

ELFORSK



DAMMSÄKERHET

Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan

Rapport 05:17

Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan

**Slutrapport från kommittén för
komplettering av Flödeskommitténs
riktlinjer**

Elforsk rapport 05:17

Dimensionerande flöden för stora sjöar och små tillrinningsområden samt diskussion om klimatfrågan

**Slutrapport från kommittén för
komplettering av Flödeskommitténs
riktlinjer**

Elforsk rapport 05:17

Förord

Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer, KFR, bildades år 2002 på initiativ av Svensk Energi, SveMin och Svenska Kraftnät. Kommittén gavs i uppgift att göra en översyn av Flödeskommitténs riktlinjer avseende stora sjöar med begränsad tappningsförmåga respektive gruvdammar och andra dammar med små tillrinningsområden. Kommittén fick dessutom i uppdrag att diskutera en övergripande strategi för hur klimatfrågan bör hanteras, även om det ännu inte är realistiskt att fastställa riktlinjer i detta avseende.

Kommittén har bestått av ordförande Olle Mill, Svenska Kraftnät, Sten Bergström, SMHI, Claes-Olof Brandesten, Vattenfall, Lars-Åke Lindahl, SveMin, Urban Norstedt, Vattenfall och Gunnar Sjödin, Vattenregleringsföretagen. Sekreterare har varit Tina Fridolf, Svenska Kraftnät.

Kommitténs arbete beskrivs i denna rapport.

Stockholm, Norrköping och Östersund maj 2005

Sten Bergström

Claes-Olof Brandesten

Lars-Åke Lindahl

Olle Mill

Urban Norstedt

Gunnar Sjödin

Sammanfattning

Kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer har haft till uppgift att göra en översyn av Flödeskommitténs riktlinjer avseende stora sjöar med begränsad tappningsförmåga respektive gruvdammar och andra dammar med små tillrinningsområden. Kommittén har dessutom haft i uppdrag att diskutera en övergripande strategi för hur klimatfrågan bör hanteras, även om det ännu inte är realistiskt att fastställa riktlinjer i detta avseende.

Som underlag för kommitténs analys har ett antal utredningar genomförts:

- Sammanställning av stora sjöar med begränsad tappningsförmåga
- Litteraturstudie över metoder att beräkna 100-årsnivån i reglerade sjöar
- Test av dimensioneringskriterier för stora magasin med begränsad tappningsförmåga
- Analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala
- Test av nya dimensioneringskriterier för gruvdammar

De olika utredningarna redovisas som bilagor till rapporten.

Stora sjöar med begränsad tappningsförmåga

För stora sjöar har konstaterats att Flödeskommitténs riktlinjer inte kan tillämpas kategoriskt för Väner. Eftersom svagheter i riktlinjerna bara kunnat påvisas för Väner, så har kommittén inte funnit någon anledning att föreslå en generell förändring av riktlinjerna avseende stora magasin med begränsad tappningsförmåga. Det krävs dock fördjupade analyser i fall som liknar Väner, som har mycket speciella avbördningsförhållanden med en övre gräns på tillåten tappning enligt gällande vattenhushållningsbestämmelser. Därvid bör speciell uppmärksamhet ägnas åt att analysera hur representativ den valda 10-årsperioden av klimatdata som används för beräkningarna är. En jämförelse mellan en uppskattad 100-årsnivå, framtagna med frekvensanalys, och den dimensionerande nivån enligt Flödeskommitténs riktlinjer kan fungera som en varningssignal. Om 100-årsnivån ligger nära eller över den dimensionerande nivån är det ett tecken på att en fördjupad analys bör genomföras.

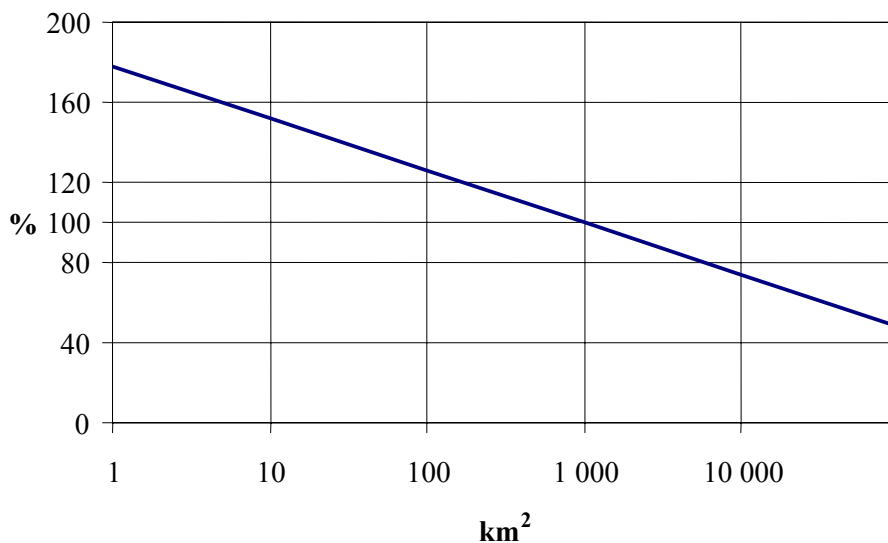
Små tillrinningsområden

För små tillrinningsområden har kommittén kommit till slutsatsen att arealkorrektionskurvan i Flödeskommitténs riktlinjer kan extrapoleras ner till 1 km² enligt figur A. Detta motsvaras av ekvationen:

Arealkorrektionsfaktorn = $1,78 - 0,26 \cdot \log(\text{tillrinningsområdets area})$.

Kommittén drar vidare slutsatsen att det inte finns någon anledning att frånga den hydrologiska beräkningsmodell som beskrivs i Flödeskommitténs riktlinjer vid tillämpning på gruvdammar och andra dammar med små tillrinningsområden. Försök till förenklingar leder till risk för att resultaten blir inkonsekventa.

Vad beträffar ett eventuellt behov av att räkna med högre tidsupplösning än dygnsvärden så är det Kommitténs bedömning att det kan finnas skäl att studera effekterna av högre tidsupplösning för de allra minsta avrinningsområdena. Detta kan vara aktuellt för vissa gruvdammar medan det troligen inte är något större problem för områden av den storleksordning som vanligen rör vattenkraftens system.



Figur A. Arealkorrektionskurvan enligt Flödeskommitténs riktlinjer förlängd ner till 1 km²

Klimatfrågan

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

Sedan Flödeskommitténs riktlinjer gavs ut har ett antal jämförelser gjorts mellan inträffade klimathändelser och beräknade flöden enligt riktlinjerna. Sådana jämförelser bör fortlöpande genomföras. Det är också viktigt att fortlöpande följa såväl den internationella som den nationella forskningen vad avser den globala uppvärmningen och dess påverkan på extrema hydrologiska förhållanden.

Den föreslagna strategin baseras på kommitténs uppfattning att det inte är realistiskt att tro att klimatforskningen skall göra så snabba framsteg att man inom en nära framtid kan ange hur en dimensioneringsberäkning skall utformas för att med tillräcklig säkerhet även omfatta förhållanden som kan orsakas av ett förändrat klimat. Osäkerheterna kring klimatfrågan får dock inte hindra att idag nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas.

Summary

The task of the committee for review of the Guidelines for design flood determination for dams has been to make a review of the guidelines regarding large lakes with limited discharge capacity and tailings dams and other dams with small watersheds. The committee should also discuss a general strategy on how the climate change issue should be handled, even if establishment of guidelines in this regard is not yet realistic.

As support for the analysis of the committee a number of investigations have been performed:

- Listing of large lakes with limited discharge capacity
- Literature study of methods for determination of the 100-year level in regulated lakes
- Test of design criteria for large reservoirs with limited discharge capacity
- Analysis of intense rainfalls with short time scale and small room scale
- Test of new design criteria for tailings dams

The different investigations are described in appendices of the report.

Large lakes with limited discharge capacity

For large lakes it has been shown that the Guidelines for design flood determination cannot be applied categorically for Vänern. Since weaknesses in the guidelines have only been shown in the case of Vänern, the committee has not found any reason to suggest a general change of the guidelines regarding large reservoirs with limited discharge capacity. However, deeper analyses are needed in cases similar to Vänern, with very special discharge conditions with an upper limit of allowed discharge according to current stipulated water regulation conditions. In those cases special attention should be paid on analysing how representative the chosen 10-year period of climatic data used for the calculations is. A comparison between an estimated 100-year level, determined by frequency analysis, and the design level according to the Guidelines for design flood determination can serve as a warning signal. If the 100-year level is close to or above the design level there is an indication that a deeper analysis should be done.

