



Höga vattenflöden i reglerade älvar

Sten Bergström

SMHI

Fakta nr 1
mars 1999

*Omslagsfoto:
Göran Sandman*



Sten Bergström är forskningschef på SMHI och har mångårig erfarenhet av hydrologisk modellering, dammsäkerhet och höga flöden (foto: GKSS, Tyskland).

Höga vattenflöden i reglerade älvar

I augusti 1998 väcktes åter frågan om hur regleringarna påverkar höga vattenflöden i en utbyggd älv. Anledningen var flöden i bl.a. Ångermanälven och Umeälven. Situationen var snarlik den som uppstod vid samma tid 1993 och som hade samma orsak. Magasinen var fyllda och tillrinnande vatten måste släppas vidare via dammarnas utskov. På detta sätt uppstod ett flöde som motsvarade det som skulle inträffat om älven inte varit utbyggd. I vissa fall överträffades till och med detta flöde.

Händelserna i augusti fick stor uppmärksamhet i massmedia. Diskussionen kom i huvudsak att gälla vattenregleringens roll och möjligheterna att dämpa flöden genom ändrad vattenhushållning. I det följande beskrivs vattenregleringens inverkan på flödessituationer med utgångspunkt från flödet 1998 och några andra händelser under 1990-talet. Syftet är att klarlägga en del grundläggande samband mellan höga vattenflöden och reglering av vattendrag.

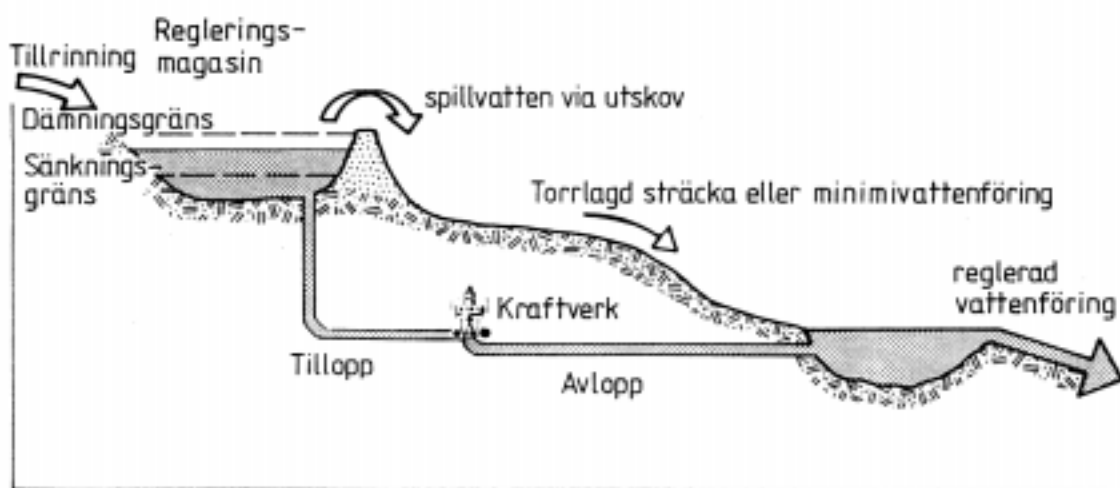
Vattenregleringens principer

Meningen med vattenreglering är att spara vatten från perioder med god tillgång och liten efterfrågan till dess att det behövs och tillgången är dålig. För detta ändamål byggs dammar och skapas regleringsmagasin. I ett globalt perspektiv är det viktigaste syftet med vattenreglering bevattning och vattenförsörjning. I Sverige och i övriga Norden används magasinerna i huvudsak för vattenkraftproduktion under vintern. På så sätt kan man möta efterfrågan på elkraft året runt och speciellt vintertid, när behovet är som störst, trots att det mesta vattnet rinner av under övriga årstider.

Eftersom vintern är lång i Norden krävs det stora magasin. I Sverige har de största regleringsmagasinen en reglerbar volym av flera kubikkilometer (Tabell 1). Regleringen leder till stora nivåskillnader i magasinerna. Som mest är skillnaden mellan den lägsta nivån, strax innan vårflodens start, och den högsta, sent på hösten, i vissa fall ett trettiotal meter.

