellefteälven pågår en ny beräkning av 100-årsflöden, där både tillrinningar och vattenföring analyseras och dataperioden har förlängts t.o.m. 2013.

För Luleälven har Vattenfall bidragit med beräkningar av 100-årsflöden för anläggningar där. Beräkningarna här har gjorts dels för både reglerade och oreglerade förhållanden och för såväl avrinning som tillrinning (det

sistnämnda dock enbart för de stora regleringsmagasinen Seitevare och Suorva). Analyser har också gjorts med en uppdelning mellan höst och vårflöden, där höstflöden definierats som händelser efter den 1:a augusti. Dataserierna längd varierar något, men sträcker sig som längst fram till 1998. Vattenfall konstaterar i rapporteringen att beräkningen bör göras för tillrinning för de stora magasinen, men också att samtliga anläggningar med marginal klarar kraven.

De använda dataperioderna för samtliga analyser varierar från så kort som elva år till över 60 år. Det kan konstateras att det idag tillkommit minst 15 år med data vilket även för den längsta serien innebär närmare 25 % förlängning av seriens längd, det har också i några älvar varit höga flöden t.ex. 2000, 2001 och 2010 som inte är med i analyserna.

3.3 Högsta observerade flöde

2008 publicerade Svenska Kraftnät en uppföljning av riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar (Bergström, m.fl. 2008). I den finns ett par intressanta sammanställningar av historiska flöden och en genomgång av relationen mellan beräknat flödesdimensioneringsklass I-flöde och observerade högsta flöden samt relationen mellan beräknat flödesdimensioneringsklass I-flödet och 100-årsflödet.

När det gäller sammanställningen av historiska flöden så baseras den genomgången i första hand på Hellström och Lindström (2009). Hellström och Lindström har gått igenom ett större antal mätserier för flöden med långa tidsserier och undersökt om det finns några tydliga trender. Slutsatserna var att storleken och frekvensen av de höga flödena är relativt stabil och tidpunkten för när det högsta flödet inträffar under året också är relativt oförändrad. Däremot finns en viss tendens till högre vinteravrinningar under senare år (observera att studien rapporterades 2009). Man noterade dock att det under perioden 1971-1990 inträffade relativt få höga flöden.

Relationen mellan beräknat flödesdimensioneringsklass I-flöde och observerade högsta flöden baserar Bergström m.fl. (2008) på en utredning av Häggström (2007) med de senaste högsta observationerna noterade under 2006. Det konstateras att det i serierna finns tre platser med observerade vattenföringar som överstiger eller tangerar den beräknade klass I-vattenföringen, nämligen Sillre (Kvarnån, Indalsälven), Ledinge krv (Ledingsån, Ångermanälven) och Näkten (Billstaån, Indalsälven). Häggström (2007) listar också några platser till där flödet har varit högt, men inte överstigit klass I-flödet, nämligen Torpshammars krv i Gimån, Riebnes krv i Skellefteälvens fjällområde, Ajaure kraftverk i övre Umeälven och Vojmsjöluspen i Vojmån. Ytterligare en punkt med en notering av ett flöde överstigande klass I-flödet som inte finns med i tidigare utredningar är Satihaure i Stora Luleälven.

Samtliga dessa noteringar ligger i reglerade vattendrag och det konstaterades att en sådan sammanställning inte säger så mycket om de processer som naturligt kan skapa höga flöden (finns bara utskovskapaciteten och vatten i magasinet är det möjligt att skapa ett klass I-flöde genom att öppna utskoven). När det gäller Satihaure ska det också kommenteras att det flödet orsakades av dammbrottet i fångdammen 1964 i samband med kraftverks-

bygget (vilket är orsaken till att flödet inte varit med i tidigare sammanställningar).