Small watersheds

For small watersheds the committee has come to the conclusion that the area correction curve in the Guidelines for design flood determination can be extrapolated down to 1 km² according to figure A. This corresponds to the equation:

Area correction factor = 1,78 – 0,26 · log (watershed area).

The committee further draws the conclusion that there is no reason to abandon the hydrological calculation model described in the Guidelines for design flood determination when applied on tailings dams and other dams with small watersheds. Attempts to simplifications lead to a risk for inconsistent results.

As concerns a need to apply a higher time resolution than 24 hours, the committee is of the opinion that there may be reasons for using a higher resolution for the smallest drainage basins. This may be relevant for some tailings dams but it is probably a minor problem for basins of a size normally relevant for the hydropower system.

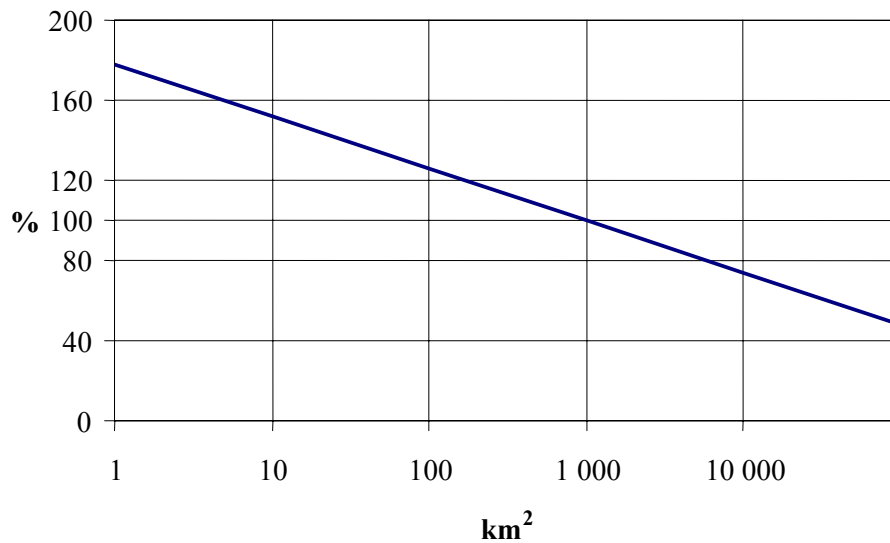


Figure A. Area correction curve according to the Guidelines for design flood determination extended down to 1 km²

The climate change issue

Concerning a strategy for handling the climate change issue in connection with design flood determination it is suggested that the issue is followed continuously and that flexibility and margins should be created when appropriate.

Since the publication of the Guidelines for design flood determination a number of comparisons have been made between occurred climatic events and calculated design floods according to the guidelines. Such comparisons should be performed continuously. It is also important to continuously follow the international as well as the national research concerning global warming and its effect on extreme hydrological conditions.

The proposed strategy is based on the opinion of the committee that it is not realistic to believe that the climate research will make such fast progress that within a near future one will be able to state how a design flood determination should be performed in order to include with sufficient certainty conditions that can be caused by a changed climate. However, the uncertainties connected to the climate change issue cannot be allowed to delay today necessary measures to be taken for increasing dam safety.

Innehållsförteckning

1	DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR STORA SJÖAR.....	1
1.1	GENOMFÖRDA UTREDNINGAR	1
1.2	SAMLAD ANALYS	5
1.3	SLUTSATSER	6
2	DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR SMÅ TILLRINNINGSOMRÅDEN	8
2.1	GENOMFÖRDA UTREDNINGAR	8
2.2	DISKUSSION KRING FLÖDESDIMENSIONERING AV GRUVDAMMAR	10
2.3	SLUTSATSER	11
3	DISKUSSION AV STRATEGI FÖR HANTERING AV KLIMATFRÅGANS EVENTUELLA BETYDELSE VID FLÖDESDIMENSIONERING AV DAMMAR	12
3.1	KLIMATFRÅGAN OCH DIMENSIONERANDE FLÖDEN	12
3.2	TILLGÅNGLIGA RESULTAT FÖR SVERIGE.....	12
3.3	TÄNKBAR PÅVERKAN PÅ FLÖDESKOMMITTÉNS RIKTLINJER FÖR DIMENSIONERANDE FLÖDEN.	13
3.4	KLIMATFRÅGAN I RELATION TILL ANDRA OSÄKERHETER	13
3.5	SYNS KLIMATFÖRÄNDRINGEN?	14
3.6	SLUTSATSER	16
4	ÖVRIGA FRÅGOR.....	18
4.1	OLIKA EKVATIONER FÖR KORREKTION FÖR TILLRINNINGSOMRÅDETS STORLEK	18
5	REFERENSER	19

Bilagor

- 1 BERÄKNING AV 100-ÅRSTILLRINNING TILL STORA SJÖAR ÅT KOMMITTÉN FÖR KOMPLETTERING AV FLÖDESKOMMITTÉNS RIKTLINJER FÖR DIMENSIONERANDE FLÖDEN (KFR). (GÖRAN LINDSTRÖM, SMHI 2004)**
- 2 LITTERATURSTUDIE ÖVER METODER ATT BERÄKNA 100-ÅRSNIVÅER I REGLERADE VATTENDRAG. (DAG WISAEUS, SWEDPOWER 2004)**
- 3 ANALYS AV INTENSIVA REGN MED KORT TIDSSKALA OCH LITEN RUMSSKALA. (HANS ALEXANDERSSON OCH HALDO VEDIN, SMHI METEOROLOGI NR 110, 2003)**
- 4 TEST AV NYA DIMENSIONERINGSKRITERIER FÖR GRUVDAMMAR. (JUDITH OLOFSSON, SMHI 2004)**
- 5 KOMPLETTERING AV NYA DIMENSIONERINGSKRITERIER FÖR GRUVDAMMAR (AGNE LÄRKE, SMHI 2005)**
- 6 TEST AV NYA DIMENSIONERINGSKRITERIER FÖR STORA MAGASIN MED BEGRÄNSAD TAPPNINGSFÖRMÅGA (JUDITH OLOFSSON, SMHI 2004)**
- 7 ARBETSPLAN FÖR ÖVERSYN AV FLÖDESKOMMITTÉNS RIKTLINJER FÖR BESTÄMNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR DAMMANLÄGGNINGAR (BILAGA TILL PROTOKOLL FRÅN MÖTE NR 1 MED KOMMITTÉN FÖR KOMPLETTERING AV FLÖDESKOMMITTÉNS RIKTLINJER, DATERAT 2002-12-10)**

1 Dimensionerande flöden för stora sjöar

I samband med översvämningarna runt Vänern vintern 2000/2001 aktualiserades frågan om huruvida Flödeskommitténs riktlinjer är tillämpliga för stora sjöar med begränsad tappningsförmåga och det beslutades att göra en översyn av riktlinjerna när det gäller stora sjöar.

1.1 Genomförda utredningar

Inom ramen för kommitténs arbete med översyn av Flödeskommitténs riktlinjer när det gäller stora sjöar har följande utredningar genomförts:

- Sammanställning av stora sjöar med begränsad tappningsförmåga
- Litteraturstudie över metoder att beräkna 100-årsnivån i reglerade sjöar
- Test av dimensioneringskriterier för stora magasin med begränsad tappningsförmåga

1.1.1 Sammanställning av stora sjöar med begränsad tappningsförmåga

För att identifiera vid vilka sjöar tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer kan vara ett problem ansatte kommittén arbetshypotesen att om ett magasin inte klarar av att avbörda 100-årstillrinningen vid dämningssgräns är detta en indikation på risk för underskattning vid tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer.

SMHIs arbete med att göra en sammanställning av stora sjöar med begränsad tappningsförmåga beskrivs i rapporten "Beräkning av 100-årstillrinning till stora sjöar" (bilaga 1).

Ansatsen att det finns risk för underskattning vid tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer vid magasin där 100-årstillrinningen överstiger avbördningsförmågan vid dämningssgräns visade sig vara ett för trubbigt instrument. Testberäkningar för Siljan indikerar inte risk för underskattning vid tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer trots att 100-årstillrinningen kraftigt överstiger avbördningsförmågan vid dämningssgräns.