Tabell 1. Landets största regleringsmagasin. (Källa: Svenska Kraftverksföreningen)

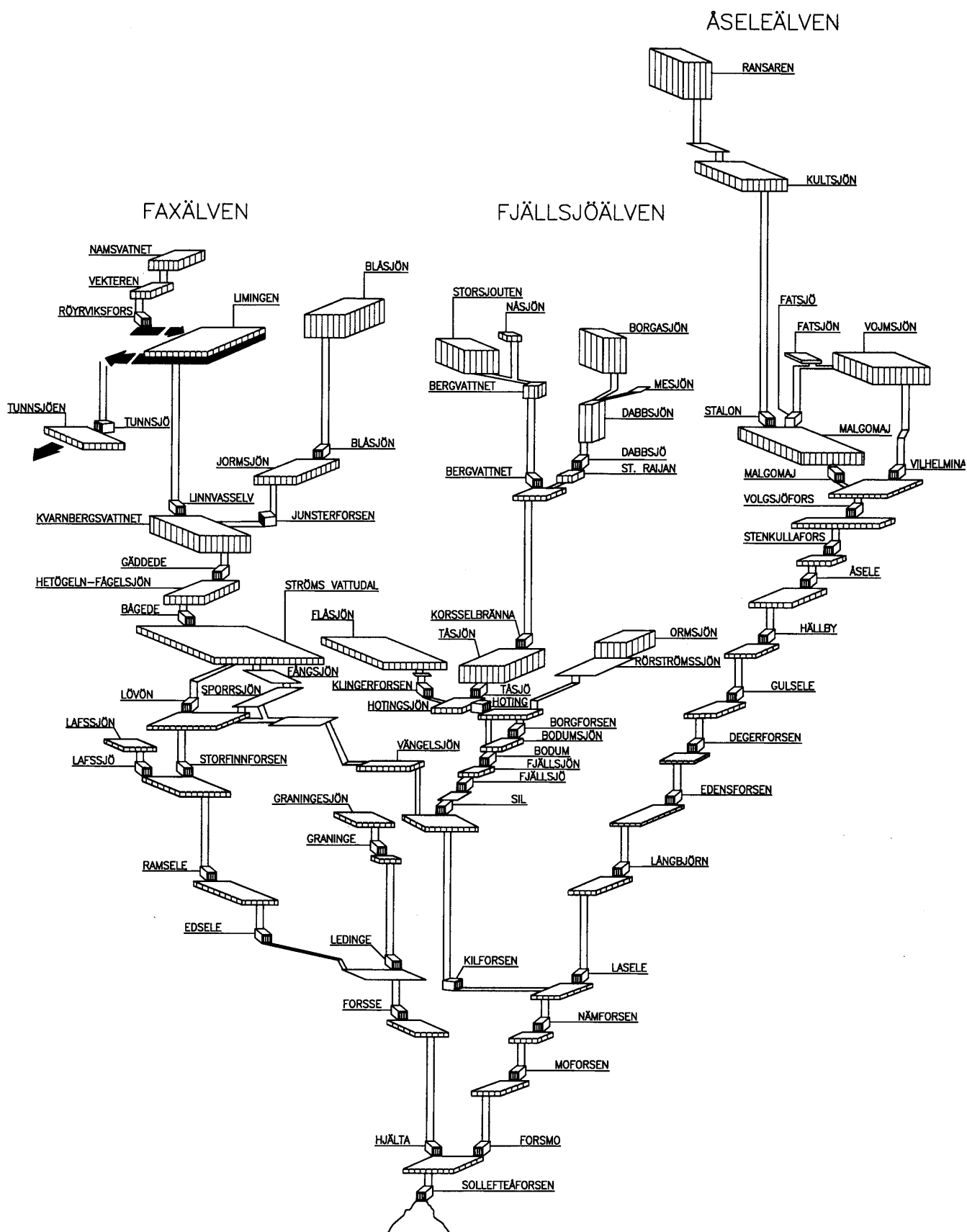
Magasin	älv	reglerbar volym (km ³)	magasinets amplitud (m)
Vänern	Göta älv	9,4	1,7
Suorva	Luleälven	6,0	30,0
Tjaktjajaure	Luleälven	1,7	34,5
Storsjön	Indalsälven	1,3	2,7
Satisjaure	Luleälven	1,2	19,0
Torrön	Indalsälven	1,2	12,4
Storuman	Umeälven	1,1	7,0



Figur 1. Principerna för vattenreglering för vattenkraftproduktion.

Dammarna är utrustade med utskov för att man i en flödes-situation skall kunna släppa fram det vatten som inte kan lagras eller tappas via kraftverkets turbiner. Utskoven är dessutom anläggningarnas säkerhetsventiler, som skyddar mot överströmning och därav eventuellt följande haveri. Kapaciteten hos utskoven är en av dammsäkerhetens nyckelfrågor. För närvarande pågår en översyn av alla större svenska dammar i detta avseende. Nya riktlinjer för dimensioneringsberäkningar vad avser flöden fastställdes 1990 i enlighet med ett förslag från den så kallade Flödeskommittén (Flödeskommittén, 1990).