En uppdatering av dessa sammanställningar för perioden 2007-2013 har gjorts. Inte i något fall har maxflöden inträffat som varit i närheten av de beräknade klass I-flödena och av de stationer som fanns med i 2007 års utvärdering är det bara 4 som har registrerat nya högre flöden under den perioden. Däremot har det varit höga flöden vid några tillfällen, inte minst i södra Sverige. Sommaren 2007 noterades höga flöden på flera platser i Skåne, bl.a. den högsta noteringen för SMHIs mätstation i Klippan med ca 85 års mätningar sedan 1890 (med ett ca 30-årigt databortfall). Vårfloden 2010 var också kraftig i delar av Norrland, detta syns dock främst på oreglerade mätstationer, där t.ex. Strömsfors i Malån noterade det högsta värdet under de ca 60 år som den varit i drift, men även Hotagsströmmen i Härkan noterade en ny högsta notering sedan 1936 (trots reglering).

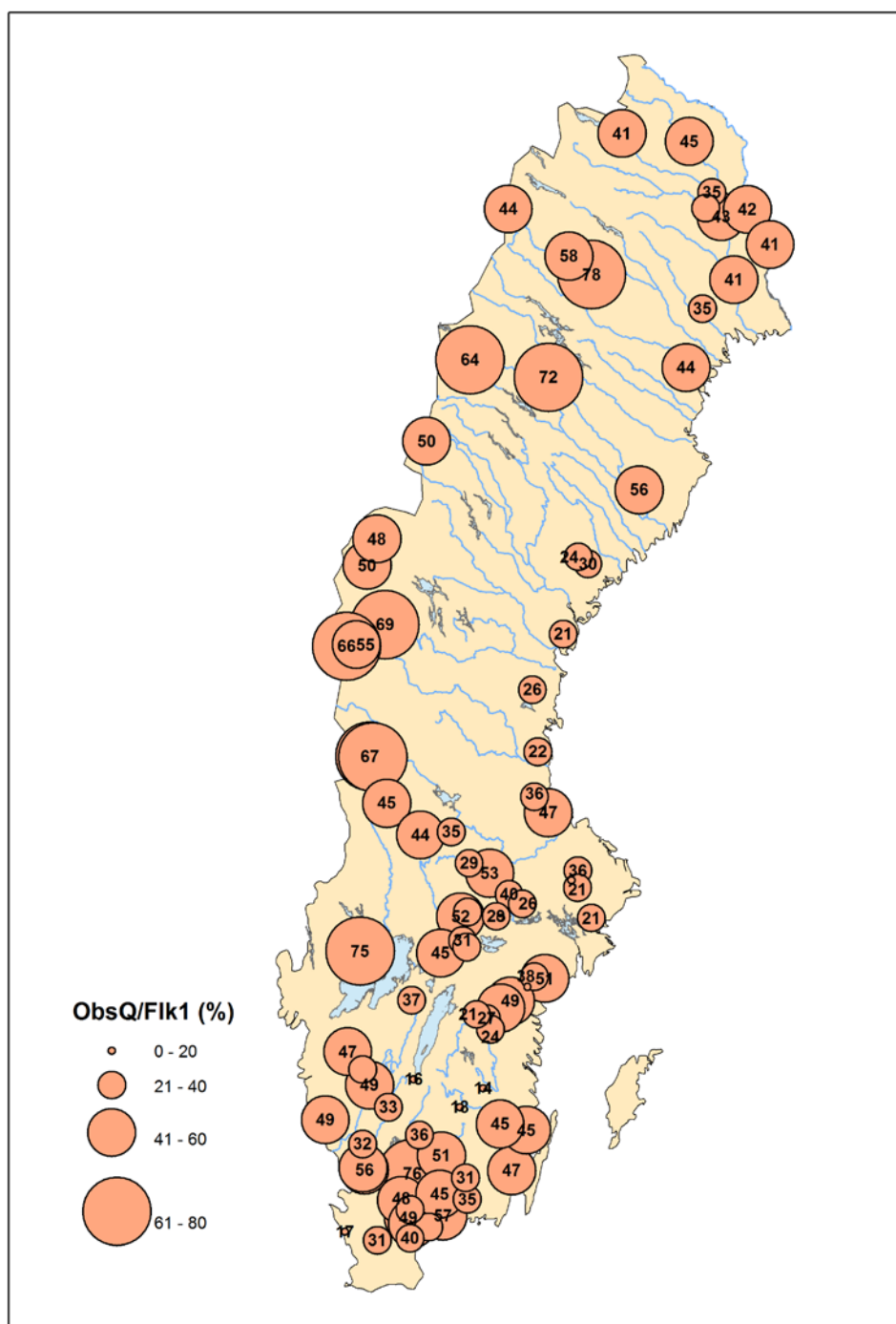
Ca 10 mätstationer i oreglerade eller måttligt reglerade vattendrag har också fått klass I-flöden beräknade för översvämningskartering sedan uppföljningen gjordes. Ingen av dem har haft flöden i närheten av klass I-flödet.