1.1.2 Litteraturstudie över metoder att beräkna 100-årsnivån i reglerade sjöar

För tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer för stora sjöar med begränsad tappningsförmåga ansatte kommittén arbetshypotesen att vattennivån i magasinet bör läggas på 100-årsnivån innan dimensioneringsberäkningen startar.

Som en följd av denna hypotes identifierades ett behov att finna en metod för bestämning av 100-årsnivån i reglerade sjöar, och SwedPower gavs i uppdrag att utarbeta ett förslag till metod. SwedPowers ansats för att utveckla en sådan generell metod innebar att data på oreglerade tillrinningar till Vänern skulle räknas om till reglerade tillrinningar. Med hjälp av dessa rekonstruerade tillrinningsserier skulle nivån i Vänern beräknas och 100-årsnivån bestämmas med hjälp av frekvensanalys av de beräknade nivåerna. Under arbetets gång visade sig dock frågan inte vara så avgörande

för kommitténs arbete som först antagits. Detta i kombination med att det är ett komplext problem att hitta en generell metod för bestämning av 100-årsnivån i reglerade sjöar ledde till att kommittén beslöt att överge denna ansats.

Det bedömdes dock vara av intresse att skaffa sig en uppfattning om hur problemet att bestämma 100-årsflöden respektive 100-årsnivåer i reglerade vattendrag och sjöar behandlats i andra länder. Kommittén lät därför SwedPower utföra en internationell litteraturstudie över metoder att beräkna 100-årsflöden/-nivåer i reglerade vattendrag och sjöar. Denna studie beskrivs i rapporten "Litteraturstudie över metoder att beräkna 100-årsnivåer i reglerade vattendrag" (bilaga 2).

Kommittén konstaterar att metoder för att beräkna 100-årsnivån i reglerade sjöar är ett komplext problem och att det tycks saknas internationella förebilder för hur beräkning ska ske. För kommitténs arbete med översyn av tillämpligheten hos Flödeskommitténs riktlinjer för stora sjöar visade sig frågan om bestämning av 100-årsnivån inte vara avgörande. Baserat på kraven för riskklass II-dammar enligt Flödeskommitténs riktlinjer finns ett visst intresse för frågan att bestämma 100-årsnivån i reglerade sjöar, men detta ligger utanför kommitténs uppdrag.

1.1.3 Test av nya dimensioneringskriterier för stora magasin med begränsad tappningsförmåga

Ett stort antal beräkningar har genomförts för Vänern, Mälaren och Siljan med syftet att analysera alternativa sätt för dimensioneringsberäkningar. Arbetet beskrivs i SMHIs rapport "Test av nya dimensioneringskriterier för stora magasin med begränsad tappningsförmåga" (bilaga 6). Resultaten för respektive sjö sammanfattas i tabell 1, 2 och 3.

Tabell 1. Sammanfattning av beräkningar för Vänern

Fall nr	Beräkningsförutsättningar	VY max	Datum för VY max	Sekvensstart
1	Högsta uppmätta under reglerad tid	+45,67	2001-01-10	-
2	100-års nivå under reglerad tid enligt Schröder [1], baserat på frekvensanalys för perioden 1937-1999	+45,69	-	-
3	100-årsnivån under reglerad tid enligt Schröder [1], baserat på frekvensanalys för perioden 1937-2001	+45,83	-	-
4	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer <u>utan</u> data från år 2000 och 2001	+45,26	1998-11-11	1998-09-21
5	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer <u>med</u> data från år 2000 och 2001	+46,44	2001-02-11	2000-09-09

Fall nr	Beräkningsförutsättningar	VY max	Datum för VY max	Sekvensstart
6	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer med data från år 2000 och 2001, men utan att magasinet lyfts till DG den 1 augusti.	+45,50	2001-02-11	2000-09-09
7	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer med data från 2000 och 2001, och med justering av magasinet till 100-års nivån vid den dimensionerande nederbördssekvensens start. (Denna beräkning bedömdes som orimlig eftersom det extrema året 2000/2001 kommer med två gånger.)	+47,29	2001-02-11	2000-09-09
8	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer med data från 2000 och 2001 för att lokalisera kulminationsdatum. Därefter justeras magasinet till 100-årsnivån, varefter den dimensionerande nederbördssekvensen läggs på vid kulminationsdatum.	+46,10	2001-05-23	2001-02-11
9	Lokalisering av kulminationsdatum med hjälp av uppmätta data. Därefter justeras magasinet till 100-årsnivån, varefter den dimensionerande nederbördssekvensen läggs på vid kulminationsdatum.	+46,02	2001-05-29	2001-01-10
10	Samma beräkning som 8 men temperaturen har justerats upp så att nederbördssekvensen inte faller som snö. (Detta medför dessutom ett litet smältbidrag från den snö som redan ligger.)	+46,16	-	-
11	Samma beräkning som 9 men temperaturen har justerats upp så att nederbördssekvensen inte faller som snö. (Detta medför dessutom ett litet smältbidrag från den snö som redan ligger.)	+46,21	-	-

Beräkningarna för Vätern visar att en tillämpning enligt Flödeskommitténs riktlinjer gjord före år 2000 (fall 4) ger för låga värden, till och med lägre än 100-årsnivån (fall 3) och det högsta uppmätta värdet år 2001 (fall 1). Om åren 2000-2001 tas med i en beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer (fall 5) så kommer man högre än med den förenklade metod som prövats i fall 8 och 9.

För att undvika orealistiska kombinationer av hög nederbörd och hög temperatur under vårfloden ska man enligt Flödeskommitténs riktlinjer sänka den uppmätta temperaturen med 3 grader under dagarna 9-14 av nederbördssekvensen under perioden 1 januari - 31 juli. För Vänern innebär detta att nederbördssekvensen uppfattas som snö vid beräkning enligt fall 8 och 9. Beräkning enligt fall 10 och 11 visar på effekten av detta.

Tabell 2. Sammanfattning av beräkningar för Mälaren

Fall nr	Beräkningsförutsättningar	VY max	Datum för VY max	Sekvensstart
1	Högsta uppmätta under reglerad tid	+4,73	2000-12-02	-
2	100-års nivån under reglerad tid enligt Schröder [1]	+4,95	-	-
3	100-års nivån under reglerad tid enligt Häggström [2]	+4,80	-	-
4	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer (ingen skillnad i resultat om år 2000 och 2001 tas med eller inte)	+5,84	1997-05-22	1997-04-10
5	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer för att lokalisera kulminationsdatum. Därefter justeras magasinet till 100-årsnivån, varefter den dimensionerande nederbördssekvensen läggs på vid kulminationsdatum. (Detta fall inträffar på våren.)	+5,02	1997-06-08	1997-05-22
6	Lokalisering av kulminationsdatum med hjälp av uppmätta data. Därefter justeras magasinet till 100-årsnivån, varefter den dimensionerande nederbördssekvensen läggs på vid kulminationsdatum. (Detta fall inträffar i december.)	+5,24	2000-12-20	2000-12-02

Beräkningarna för Mälaren visar att den förenklade metoden (fall 5 och 6) ger betydligt lägre nivåer än en beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer (fall 4). Beräkningar enligt den förenklade metoden (fall 5 och 6) leder alltså till risk för underdimensionering.

Tabell 3. Sammanfattning av beräkningar för Siljan

Fall nr	Beräkningsförutsättningar	VY max	Datum för VY max	Sekvensstart
1	Högsta uppmätta under reglerad tid	+163,04	1985-09-13	-
2	100-års nivån under reglerad tid enligt Häggström [2]	+163,24	-	-

Fall nr	Beräkningsförutsättningar	VY max	Datum för VY max	Sekvensstart
3	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer (ingen skillnad i resultat om år 2000 och 2001 tas med eller inte)	+166,39	1995-06-11	1995-05-26
4	Beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer för att lokalisera kulminationsdatum (magasinet justeras ej till 100-årsnivå, eftersom den nivån passerats). Därefter läggs den dimensionerande nederbördssekvensen på vid kulminationsdatum.	+165,47	1995-06-24	1995-06-11
5	Lokalisering av kulminationsdatum med hjälp av uppmätta data. Därefter justeras magasinet till 100-årsnivå, varefter den dimensionerande nederbördssekvensen läggs på vid kulminationsdatum. (Det maxvärde som inträffade år 2000 fick ange datum, eftersom modelldata saknas för år 1985.)	+163,53	2000-12-14	2000-11-30

Beräkningarna för Siljan visar, liksom för Mälaren, att den förenklade metoden (fall 4 och 5) ger lägre nivåer än en beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer (fall 3). Beräkningar enligt den förenklade metoden (fall 4 och 5) leder alltså till risk för underdimensionering.