Figur 1 illustrerar vattenregleringens principer i ett idealiserat exempel med ett enda magasin. I de flesta vattendrag är bilden betydligt mer komplicerad. Där samverkar ett stort antal magasin av olika storlek. Dessutom finns det ibland överledningar mellan älvgränar, för att optimera energiuttaget ur systemet. Det mest komplexa vattenkraftssystemet i Sverige finns i Ångermanälven (Figur 2).



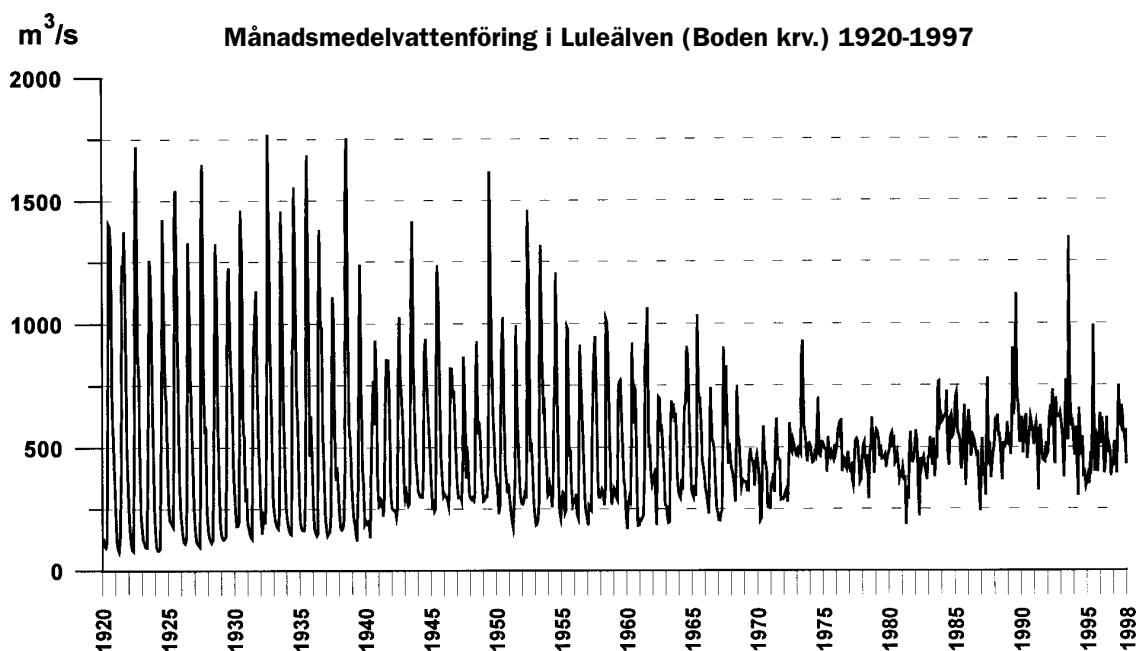
Figur 2. Ångermanälvens system av kraftverk och regleringsmagasin (Källa: Vattenregleringsföretagen).