I Figur 5 visas kvoten (i %) mellan högsta observerade vattenföring och flödesdimensioneringsklass I-flödet för oreglerade eller måttligt reglerade vattendrag. Eftersom det är högsta observerade vattenföring i mätserien som använts så är resultatet delvis beroende på hur långa mätserierna är. Mätseriens längd är också den starkaste förklaringsvariabeln till variationen i kvoterna.

3.3.1 Observerade höga flöden i relation till kalibrerings- och dimensioneringsperioder

Av de här genomgångarna kan det konstateras att den period som Hellström och Lindström (2009) konstaterar var en period med lite färre höga flöden också sammanfaller till stor del med kalibrerings- och dimensioneringsperioderna för de tidiga dimensioneringsberäkningarna. Betydelsen av val av dimensioneringsperiod är det som orsakar minst osäkerhet i dimensioneringsresultatet enligt Andréasson m.fl. (2011a). Kalibreringsperioden var, i deras automatiska kalibreringsrutin, av större vikt än dimensioneringsperioden men fortfarande av mindre betydelse än t.ex. skillnaden mellan att använda HBV76 och HBV96 eller tillämpade kalibreringskriterier.

Bland de nya beräkningar som tillkommit sedan uppföljningen av Brandesten m.fl. (2006) så finns vanligen längre perioder tillgängliga för såväl kalibrering och verifiering som snöberäkning och dimensionering. Detta bör öka möjligheten för att göra en god kalibrering och verifiera den.



Figur 5 Kvoten mellan högsta observerade vattenföring och flödesdimensioneringsklass I-flödet för oreglerade eller måttligt reglerade vattendrag. Flödena avser dygnsmedelvärden.

3.4 Förvaltning av beräkningsmodeller

De tidiga beräkningarna gjordes av lite olika aktörer med olika insatser beroende på vilken älv det handlade om. När beräkningarna avslutats har det varierat hur resultat och beräkningsmodeller har hanterats. Inte i något, av författarna känt, fall har modellerna fyllts på med drivdata för att kunna beräkna andra och längre perioder. Däremot har Vattenregleringsföretagen (VRF) haft en viss förvaltning av modellerna för sina älvar.

Drivdata till VRFs modeller är ungefär från perioden 1972-1993. Kalibrering och verifiering av modellerna är gjorda inom denna period, liksom dimensioneringsberäkningarna (inkluderande snöberäkningen).

Inför uppstarten av dimensioneringsberäkningarna utsågs älvvisa arbetsgrupper för arbetet bestående av representanter för varje dammägare i älven. Vattenregleringsföretagen ledde arbetet, övertog modellerna och utförde beräkningarna. Arbetsgrupperna verkade under det inledande och mest intensiva arbetet och avslutade sina uppdrag i och med slutrapporteringarna.

Vid planerad ombyggnation som påverkar den verkliga avbördnings- eller dämningförmågan i en damm ska ansvarig dammägare anmäla detta vid vattenregleringsföretagens styrelsemöten. Styrelsen kan då ta beslut om att dimensioneringsberäkningarna för hela älven ska göras om. I praktiken har inga omräkningar initierats via styrelsen, men nya omräkningar av hela älvar har ändå gjorts vid flera tillfällen på begäran av enskilda dammägare inför dammsäkerhetshöjande åtgärder, om det framkommit nya avbördningsförhållanden uppströms den betraktade anläggningen. I flera fall har också dimensioneringsmodellen använts för tester av olika avbördningsalternativ inför ombyggnationer.

Inför nya dimensioneringsberäkningar har dammarnas avbördningsförmågor och tekniska nivåer (dvs. dämninggräns, tät kärnans överkant och dammkron) stämts av med dammtekniskt sakkunniga. Regleringsrutinerna har uppdaterats med dessa uppgifter och därefter har nya dimensionerande flöden räknats fram för aktuell damm och de nedströms liggande dammarna.