1.2 Samlad analys

En samlad analys av beräkningarna visar att av de tre fall som testats (Vänern, Mälaren och Siljan) är det bara för Vänern som det uppstår problem vid tillämpningen av Flödeskommitténs riktlinjer i sin befintliga form. Detta yttrar sig som en stor skillnad mellan dimensionerande vattenstånd beroende på om år 2000 och 2001 ingår eller ej, nästan 1,2 meter, vilket i huvudsak beror på följande två faktorer:

1. Vänern har mycket speciella avbördningsförhållanden med en övre gräns på tillåten tappning på grund av nedströmsintressen och gällande vattenhushållningsbestämmelser. Det är mycket ovanligt att en sjös avbördningsförmåga inte ökar med ökande vattenstånd. Detta leder, för Vänerns del, till att sjön kan stiga mycket högt även vid måttligt hög men varaktig tillrinning. Det förhållande att tillrinningens varaktighet är viktigare än kortvariga höga tillrinningar gör att den dimensionerande nederbördssekvens som föreskrivs av Flödeskommittén inte utgör ett speciellt dramatiskt belastningsfall för Vänern. Det är mycket allvarigare med långvarigt hög tillrinning, som var fallet år 2000/2001 än extrema värden av kort varaktighet.
2. Året 2000/2001 var mycket speciellt genom sin extremt långa och varaktigt höga tillrinning till Vänern. Om man korregerar för effekterna av regleringen 1938 så kan man konstatera att det för Vänerns del nog var den mest dramatiska situationen sedan 1807.

För såväl Mälaren som Siljan förefaller de nuvarande riktlinjerna vara tillräckligt stränga. Den regel som säger att snömagasinet skall läggas vid 30-årsnivån under våren innebär att sjöarna når nivåer som troligen är rimliga inför påläggningen av den dimensionerande sekvensen. Det blir inga skillnader om 2000/2001 tas med eller inte.

De försök som gjordes med en förenklad beräkningsteknik, som bygger på att sjöarna då det dimensionerande tillfället letats upp höjs till 100-årsnivån, varefter den dimensionerande sekvensen läggs på, måste anses vara mindre lyckosamma. Tillämpningarna på alla de tre sjöarna visar att det finns uppenbar risk för att de dimensionerande vattenstånden underskattas om denna metod tillämpas. Dessutom tillkommer svårigheterna att räkna ut 100-årsnivån i reglerade system.

Ytterligare en komplikation med den förenklade metodiken är att det vid dess tillämpning beräkningsmässigt måste tillses att den dimensionerande nederbörden inte räknas som snöfall.

I arbetets inledningsskede gjordes försök där sjöarna lyftes till 100-årsnivån vid varje sekvenspåläggning i beräkningen (fall 7 för Vänern). Denna metod bedömdes som orimlig eftersom den mest extrema väderhändelsen då i praktiken riskerades att tas med dubbelt.

En viktig princip i Flödeskommitténs riktlinjer för klass I-dammar är att ett antal flödesskapande faktorer kombineras på det sätt som ger den mest kritiska samlade effekten för systemet. Var och en av dessa faktorer ligger inom ramen för vad som upplevts. Detta gäller för antagandet om ett 30-års snömagasin inför vårfloden, den dimensionerande nederbördssekvensens utformning och den tioårsperiod av klimatdata som används som utgångspunkt vid simuleringen för att hitta den mest kritiska situationen. Den samlade effekten, om dessa händelser synkroniseras på ett olyckligt sätt, blir mycket extrema flöden som dock inte kan uteslutas. För Vänerns del bör samma resonemang tillämpas. Den stora skillnaden är att det krävs längre tidsförlopp för att nå den kritiska nivån. Därför måste beräkningarna av kulminationsdatum sträckas ut över flera månader för att den värsta situationen skall kunna identifieras. För Vänerns del har det också visat sig att valet av tioårsperiod av data utanför den dimensionerande nederbördssekvensen relativt sett har större betydelse än för övriga magasin. Därför påverkar de extrema förhållandena under hösten och vintern 2000/2001 resultaten för Vänern i så hög grad.

1.3 Slutsatser

Slutsatsen av de utförda beräkningarna blir att Flödeskommitténs riktlinjer inte kan tillämpas kategoriskt för Vänern.

De genomförda testberäkningarna har endast kunnat påvisa svagheter i Flödeskommitténs riktlinjer när det gäller Vänern. Detta stöds också av de många dimensioneringsberäkningar som utförts för övriga älvar sedan Flödeskommitténs riktlinjer gavs ut. Eftersom svagheter i Flödeskommitténs riktlinjer bara har kunnat påvisas för Vänern, så har kommittén inte funnit någon anledning att föreslå en generell förändring av riktlinjerna avseende stora magasin med begränsad tappningsförmåga.

Det krävs dock fördjupade analyser i fall som liknar Vänern, som har mycket speciella avbördningsförhållanden med en övre gräns på tillåten tappning enligt gällande vattenhushållningsbestämmelser. Därvid bör speciell uppmärksamhet ägnas åt att analysera hur representativ den valda 10-årsperioden av klimatdata som används för beräkningarna är. Resultaten av dimensioneringsberäkningen för Vänern skiljer sig ju avsevärt beroende på om år 2000/2001 tas med eller inte. En viktig slutsats är att en jämförelse mellan en uppskattad 100-årsnivå, framtagen med frekvensanalys, och den dimensionerande nivån enligt Flödeskommitténs riktlinjer kan fungera som en varningssignal. Om 100-årsnivån ligger nära eller över den dimensionerande nivån är det ett tecken på att en fördjupad analys bör genomföras.

2 Dimensionerande flöden för små tillrinningsområden

Det har rått viss osäkerhet om tillämpbarheten av Flödeskommitténs riktlinjer för dammar med små tillrinningsområden till exempel gruvdammar. Speciellt har osäkerheten gällt att riktlinjerna är baserade på analys av nederbörd över 1 000 km² medan många gruvdammar har betydligt mindre tillrinningsområden. I Flödeskommitténs riktlinjer beskrivs arealkorrekturen av den dimensionerande nederbördssekvensen som osäker för små tillrinningsområden. Frågan är inte bara intressant för gruvdammar utan generellt för riskklass I-dammar med små tillrinningsområden.

2.1 Genomförda utredningar

I samband med översynen av Flödeskommitténs riktlinjer när det gäller stora sjöar beslöts att även göra en översyn av riktlinjernas tillämpbarhet för små tillrinningsområden. Inom ramen för detta arbete har följande utredningar genomförts:

- Analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala
- Test av nya dimensioneringskriterier för gruvdammar

2.1.1 *Analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala*

Studien som genomfördes av SMHI hade syftet att ta fram statistik och återkomsttider för punktnederbörd som omräknats till maximal 24-timmarsnederbörd. Studien redovisas i rapporten ”Analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala” (bilaga 3).