Regleringarnas inverkan på flöden

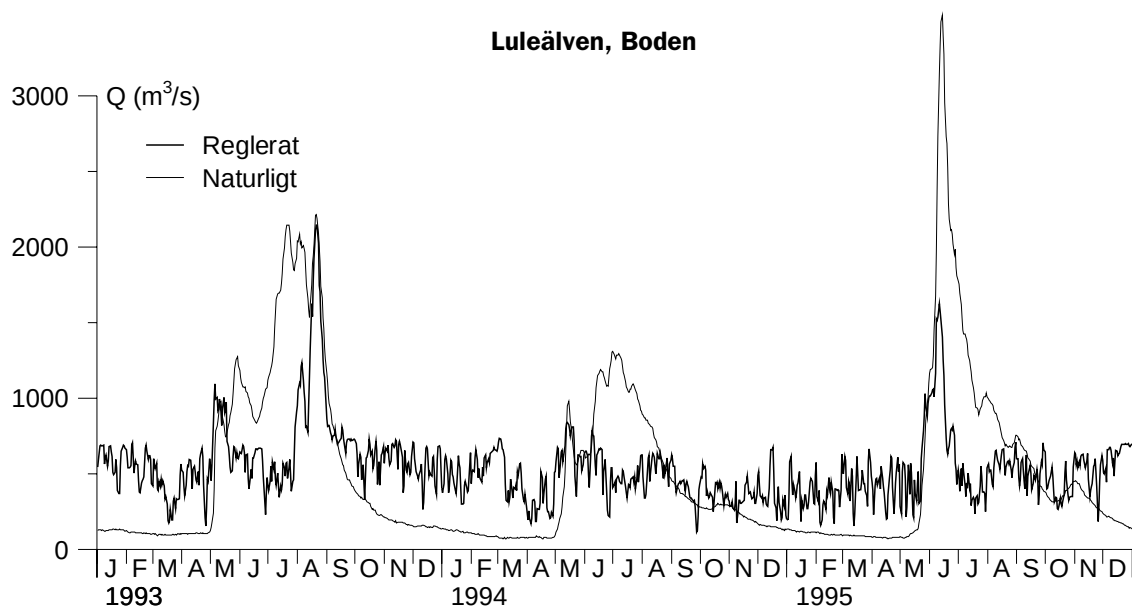
Vattenregleringen leder till att vatten tappas ur magasinen när det behövs för elkraftproduktion och lagras när det finns överskott. Utbyggnaden av vattenkraften innebär därför att flödet i älven alltmer kommit att styras av människan. Samspelet med naturen finns dock kvar och det ställs på sin spets när magasinen är fyllda och vatten måste tappas förbi dammarna. Då kan man säga att naturens villkor gäller. Flödet i älven blir av samma storleksordning som om älven inte varit utbyggd, eller i vissa fall t.o.m.

större. Om man inte kan släppa fram vattnet så hotar dammhaverier, kanske med katastrofala följder.

Vattenkraftutbyggnadens alltmer ökande påverkan på flödet i Luleälvens nedre delar illustreras i figur 3. Flödena dämpas alltmer, men de blöta somrarna mot slutet av perioden ger ändå stora utslag. Perioden 1993-1995 kan studeras mer i detalj i Figur 4, som dels visar flödet under dagens reglerade förhållanden, dels som en rekonstruktion av de förhållanden som rått om älven inte varit utbyggd.



Figur 3. Utbyggnadens gradvis ökande betydelse för vattenföringens variationer i de nedre delarna Luleälv (månadsmedelvärden).



Figur 4. Jämförelse mellan den reglerade vattenföringen i Luleälven, vid Boden, och en rekonstruktion av de förhållandena som rått om älven inte varit utbyggd (dygnsmedelvärden).

Åren 1993-1995 är verkligen intressanta i Luleälven. De innehåller tre typiska situationer som kan uppstå i en utbyggd älv under flödesförhållanden:

1993. Vårfloden och sommarregn fyllde regleringsmagasinen. I augusti släpptes ungefär lika mycket vatten fram som det flöde som inträffat om älven inte varit utbyggd. De höga flödena ledde till problem längs älven och stor uppståndelse i media.

1994. Regleringarna tog hand om flödena utan några större problem.

1995. Detta var det kraftigaste flödet på 100 år i oreglerade och måttligt reglerade vattendrag i Sverige och Norge. I Luleälven, där magasinen var avsänkta efter vintern, dämpades flödet genom att magasinen fylldes på. Det blev stora problem i de oreglerade älvarna, såsom exempelvis i Vindelälven.

Tappning förbi regleringsmagasin är vanligast i vattendrag med låg regleringsgrad, d.v.s. i de fall magasinens sammanlagda volym är liten i förhållande till vattendragets storlek. Dessutom tvingas man oftare tappa vatten i områden med instabila vintrar där det är vanligare med flöden samtidigt som magasinen är fyllda.

Förenklat kan man säga att regleringarna i första hand tar hand om vårflöden, medan sommar- och höstflöden ofta måste släppas fram. Detta medför en förskjutning av tidpunkten för de mest extrema flödena mot sensommar och höst, efterhand som älven byggs ut.

Ett stort antal regleringsmagasin består av tidigare naturliga sjöar som försetts med dammar och som nu utnyttjas som magasin. Innan utbyggnaden bidrog den naturliga magasineringen i dessa sjöar till en dämpning av höga flöden. Efter utbyggnad kan denna effekt utebli om magasinet har en fast dämningssgräns, som inte får överskridas under ett kraftigt flöde. Det reglerade flödet kan då komma att överskrida det naturliga, vilket inträffade på sina håll såväl 1993 som 1998.