Nya beräkningar har betraktats som "preliminära" och har kommunicerats ut till berörda i tabellform där det för en hel älv framgår uppgifter om dimensionerande tillrinning, avbördnings- och vattenstånd för det dimensionerande tillfallet samt avbördningsförmågor och tekniska nivåer. Beräkningsfiler med resultat, regleringsrutiner, starttillstånd osv har sparats.

Inte heller i beräkningar genomförda fullt ut av SMHI har modellerna förvaltats. SMHIs beräkningar har dokumenterats enligt riktlinjerna och önskemål från beställaren och har sedan arkiverats. Möjligheter finns att i de flesta fall plocka upp en beräkningsmodell och fylla på med drivdata, uppdatera regleringsrutiner och göra om beräkningen. SMHI har inom andra delar av verksamheten en förvaltande roll av modeller, t.ex. så har de hydrauliska modellerna för översiktliga översvämningsskarteringarna förvaltats på uppdrag av MSB och hydrologiska prognosmodeller förvaltas inom affärsverksamheten på uppdrag av vattenkraftsintressenter.

4 Slutsatser

4.1 Klass I-flöden

En hel del nya beräkningar har tillkommit sedan senaste uppföljningen. Det har gjorts beräkningar både för dammanläggningar och för fysisk planering. Riktlinjernas uppdateringar har inte föranlett några större förändringar i hur beräkningarna gjorts. Det som har hänt är att känslighetsanalyser för klimatförändringar har tillkommit i stor utsträckning för beräkningar som gjorts under senare år samt att senare modellgenerationer har använts. Några vattenkraftsanläggningar har också nyberäknats med helt nya indata och modelluppsättningar.

Det har konstaterats i tidigare studier att nya modellgenerationer som presterar bättre också kan resultera i högre tillrinningar och vattenstånd. De tidigare antagandena om "oändligt höga" klass II-dammar i en del älvar har visats kunna påverka flöden, men också antaganden om regleringsstrategier kan ha påverkat äldre beräkningar till en betydande del.

Tidiga beräkningar grundar sig till stor del på kalibreringar och dimensioneringar för en tidsperiod med något färre högflödestillfällen än normalt. Detta bedöms dock vara en mindre betydande faktor till osäkerheter i beräkningarna jämfört med regleringsstrategi och modellval. Längre perioder för kalibrering, verifiering, snöberäkning och dimensionering bör dock ge stabilare resultat.

Sammanfattningsvis pekar erfarenheterna mot att det är rimligt att göra nya beräkningar där regleringsrutiner, utskovskapacitet, klimatologiska indata och modellgenerationer uppdateras.

4.2 100-årsflöden

Beräkningarna för ett urval anläggningar spridda över landet visar att för anläggningar där man årligen sänker av magasinet inför vårflod kan ett urval av data, som exkluderar perioder då magasinen inte är fulla och det finns gott om plats att dämpa tillrinningen, minskar 100-årsflödet betydligt. Dock behöver man observera att det i vissa fall kan handla om relativt breda konfidensintervall vid beräkningarna.

Ett urval baserat på tidsperiod istället för fyllnadsgrad har den fördelen att det tydligare skiljer på sommar/höstflöden och vårflöden som genereras från olika fysikaliska processer. Ett urval på fyllnadsgrad ger å andra sidan större möjlighet att hantera riskerna för flöden om magasinet fyllts tidigt.

För anläggningar som ligger i områden där det inte är lika tydligt att höga flöden är förknippade med vårflod eller anläggningar som inte har samma tydliga årsvariation i avsänkning och uppfyllnad ger båda ansatserna små förändringar av 100-årsflödet och kan inte anses lämpliga.

De största systematiska avvikelserna från riktlinjerna i de beräkningar som gåtts igenom är att 100-årsflödesberäkningarna i många fall gjorts på

vattenföring istället för tillrinning och att klass I-flödet i en del fall också har använts vid beräkningen. Påverkan av detta på beräkningarna kommer framförallt märkas i de större magasinen då det i mindre magasin är liten skillnad mellan 100-årstillrinning och 100-årsvattenföring. Vidare är det för de större magasinen i delar av landet där vårfloden dominerar flödesbilden så att flödestoppen med stor sannolikhet inträffar när det fortfarande finns volym kvar i magasinet att dämpa flödet.