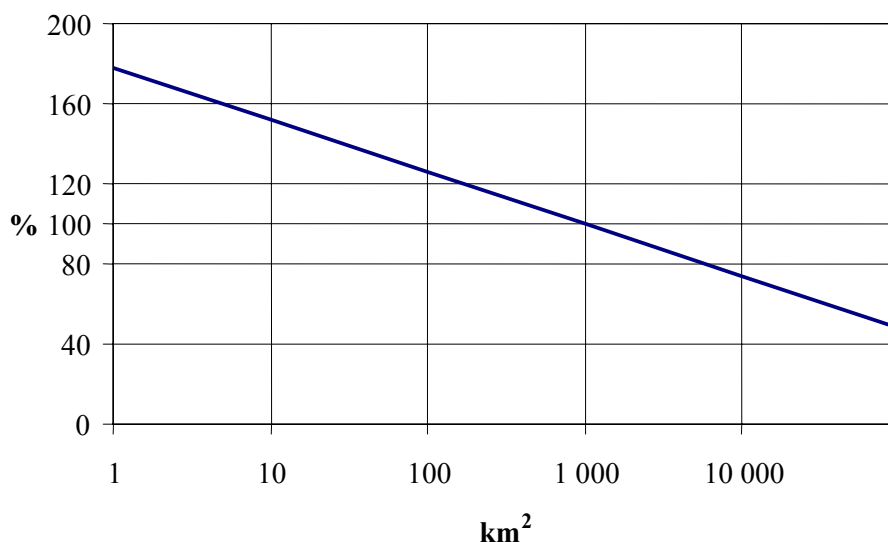
I studien användes observerad nederbörd från hela SMHIs stationsnät för perioden 1926-2002 vilket omfattar cirka 62 200 stationsår. Det största påträffade fallet gav 210 mm på 24 timmar. Med regionindelning enligt Flödeskommitténs riktlinjer har regn med 10 000 års återkomsttid beräknats till 142 mm för en given plats i region 1 och 2, 160 mm i region 3 respektive 178 mm i region 4 och 5. I rapporten redogörs även för ett konstruerat typfall för timfördelning i % av en mycket stor dygnssumma fördelad på 15 timmar.

Tabell 4. Typfall med timfördelning i % av en mycket stor dygnssumma. Hela dygnsmängden har fördelats på 15 timmar.

Timme	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
%	3	3	3	3	3	10	25	15	10	10	3	3	3	3	3

Enligt bilaga 3, ”Analys av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala”, blir punktnederbörden med en återkomsttid på 10 000 år 160 mm för region 3. Dimensionerande regn enligt Flödeskommitténs riktlinjer är dock inte baserade på 10 000-årsregn utan på högsta uppmätta nederbördsvärde. Det av SMHI högsta uppmätta punktnederbördsvärdet på 210 mm kan jämföras med 205 mm som ges enligt Flödeskommitténs riktlinjer för 9:e dygnet avseende ett område på 10 km² och 240 mm för ett område på 1 km² i region 3.

Kommittén har kommit till slutsatsen att skillnaderna mellan de olika tillgängliga underlagen är ganska små. Med tanke på osäkerheter i materialet, bland annat beroende på att de allra värsta regn som inträffar i Sverige inte kan observeras eftersom nätet av nederbördsstationer är glest, så bör en extrapolering av arealkorrektionskurvan i Flödeskommitténs riktlinjer [3] ner till 1 km² kunna accepteras. Det innebär troligen värden något på säkra sidan jämfört med vad som anges i underlagsmaterialet (bilaga 3) och förenklar beräkningarna avsevärt genom att riktlinjerna i stort sett kan tillämpas i sin nuvarande form.



Figur 1. Arealkorrektionskurvan enligt Flödeskommitténs riktlinjer förlängd ner till 1 km²

2.1.2 Test av nya dimensioneringskriterier för gruvdammar

Den ursprungliga arbetshypotesen för denna delutredning som genomförts av SMHI löd:

”Grundad på analysen av intensiva regn med kort tidsskala och liten rumsskala provas olika modellansatser för dimensionering av gruvdammar. Troligen kan en betydligt enklare metodik än den som tillämpas i Flödeskommitténs riktlinjer användas. Grunden bör dock vara en hydrologisk modell som kopplas till en dimensionerande nederbördssekvens. Frågan om hur markfuktigheten och snösmältning skall hanteras kommer att bli avgörande för modellvalet. Metoden testas på ett antal gruvdammar, vilket förutsätter tillgång på relevanta data från gruvindustrin.”

I samråd med representanter för gruvindustrin valdes två områden ut för test av nya dimensioneringskriterier för små tillrinningsområden. Dessa var Kiirunavuoma och Garpenberg med ett antal delområden i storlekar mellan 2 och 13 km². Dessutom kompletterades undersökningen med beräkningar för Stora Rensjön, med ett tillrinningsområde på 119 km². Ett stort antal beräkningar, med olika förutsättningar genomfördes. Dessa redovisas i rapporterna ”Test av nya dimensioneringskriterier för gruvdammar” (bilaga 4) och ”Komplettering av nya dimensioneringskriterier för gruvdammar” (bilaga 5). Speciellt belystes problemställningar rörande val av beräkningsmodell och effekter av nederbördens tidsupplösning.

Val av beräkningsmodell

Inledningsvis provades en enklare beräkningsmodell enligt den formulerade arbetshypotesen ovan. Det innebar mindre omfattande beräkningar än en fullständig beräkning enligt Flödeskommitténs riktlinjer, men krävde antaganden om initialtillstånd inför beräkningen. Resultaten visade sig vara mycket känsliga för valet av dessa initialtillstånd, varför metoden övergavs. Slutsatsen blev att det är enklare, mer konsekvent och medför mindre risk för godtycklighet att genomföra en dimensioneringsberäkning enligt Flödeskommitténs fullständiga riktlinjer för klass I-dammar än att tillämpa en förenklad modellansats. Den ökning av beräkningstiden som detta medför är inget stort problem.

Effekter av nederbördens tidsupplösning

Dimensioneringsberäkningarnas beroende av tidsupplösning i nederbördsdata studerades med utgångspunkt från fördelning på timmar enligt tabell 4. Denna fördelning tillämpades på dag 9 i den dimensionerande nederbördssekvensen, det vill säga den dag då den mest intensiva nederbörden förutsätts falla enligt Flödeskommitténs riktlinjer. Dessutom varierades sjöprocenten i områdena, eftersom denna har stor betydelse för dämpningen av korttidstillrinning.

Sammanfattningsvis uppvisar de genomförda beräkningarna med högre tidsupplösning ganska skilda resultat, främst beroende på att magasinens avbördningsförhållanden skiljer sig åt. I vissa fall blir skillnaderna mycket små, kanske några cm på magasinets nivå, även för avrinningsområden av storleksordningen 10 km² eller mindre, medan större skillnader kan uppstå under andra förutsättningar.

2.2 Diskussion kring flödesdimensionering av gruvdammar

Gruvdammar är ett exempel på dammar med små tillrinningsområden. Det diskuterades om kommitténs arbete skulle begränsas till att behandla driftskedet eller om även det långtidsperspektiv som gäller för efterbehandling av vissa gruvavfallsdeponier skulle beaktas. Kommittén konstaterade att frågan om flödesdimensionering ur ett så långt tidsperspektiv som kanske fram till nästa istid är så komplex och förknippad med så stora osäkerheter att den inte ryms inom ramen för kommitténs arbete. Kommitténs arbete begränsades följaktligen till att behandla flödesdimensionering för driftskedet. Det diskuterades också om det faktum att Flödeskommitténs riktlinjer ursprungligen togs fram för vattenkraftindustrins dammar och således är utformade med utgångspunkt från dessa dammars förhållanden skulle innebära att vissa av reglerna inte är helt naturliga vid tillämpning för gruvdammar. Aspekter som diskuterats är huruvida begreppet dämningssgräns är relevant för gruvdammar och att inte samma regleringsmönster gäller för gruvdammar som normalt gäller för regleringsdammar för elproduktion. Det har dock konstaterats att Flödeskommitténs riktlinjer kan tillämpas även för gruvdammar. Vid tillämpningen av riktlinjerna för gruvdammar är det dock viktigt att uppmärksamma att vissa förutsättningar, till exempel regleringsstrategier, kan skilja sig från dammar för elproduktion.

2.3 Slutsatser

Kommittén har kommit till slutsatsen att arealkorrektionskurvan i Flödeskommitténs riktlinjer kan extrapoleras ner till 1 km², enligt figur 1 på sida 9. Det innebär troligen värden något på säkra sidan och förenklar beräkningarna avsevärt genom att riktlinjerna i stort sett kan tillämpas i sin nuvarande form.

Av studierna redovisade i rapporten ”Test av nya dimensioneringskriterier för gruvdammar” (bilaga 4), drar kommittén slutsatsen att det inte finns någon anledning att frånga den hydrologiska beräkningsmodell som beskrivs i Flödeskommitténs riktlinjer vid tillämpningar på gruvdammar och andra dammar med små tillrinningsområden. Försök till förenklingar leder till risk för att resultaten blir inkonsekventa.

Vad beträffar ett eventuellt behov av att räkna med högre tidsupplösning än dygnsvärden så är det Kommitténs bedömning att det kan finnas skäl att studera effekterna av högre tidsupplösning för de allra minsta avrinningsområdena. Detta kan vara aktuellt för vissa gruvdammar medan det troligen inte är något större problem för områden av den storleksordning som vanligen rör vattenkraftens system.