De flesta upplever nog att det blivit allt vanligare med flöden i reglerade älvar under senare år. Det ligger bara en del sanning i detta. En analys av sommar- och höstflöden i norra Sverige, genomförd av Lindström (1999), visar att frekvensen har varierat betydligt under 1900-talet. Mest markant är en tydlig nedgång i antalet sommar- och höstflöden under en period från början av 1960-talet till början av 1980-talet, medan senare års förhållanden mer liknar åren före 1960. Man kan alltså säga att det som vi nu upplever som en ökad frekvens av sommar- och höstflöden, sett i ett längre perspektiv i själva verket mer är en återgång till normala förhållanden. Vi kan alltså vänta oss fortsatta problem med höga flöden i reglerade älvar i framtiden.

Sannolikhet och risk

Man brukar uttrycka sannolikheten för att ett flöde skall inträffa *under ett givet år* med dess återkomsttid. Med 100-års flödet menas att flödet i genomsnitt inträffar en gång vart hundra år eller, om man så vill, att sannolikheten är ett på hundra att ett flöde av denna storleksordning inträffar under ett givet år. Begreppet återkomsttid är förrädisk. Det inger lätt en falsk känsla av säkerhet eftersom det avser sannolikheten för *ett enda år* och inte den sammanlagda risken under ett projekts livstid. Tabell 2 visar den sammanlagda risken för att ett flöde med en viss återkomsttid överskrids under en längre tidsperiod.

Tabell 2. Sambandet mellan återkomsttid och sammanlagd risk (%) över en längre tidsperiod.

tid som anläggningen är i drift		
	50 år	100 år
återkomsttid (år)	sammanlagd risk (%)	
100	39	63
1000	5	9,5
10 000	0,5	1

Som tabellen visar är sannolikheten för att ett 100-års flöde skall inträffa under en 50-års period 39 procent och risken för ett 10 000-års flöde skall inträffa under en 100-års period en procent. Slutsatsen är alltså att man måste dimensionera för 10 000-års flödet, om man vill få ner risken till en procent vid projektering av en damm som skall användas i 100 år.

Det är viktigt att komma ihåg att den beräknade sannolikheten bara gäller för en punkt i det specifika vattendraget. Med tanke på att vi har många vattendrag i landet så är det inte så konstigt att vi då och då får uppleva ganska osannolika rekord någonstans i landet.

Det är svårt att beräkna sannolikheten för flöden i reglerade vattendrag, speciellt om förhållandena förändrats gradvis genom en successiv utbyggnad. När älven är fullt utbyggd dämpas de flesta mindre flöden bort, men riktigt stora flöden måste ändå släppas fram när magasinen fyllts. Vi får på så sätt en blandning av orsakssammanhang som är komplicerad att behandla statistiskt. Det är också svårt att beräkna flöden med mycket lång återkomsttid, som exempelvis 10000-års flödet. Normalt har vi inte ens 100 års observationer att utgå ifrån. I Flödeskommitténs riktlinjer för dammar av högsta riskklass föreslogs därför en metod, som bygger på en systematisk kombination av alla kritiska faktorer som bidrar till ett flöde, för att på så sätt beräkna det svårast tänkbara fallet för dammen. Någon explicit återkomsttid för detta beräknade dimensionerande flöde kan dock ej anges.

Överraskningsmomentet ökar i reglerade vattendrag

Flöden i reglerade älvar inträffar mer sällan och kommer därför mer överraskande än vad som är fallet i outbyggda system. Kanske är det också så att utbygganden av vattenkraften, med alla stora dammar, kommit att uppfattas som en garanti mot höga flöden. Överraskningsmomentet förstärks av att reglerade flöden ofta är orsakade av regn under sommaren eller hösten medan de högsta oreglerade flödena som regel är vårfloeden. Vi har ju vant oss vid att vårfloeden inträffar regelbundet praktiskt taget varje vår, medan sommar och höstflöden är betydligt mer oregelbundet förekommande.

En försvårande omständighet är att det i regel är svårare att förutse höga regnflöden än höga vårfloeden. Inför våren vet vi i god tid om det ligger mycket snö i avrinningsområdet medan förutsägelser av regnflöden kräver prognoser över kommande dagars nederbörd med en detaljeringsgrad som dagens meteorologiska prognosmetoder ofta har svårt att klara av.