Det kan därför vara rimligt att vid stora magasin tillämpa beräkningar med ett urval av flödestillfällen som inträffat vid tillfällen när magasinen normalt är nära dämningssgräns.

Det finns också ett behov av att uppdatera många beräkningar av 100-årstillrinningar, dels för att riktlinjernas justerats vid några tillfällen, men inte minst för att det tillkommit mycket data sedan tidigare beräkningar.

4.3 Inträffade högflöden

Det har inträffat en del högflödestillfällen sedan senaste uppföljningen av flöden gjordes. Däremot är det enbart vid ett fåtal stationer där också klass I-flödet finns beräknat som nya högsta flöden har noterats i denna uppföljning. Inte i något fall har högflödestillfällen varit i närheten av klass I-flödet.

5 Referenser

- Andréasson, J., Gardelin, M., Hellström, S.-S. och Bergström, S. (2006). Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat. Elforsk rapport 06:80.
- Andréasson, J., Gardelin, M., Hellström, S.-S. och Bergström, S. (2007). Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat – Andra upplagan kompletterad med analyser för Umeälven. Elforsk rapport 07:15.
- Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Johansson, B. och Rosberg, J. (2011a). Osäkerheter vid beräkning enligt flödesdimensioneringsklass I. Elforsk-rapport 2011:31.
- Andréasson, J., Bergström, S., Gardelin, M., German, J., Gustavsson, H., Hallberg, K., och Rosberg, J. (2011b) Dimensionerande flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring- metodutveckling och scenarier.
- Bergström, S., Hellström, S.-S. och Andréasson, J. (2006). Nivåer och flöden i Vänerns och Mälarens vattensystem – Hydrologiskt underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen. SMHI Reports Hydrology, No. 20, Norrköping.
- Bergström, S., Andréasson, J., Asp, M., Caldarulo, L., German, J., Lindahl, S., Losjö, K. och Stensen, B. (2010). Fördjupad studie rörande översvämningsriskerna för Vänerna –slutrapport. SMHI rapport nr 2010-85.
- Brandesten, C.-O., Larsson, P. och Uljanova, M. (2006) Uppföljning av dimensioneringsberäkningar. Elforsk rapport 06:10
- KFR (Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer) (2005) Dimensionerande flöden för stora ajöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan. Slutrapport från kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer. Elforsk rapport 05:17.
- Bergström, S., Hellströms, S.-S., Lindström, G. och Wern, L. (2008). Follow-Up of the Swedish Guidelines for Designs Flood Determination for Dams. Svenska Kraftnät, Report No. 1:2008, BE90.
- Gardelin, M., Andréasson, J., Carlsson, B., Lindström, G. och Bergström, S. (2002). Modellering av effekter av klimatförändringar på tillrinningen till vattenkraftssystemet. Elforsk rapport 02:27.
- Hallberg, K., Andréasson, J., Axén-Mårtensson, J., Bergström, S., Nylén, L. och Sjökvist, E. (2014). Metodbeskrivning och jämförande studie av dimensionerande flöden för dammanläggningar med två generationer klimatscenarier. Elforsk-rapport 2014-27
- Hellströms, S.-S. och Lindström, G. (2009). Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden. Elforsk-rapport 2009:83.
- Häggström, M. (2007). Högsta observerade vattenföring som andel av flödet för dimensioneringsklass 1 och som andel av 100-årsflödet. Rapporterat till det årliga mötet mellan SMHI och Svenska Kraftnät .

Norges vassdrags og energidirektorat (2011). Retningslinjer for flomberegninger. Retningslinjer nr 4/2011.

Olofsson, J. och Sanner, H., 1998. Skillnader i dimensionerande flöden mellan gamla modellen och nya HBV-96. SMHI uppdragsrapport för Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO), Norrköping 1998

Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin (2007) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar - Nyutgåva 2007. ISBN 978-91-7622-197-6



ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se