3 Diskussion av strategi för hantering av klimatfrågans eventuella betydelse vid flödesdimensionering av dammar

3.1 Klimatfrågan och dimensionerande flöden

När kommittén för komplettering av Flödeskommitténs riktlinjer bildades år 2002 fick den som tilläggsuppgift att diskutera en övergripande strategi för hur klimatfrågan bör hanteras, även om det ännu inte är realistiskt att fastställa riktlinjer i detta avseende. Frågan om den globala uppvärmningen uppmärksammades av Flödeskommittén (1990) utan att några rekommendationer lämnades om hur man skall kunna ta hänsyn till den i dimensioneringsarbetet. Man nöjde sig med följande allmänna kommentar: *"En reservation måste dock göras för den händelse en klimatförändring skulle inträffa, exempelvis på grund av den s.k. växthuseffekten. Riktlinjernas nederbördssekvenser är grundade på klimatet under de senaste seklet; en bestående ändring av nederbördsförhållandena på våra breddgrader nödvändiggör därför en översyn av riktlinjerna."* [3] (sid. 31). Sedan dess har frågan om hur ett förändrat klimat kan komma att påverka extrema flöden blivit alltmer aktuell internationellt, inte minst genom IPCCs arbete. En rad uppmärksammade översvämningar, varav de i Oder sommaren 1997 och i Elbe sommaren 2002 varit de mest uppmärksammade i Europa, har understrukt behovet av kunskap om kopplingen mellan den globala uppvärmningen och flöden. För Sveriges del fick översvämningarna i södra Norrland, i Arvika samt runt Vätern åren 2000/2001 samma effekt. Behovet av fortsatt forskning och analys av klimatfrågans betydelse för framtida risker i samband med höga flöden påpekades också av dammsäkerhetsrådets analysgrupp efter översvämningarna 2000/2001 [4].

3.2 Tillgängliga resultat för Sverige

När klimatets påverkan på vattenkraftsystemet studerades inom det Nordiska projektet "Climate Change and Energy Production" i början av 1990-talet så analyserades också effekterna på extrema flöden [5]. Samma sak har skett inom det svenska regionala klimatforskningsprogrammet, SWECLIM, med finansiering från Elforsk [6] och sker fortsatt inom det nordiska CE projektet som bland annat finansieras av Nordisk energiforskning och Elforsk. De hittills genomförda studierna har genomförts med en ganska förenklad teknik som bygger på att en observerad klimatserie justeras så att den skall likna de scenarier över framtidens klimat, som räknats fram med hjälp av klimatmodeller. För svensk del har främst klimatscenarier från SMHI:s klimatforskningsenhet, Rossby Centre, utnyttjats (se till exempel [7] och [8]).

Hittills genomförda studier i Sverige är mycket översiktliga och har begränsats till analyser av hur 100-årsflödet kan komma att förändras [9] [6] [10]. Resultaten visar ganska entydigt att en global uppvärmning troligen skulle leda till lägre vårflöden men samtidigt en ökande risk för regnflöden under sommar, höst och vinter. Detta beror på att vintrarna blir kortare och att nederbörden beräknas öka, främst i norra Sverige. Tack vare tillgång till globala modellberäkningar från två europeiska forskningsinstitut, Hadley Centre i England och Max-Planck-institutet för meteorologi i Tyskland så har också vissa osäkerhetsanalyser kunnat genomföras. Dessa visar på stor spridning mellan resultaten men också på att det finns vissa gemensamma drag [11] [12]. Ytterligare

bidrag till analysen av osäkerheterna har kommit inom det EU-finansierade PRUDENCE-projektet [13].

Någon mer fullständig analys av hur ett klass I-flöde, så som det beskrivs av Flödeskommittén, kan komma att ändras av ett ändrat klimat, har ännu inte genomförts. Däremot studeras frågan i ett pågående forskningsprojekt, ”Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett framtida förändrat klimat”, som genomförs av SMHI på uppdrag av Elforsk.

3.3 Tänkbar påverkan på Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionerande flöden

Flödeskommitténs riktlinjer för klass I-dammar är utvecklade specifikt för vattenkraftindustrins behov. Metoden bygger på en rad klimatologiska förutsättningar vilket innebär att det ingår flera beräkningsmoment som man måste ta ställning till om man vill analysera effekterna av att klimatet ändras. De viktigaste är den dimensionerande nederbördssekvensens storlek, nederbördens arealkorrektion och årstidskorrektion samt snömagasinets förändring. Eftersom beräkningarna bygger på att man systematiskt letar fram det mest kritiska förloppet under en tioårsperiod så måste man också beakta hur klimatet under denna tioårsperiod bedöms kunna ha förändrats.

Sammanfattningsvis så är det en rad klimatrelaterade faktorer som påverkar de mest extrema förhållandena i våra vattendrag. Det gör att det krävs omfattande beräkningar för att studera en eventuell påverkan av den globala uppvärmningen. De preliminära studier som hittills genomförts är mycket översiktliga och säger inte så mycket om hur reglerade system påverkas. I de vattendrag där vårfloden är dimensionerande kan man förvänta sig en minskad risk för höga flöden, som dock kan komma att motverkas av att risken för regnflöden ökar. För att bedöma den totala effekten bör alla ovanstående klimatrelaterade faktorer beaktas samt hur dessa samverkar med de regleringsrutiner som tillämpas. Arbete med känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer i ett förändrat klimat har inletts vid SMHIs Forskningsavdelning, med ekonomiskt stöd av Elforsk och Svenska Kraftnät.

Flödeskommitténs riktlinjer för klass II-dammar bygger i stort sett på frekvensanalys av 100-års flöden. Flera pågående projekt syftar till att analysera hur dessa kan komma att förändras i ett förändrat klimat och ytterligare studier kan förväntas ske i framtiden eftersom detta är en generell fråga för flera samhällssektorer.

3.4 Klimatfrågan i relation till andra osäkerheter

Man kan inte bortse ifrån att Flödeskommitténs riktlinjer innehåller osäkerheter som mycket väl kan vara lika stora eller till och med större än de som klimatfrågan tillför. För klass II-dammar är frekvensanalys ett erkänt svårt problem, speciellt i reglerade vattendrag. Där påverkas resultaten av den utvalda mätseriens representativitet, men också av valet av fördelningsfunktion.

För klass I-dammar påverkas resultaten av hur den hydrologiska modellen kalibreras, hur representativa de bakomliggande 10 årens klimatdata är, hur frekvensanalysen av

snön genomförs samt av vilka antaganden som ligger till grund för den tillämpade regleringsstrategin.

Klimatfrågan tillför ytterligare osäkerheter som är ofrånkomliga. Ännu är bedömningarna så osäkra att forskarna talar om *scenarier* och inte om *prognoser* och så kommer säkert att vara fallet inom en överskådlig framtid. Det gör att man inte kan förvänta sig resultat som kvantifierar effekterna utan måste nöja sig med kvalitativa uppskattningar länge än. Kunskaperna om osäkerheternas storlek kan dock förväntas öka i takt med att resultat från allt fler alternativa beräkningar blir tillgängliga. Ett exempel på just detta är de resultat från två globala modeller som numera används vid studier i Sverige och ytterligare beräkningar från det ovan nämnda PRUDENCE-projektet.