En statistisk analys av flödet i augusti 1993 i Luleälven (Figur 4) visade att detta flöde i genomsnitt inträffat vart 5:e år innan älven byggdes ut. Efter utbyggnad är motsvarande siffra vart 30:e år. En förändring av återkomsttiden från 5 till 30 år innebär naturligtvis att flöden av denna storleksordning blivit betydligt ovanligare. Men fortfarande måste man räkna med att de kommer att inträffa. En stor skillnad är att flödena under de övriga 29 åren, under reglerade förhållanden praktiskt taget helt dämpas bort, något som lätt skapar en känsla av att det inte kan inträffa något flöde överhuvudtaget. Överraskningsmomentet blir alltså större när flödet väl inträffar.

Egentligen är det inte så svårt att få ett begrepp om hur stora flöden som kan komma att drabba en reglerad älva. Detta framgår av utskovens kapacitet, som sätter en gräns för flödet såvida inte ett dammbrott inträffar.

Kan man dämpa flöden genom reglering?

Idag är vattenkraftsystemet dimensionerat för kraftproduktion och för att man skall kunna släppa fram stora mängder vatten för att garantera att ingen allvarlig dammolycka inträffar. Om magasinerna är fyllda finns inget annat alternativ än att släppa fram vattnet. Frågan inställer sig då om man kan anpassa regleringsrutinerna så att det *alltid* finns utrymme kvar för att dämpa flödena. I teorin är detta möjligt, men det är svårare i praktiken. Risken är stor för att det tillskapade buffertmagasinet ändå förr eller senare är fullt, samtidigt som flödet fortsätter, och då tvingas man ta till utskoven igen. Vad man då åstadkommer är en förlängning av återkomsttiden, men ingen absolut garanti mot flöden.

Frågan om flödesdämpning kräver alltså en statistisk analys där den uppnådda ökade säkerheten analyseras i detalj. Det förefaller exempelvis ganska meningslöst att vidta en åtgärd som minskar sannolikheten för översvämning från ett på 30 år till ett på 50 år. Då kan man ju ändå inte använda marken för någon mer värdefull permanent bebyggelse. Det enda man uppnår är ett ökat överraskningsmoment,

den dag flödet verkligen inträffar. Det krävs följaktligen ganska stora minskningar av sannolikheten för att åtgärderna skall vara meningsfulla och inte göra större skada än nytta. Paradoxalt nog kan man annars minska risken för flöden samtidigt som man ökar risken för skador längs älven.

Det finns naturligtvis också en kostnadsaspekt på att utnyttja regleringsmagasin för flödesdämpning, men den analysen lämnas utanför denna rapport.

Händelserna i augusti 1998

Flödessituationen i augusti 1998 hade stora likheter med den som inträffade 1993. Återigen var det de stora reglerade älvarna i Norrland som drabbades och liksom fem år tidigare var det tal om flöden i augusti. En skillnad var att Luleälven drabbades mindre 1998 än 1993, men i Umeälven och Ångermanälven kan man nästan tala om att händelseförloppen upprepades. I bägge fallen var det frågan om kraftiga regn i kombination med fyllda regleringsmagasin.

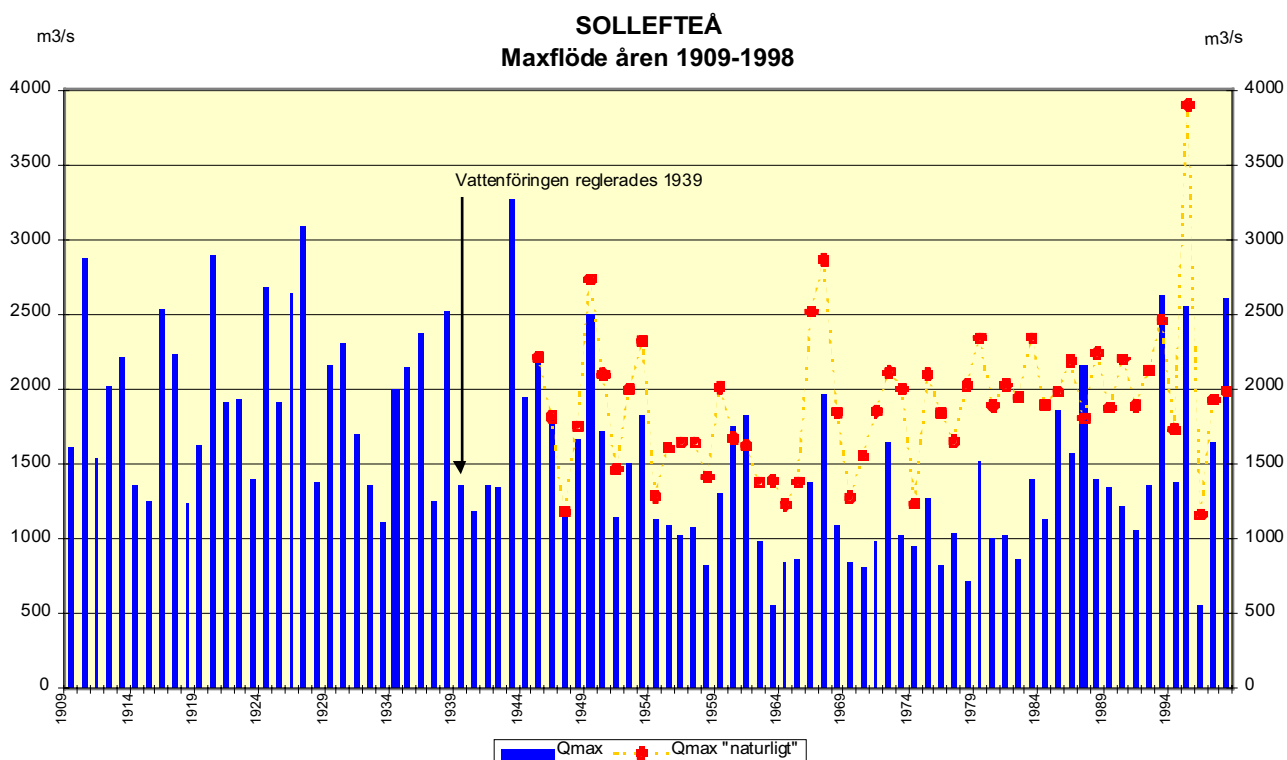
Diagrammet i figur 5 ger perspektiv på händelsen. Det visar en sammanställning av de högsta årliga flödena vid Ångermanälvens mynning i Sollefteå sedan 1909, om älven varit oreglerad, respektive efter utbyggnad.

Vid första anblicken synes vattenkraftutbyggnaden ha en starkt dämpande effekt på flödena i Ångermanälvens nedre delar. Speciellt tydligt är detta för vårflodet 1995, som hade blivit århundrades värsta flöde, om älven varit outbyggd. En närmare analys visar dock att det flera gånger inträffat att dämpningen uteblivit och i några fall tycks regleringen ha förvärrat flödessituationen. Så skedde 1987, 1993 och 1998. Samtliga dessa fall är sommarflöden.

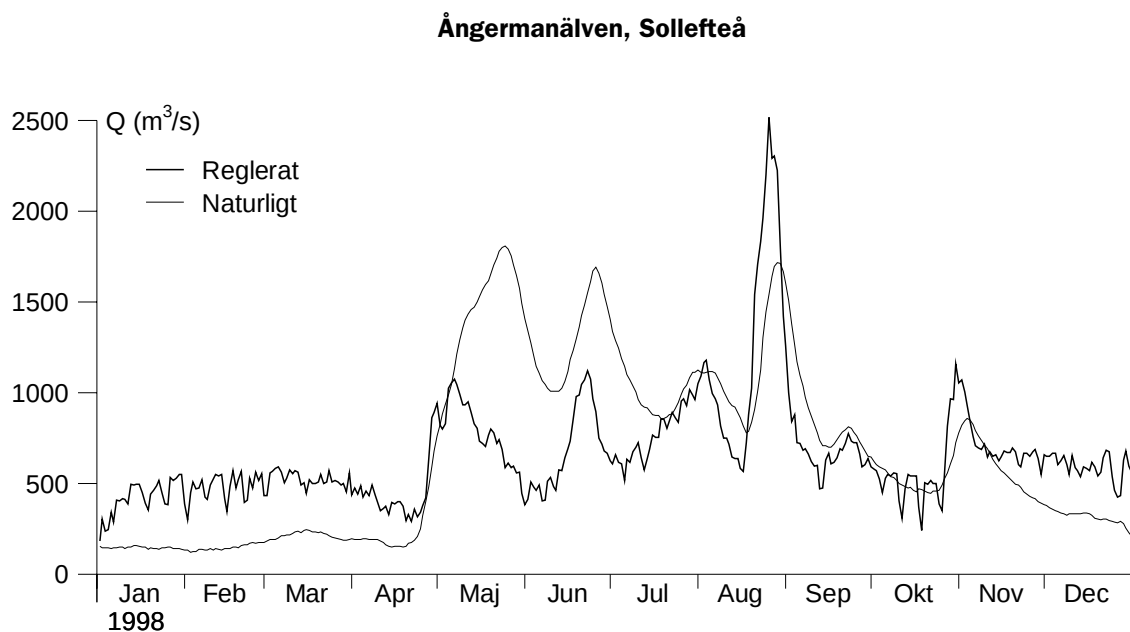
En detaljstudie av händelseförloppet i augusti 1998 redovisas i Figur 6. Den visar hur regleringens dämpande effekt successivt avtog efterhand som magasinerna fylldes. Till slut var man tvungen att släppa fram allt tillrinnande vatten och då blev det reglerade flödet betydligt större än vad som varit fallet under naturliga förhållanden. Detta beror på att Ångermanälvens system innehåller ett flertal uppdämda sjöar. Dessa hade en dämpande effekt på flödena under naturliga förhållanden, som nu uteblir när de används som regleringsmagasin och är fyllda till dämningssgränsen.