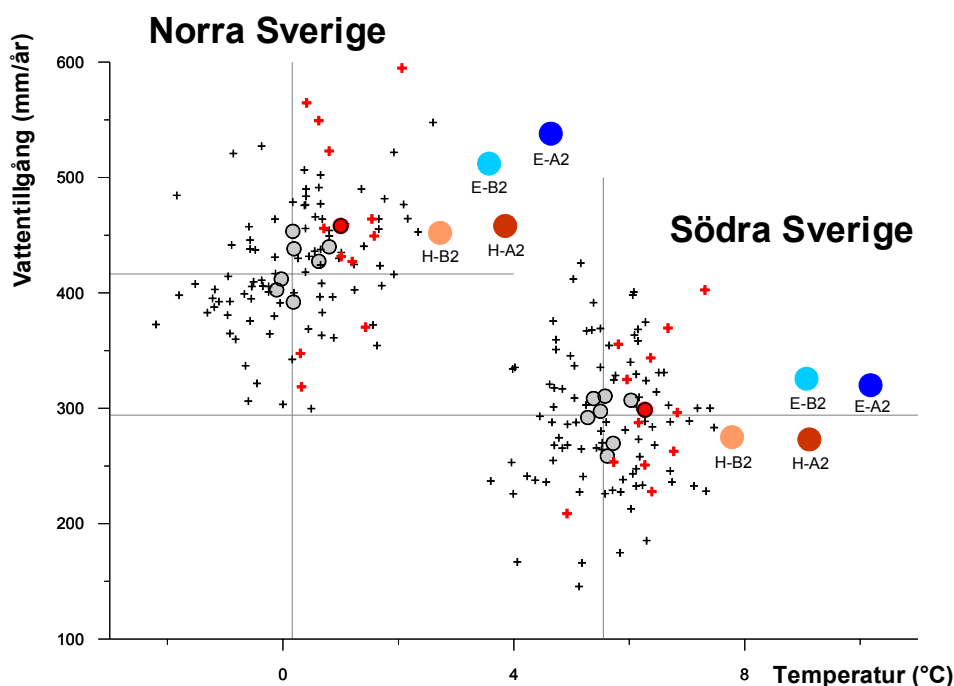
Erfarenheterna från SWECLIM visar att osäkerheten i resultaten från de globala klimatmodellerna också skapar stora osäkerheter om Sveriges framtida klimat. Det gör att det är mycket viktigt med internationell överblick och samarbete med de forskningscentra som genomför globala klimatsimuleringar.

3.5 Syns klimatförändringen?

Sedan slutet av 1990-talet har det tagits fram alltmer detaljerade framtida klimatscenarier för Sverige. Resultaten är ganska entydiga vad beträffar uppvärmningen i olika delar av landet medan beräknade förändringar av nederbörd och vattentillgång varierar mer. Samtidigt har vi fått uppleva en rad extrema händelser som åtminstone till en del liknar de förhållanden som klimatscenarierna indikerar. Exempel är den långa raden av milda vintrar under 1900-talets senare del och ökningen av tillrinningen till vattenkraftssystemet under samma period. Frågan är bara om vi kan betrakta dessa händelser som bekräftelser på att klimatet har ändrats. Eller är de helt enkelt resultat av naturliga variationer? Man får perspektiv på frågan om man jämför klimatscenarier och historiska data.

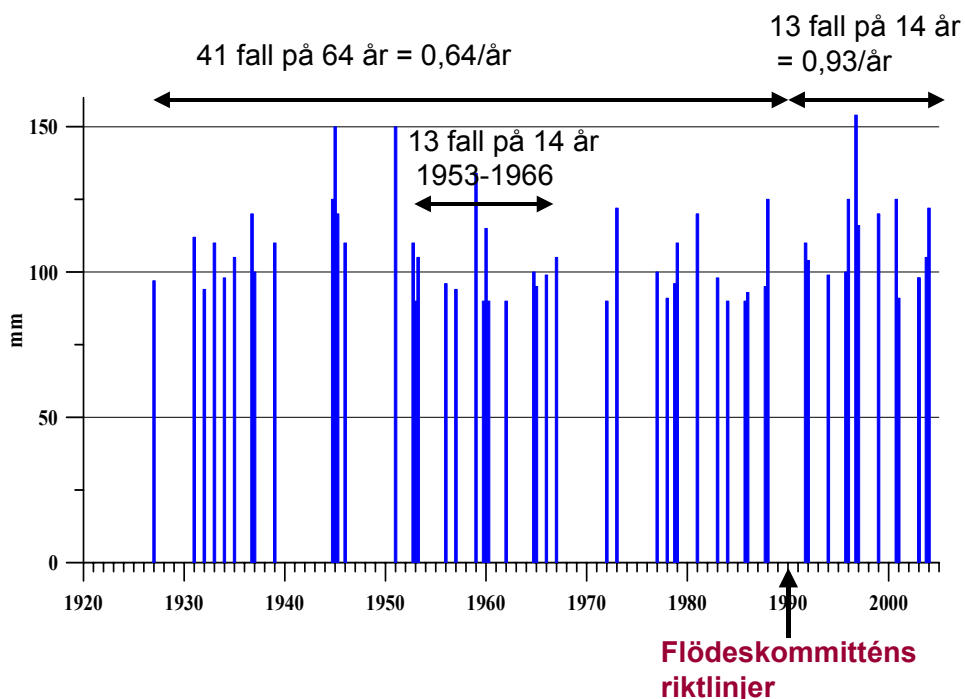
Figur 2 visar sambandet mellan årsmedeltemperaturen och avrinningen under drygt 100 år i norra respektive södra Sverige (gränsen är dragen vid Dalälven, som räknats till norra Sverige). Det första som man slås av är de stora variationerna i vattentillgång och temperatur. Alla årens observationer blir tillsammans ett ganska stort moln av data. Det är också tydligt att de senaste åren, symboliserade med en mindre röd ring, ligger i kanten av detta moln och faktiskt har rört sig i riktning mot klimatscenarierna.

Figur 2 visar att olika klimatscenarier kan skilja sig åt men att det också finns stora likheter. De fyra scenarierna i figuren representerar beräkningar baserade på resultat från två globala klimatmodeller, en från Max-Planck-Institutet för Meteorologi i Hamburg och en från Hadley Centre i England. Dessutom har beräkningarna utförts med två olika antaganden om hur vi lyckas bemästra framtidens utsläpp av växthusgaser. Med tanke på att ett ungefär lika stort moln av data omger vart och ett av klimatscenarierna så förstår man svårigheterna att med säkerhet bekräfta att klimatet verkligen är på väg åt det håll som scenarierna anger. Det kan ta lång tid innan klimatförändringen tränger igenom de naturliga variationerna. Vi får inte heller glömma att klimatscenarierna avser perioden 2071-2100 och att det är långt dit.



Figur 2. Vattentillgång (tillrinning) och medeltemperatur i Sverige under perioden 1907-2002. Varje kors representerar ett år och ringarna flerårsmedelvärden (12 år). De röda korsen och den röda ringen avser perioden 1991-2002. De färgade symbolerna visar fyra framtidsscenarier gällande perioden 2071-2100. H och E betecknar att indata använts från den engelska HadAM3H respektive den tyska ECHAM4/OPYC3 modellen, A2 och B2 betecknar olika utsläpp av växthusgaser.

Figur 3, som visar de mest extrema regnen i Sverige under perioden 1926-2004, illustrerar svårigheten att fastställa om vi verkligen fått en förändring av förekomsten av extrema regn eller bara ser effekten av tillfälligheter. Under perioden 1926-1990 inträffade 41 fall av nederbörd lika med eller överstigande 90 mm under 24 timmar över 1 000 km². Det motsvarar i genomsnitt 0,64 fall per år och den databasen var ett viktigt underlag till Flödeskommitténs rapport när den lades fram 1990. Under de 14 år som gått sedan dess har det inträffat 13 fall av denna storleksordning (varav 2 under sommaren 2004). Det motsvarar 0,93 fall per år och skulle kunna tolkas som att vi har fått en ökad frekvens av svåra regnoväder. Som framgår av figuren så är dock variationen stor och det finns ytterligare en period under 1900-talet, nämligen 1953-1966, då extrema regn var lika vanliga som under de senaste 14 åren. Det är ingen tvekan om att åren efter det att Flödeskommittén lade fram sin rapport varit ovanligt dramatiska vad avser extrema regn, men det går trots detta inte att ur detta datamaterial med bestämdhet fastställa att vi fått en bestående förändring.



Figur 3. De mest extrema regnen i Sverige under perioden 1926-1990. Figuren visar samtliga inträffade fall av nederbörd lika med eller överstigande 90 mm som fallit under 24 timmar över en yta av 1 000 km².

3.6 Slutsatser

Arbetet med tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionerande flöden har pågått sedan 1990 och innebär en angelägen uppgradering av svensk dammsäkerhet, vad avser förmågan att klara extrema flöden. Klimatfrågan har tillfört ytterligare en dimension till detta arbete. Inom överskådlig framtid kommer vi dock att få nöja oss med framtidsscenarioer som omgärdas med mycket stora osäkerhetsmarginaler och som dessutom kommer att ändras efterhand som forskningen fortskrider. Samtidigt kan man inte bortse från klimatfrågan, som är en av de största naturvetenskapliga frågeställningarna för närvarande.