Förhållanden som liknade de i Ångermanälven i augusti 1998 kunde också iakttagas i Umeälven och Indalsälven. Där blev dock inte förstärkningen av flödena lika tydlig.

Som tidigare nämnts är det komplicerat att genomföra statistiska analyser av flöden i älvar som byggts ut successivt. Beräkningar visar dock att ett flöde liknande det i augusti 1998 i genomsnitt inträffar, eller överträffas, en gång vart 25:e år i nedre Ångermanälven under dagens reglerade förhållanden. Om älven inte byggts ut hade de varit betydligt vanligare. Då hade motsvarande siffra varit ungefär vart 8:e år.



Figur 5. Sammanställning av de högsta årliga flödena vid Ångermanälvens mynning i Sollefteå sedan 1909. För perioden sedan älven reglerades redovisas också rekonstruerade naturliga flöden (Data och illustration från Vattenregleringsföretagen).



Figur 6. Flödesutvecklingen i Sollefteå sommaren 1998 under reglerade och beräknade naturliga förhållanden (dygnsmedelvärden).

Slutsatser

Följande huvudsakliga slutsatser kan dras av händelseförloppen under de senaste årtiondenas flöden i reglerade och oreglerade älvar:

1. Det finns en generell tendens att vi underskattar risken för flöden. De inträffar tillräckligt ofta för att ställa till med oro och skador, men alltför sällan för att vi skall ta hänsyn till dem fullt ut vid den fysiska planeringen.
2. Vattenkraftutbyggnad i en älv medför i regel att flöden dämpas, men den utgör ingen garanti mot flöden och översvämningar. Vårflöden dämpas i allmänhet mest, medan det är svårt att hantera kraftiga sommar- och höstflöden. Flödena blir oftast lägre efter utbyggnaden, men i vissa fall kan sommar och höstflöden bli högre.
3. Vid höga flöden är överraskningsmomentet större i utbyggda än outbyggda älvar, eftersom flödena inträffar mindre regelbundet när älven är reglerad.
4. Senare års ökning av sommar- och höstflöden i reglerade älvar är fiktiv. Det vi upplever är snarare en återgång till mer normala förhållanden från en period förskonad från höga flöden, som varat från början av 1960-talet till början av 1980-talet.
5. Vattenkraftsystemet är primärt avsett för att producera elkraft. Ändrade mål, mot ökad flödesdämpning, kräver omfattande analys för att inte göra större skada än nytta.
6. Dammarnas utskov är avsedda för att släppa fram vatten under höga flöden. Deras kapacitet är därför ett bra mått på hur mycket vatten som en älvsträcka kan väntas föra under de mest extrema förhållandena.

Slutligen kan man tillägga att den omfattande genomgång av dammarnas förmåga att klara höga flöden, som för närvarande pågår enligt Flödeskommitténs riktlinjer, kommer att leda till förändringar vid flera vattenkraftanläggningar. I vissa fall kommer utskovskapaciteten att öka och i andra kommer dammar kanske att höjas. Införandet av de nya riktlinjerna medför att en högre risknivå identifieras och att den värsta tänkbara flödesutvecklingen nu kvantifieras på ett sätt som tidigare inte varit möjligt. Sammantaget leder genomförandet av de nya riktlinjerna till högre säkerhet mot dammbrott.

Referenser

Flödeskommittén (1990). Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar. Slutrapport från Flödeskommittén. Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut.

Lindström, G. (1999). Trends and variability in Swedish floods. Symposium on Hydrological Extremes: Understanding, Predicting, Mitigating. IAHS at IUGG, Birmingham, July 1999.



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping
Tel 011-495 80 00 · Fax 011-495 80 01
www.smhi.se