Anpassningen till Flödeskommitténs riktlinjer måste ha fortsatt hög prioritet. Det finns naturligtvis en risk för att diskussionen om ett förändrat klimat leder till en avvaktande hållning i det pågående arbetet med att anpassa de svenska dammarna till Flödeskommitténs riktlinjer. Detta vore en mycket olycklig utveckling. Det är inte realistiskt att tro att klimatforskningen skall göra så snabba framsteg att man inom en nära framtid kan ange hur en dimensioneringsberäkning skall utformas för att med tillräcklig säkerhet även omfatta förhållanden som kan orsakas av ett förändrat klimat. Osäkerheterna kring klimatfrågan får dock inte hindra att idag nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas.

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

I frågan om fysiska dammåtgärder kan ett exempel på åtgärd för att skapa marginal vara att i fall då höjning av tåtkärnan är aktuell höja något ytterligare än vad beräkningarna och andra osäkerhetsfaktorer motiverar.

Sedan Flödeskommitténs riktlinjer gavs ut har ett antal jämförelser gjorts mellan inträffade klimathändelser och beräknade flöden enligt riktlinjerna. Sådana jämförelser bör fortlöpande genomföras. Det är också viktigt att fortlöpande följa såväl den internationella som den nationella forskningen vad avser den globala uppvärmningen och dess påverkan på extrema hydrologiska förhållanden. Detta kan ske genom att följa IPCCs arbete, men också genom nordiskt samarbete och nationella studier av specifikt svenska problemställningar. Det är speciellt angeläget att genomföra känslighetsstudier av Flödeskommitténs riktlinjer, där möjlig påverkan på de dimensionerande flödena av ett förändrat klimat analyseras och sätts i relation till andra osäkerheter i dimensioneringsberäkningarna.

4 Övriga frågor

4.1 Olika ekvationer för korrektion för tillrinningsområdets storlek

Vid tillämpning av Flödeskommitténs riktlinjer har två olika ekvationer för den matematiska beräkningen av arealkorrektion av den dimensionerande nederbördssekvensen kommit att utnyttjas. Även om denna fråga ligger utanför kommitténs uppdrag beslöts att i denna rapport klargöra vilken av ekvationerna som bör användas.

I det tidiga dimensioneringsarbetet användes förhållandet:

Arealkorrektionsfaktorn = $1,75 - 0,25 \cdot \log(\text{tillrinningsområdets area})$. Detta samband synes ha sin grund i att den grafiska redovisningen av arealkorrektionen fick en framskjuten placering i riktlinjerna.

En noggrann granskning av den information som ligger till grund för den grafiska redovisningen ger dock vid handen att följande samband har bättre stöd:

Arealkorrektionsfaktorn = $1,78 - 0,26 \cdot \log(\text{tillrinningsområdets area})$

Detta senare samband finner sitt stöd av Flödeskommitténs riktlinjer [3] (sid. 55-57). Utgångspunkten är att arealkorrektionen utgår från ett typområde med storleken 1 000 km² för vilket ingen korrektion skall göras, dvs. 100 % av nederbördssekvensen skall användas. På sidan 55 sista stycket anges att "...de största 24 timmarsregnen över 10 000 km² befanns utgöra 74 % av de största 1 000 km² – regnen." Dessa två punkter ger det ovan angivna sambandet.

5 Referenser

- [1] Schröder, E. (2003) Översvämningar i Sverige, orsakssammanhang och fördjupad frekvensstudie för Vänern och Mälaren. Magisteruppsats från Miljövetarprogrammet, Linköpings universitet
- [2] Olofsson, J. (2004) Test av nya dimensioneringskriterier för stora magasin med begränsad tappningsförmåga. Bilaga 1-Vattenståndsstatistik för Siljan (Martin Häggström), Bilaga 2-Vattenståndsstatistik för Mälaren (Martin Häggström). SMHI
- [3] Flödeskommittén (1990) Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommittén. Statens vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.
- [4] Svenska Kraftnät (2001) Analys av översvämningarna under sommaren och hösten 2000 samt vintern 2001. Svenska Kraftnät, Rapport Nr 1:2001, BE90, Stockholm
- [5] Sælthun, N.R., Aittoniemi, A., Bergström, S., Einarsson, K.; Jóhannesson, T., Lindström, G., Ohlsson, P.E., Thomsen, T., Vehviläinen, B. and Aamodt, K.O. (1998) Climate change impacts on runoff and hydropower production in the Nordic countries, TemaNord 1998:552, Nordic Council of Ministers, Copenhagen.
- [6] Gardelin, M., Andreasson, J., Carlsson, B., Lindström, G. and Bergström, S. (2002) Modelling av effekter av klimatförändringar på tillrinningen till vattenkraftsystemet. Elforsk Rapport 02:27, Stockholm.
- [7] Räisänen, J., Hansson, U., Ullerstig, A., Döscher, R., Graham, L.P., Jones, C., Meier, H.E.M., Samuelsson, P. and Willén, U. (2004) European climate in the late twenty-first century: regional simulations with two driving global models and two forcing scenarios. *Climate Dynamics* 22; 13-31.
- [8] Bernes, C., En varmare värld. Växthuseffekten och klimatets förändringar. Naturvårdsverket och SWECLIM, Monitor 18.
- [9] Bergström, S., Carlsson, B., Gardelin, M., Lindström, G., Pettersson, A. & Rummukainen, M. (2001) Climate change impacts on runoff in Sweden - assessments by global climate models, dynamical downscaling and hydrological modelling. *Climate Research* 16, 101-112.
- [10] Andréasson, J., Bergström, S., Carlsson, B., Graham, L.P., Lindström, G. (2004) Hydrological Change – Climate Change Impact Simulations for Sweden. *AMBIO* nr 4-5, 2004, 228-234.
- [11] Rummukainen, M. 2003. Klimatförändring och scenarier - om kunskap och osäkerhet. In: G.Persson (ed.), *Klimatmodellering och klimatscenarier ur SWECLIMs perspektiv*. SMHI, RMK nr 102, Norrköping.
- [12] Bergström, S. (2003) Klimat och vatten i Sverige - om observationer och scenarier. In: G.Persson (ed.), *Klimatmodellering och klimatscenarier ur SWECLIMs perspektiv*. SMHI, RMK nr 102, Norrköping.

- [13] PRUDENCE (2002) Prediction of Regional Scenarios and Uncertainties for Defining European Climate change risks and Effects. Website at <http://www.dmi.dk/f+u/klima/prudence>.

Bilagor

- 1 BERÄKNING AV 100-ÅRSTILLRINNING TILL STORA SJÖAR ÅT KOMMITTÉN FÖR KOMPLETTERING AV FLÖDESKOMMITTÉNS RIKTLINJER FÖR DIMENSIONERANDE FLÖDEN (KFR). (GÖRAN LINDSTRÖM, SMHI 2004)**
- 2 LITTERATURSTUDIE ÖVER METODER ATT BERÄKNA 100-ÅRSNIVÅER I REGLERADE VATTENDRAG. (DAG WISAEUS, SWEDPOWER 2004)**
- 3 ANALYS AV INTENSIVA REGN MED KORT TIDSSKALA OCH LITEN RUMSSKALA. (HANS ALEXANDERSSON OCH HALDO VEDIN, SMHI METEOROLOGI NR 110, 2003)**
- 4 TEST AV NYA DIMENSIONERINGSKRITERIER FÖR GRUVDAMMAR. (JUDITH OLOFSSON, SMHI 2004)**
- 5 KOMPLETTERING AV NYA DIMENSIONERINGSKRITERIER FÖR GRUVDAMMAR (AGNE LÄRKE, SMHI 2005)**
- 6 TEST AV NYA DIMENSIONERINGSKRITERIER FÖR STORA MAGASIN MED BEGRÄNSAD TAPPNINGSFÖRMÅGA (JUDITH OLOFSSON, SMHI 2004)**
- 7 ARBETSPLAN FÖR ÖVERSYN AV FLÖDESKOMMITTÉNS RIKTLINJER FÖR BESTÄMNING AV DIMENSIONERANDE FLÖDEN FÖR DAMMANLÄGGNINGAR (BILAGA TILL PROTOKOLL FRÅN MÖTE NR 1 MED KOMMITTÉN FÖR KOMPLETTERING AV FLÖDESKOMMITTÉNS RIKTLINJER, DATERAT 2002-12-10)**



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