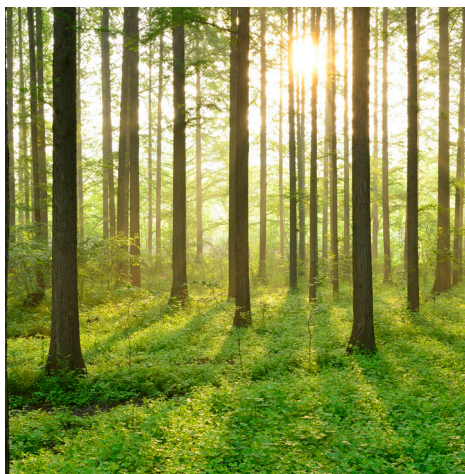
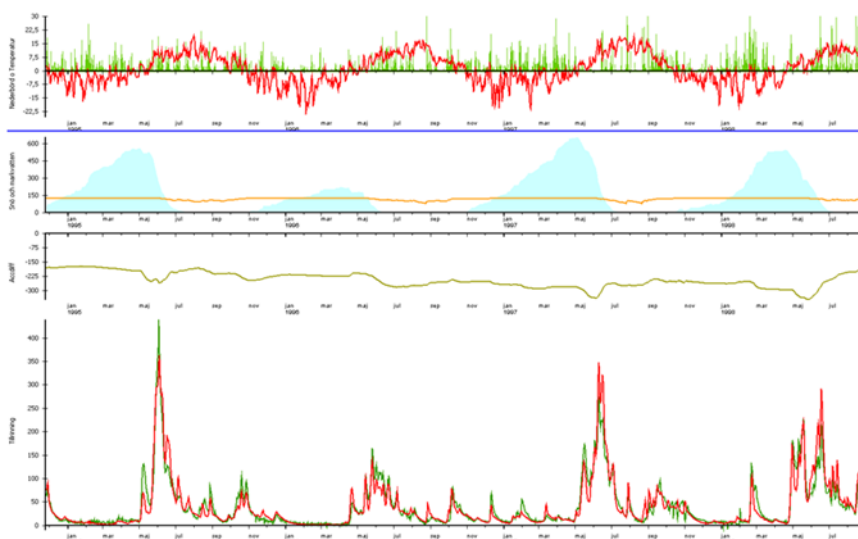


TVÅ GENERATIONER AV FLÖDESDIMENSIONERINGS- KLASS I-BERÄKNINGAR

RAPPORT 2020:645



DAMMSÄKERHET



Två generationer av flödesdimensioneringsklass I-beräkningar

JULIA ZÁBORI

JONAS GERMAN

ANNA JOHNELL

JOHAN SÖDLING

ISBN 978-91-7673-645-6 | © Energiforsk januari 2020

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

Förord

Under 1990-talet genomfördes beräkningar av flödesdimensioneringsklass I flöden för de stora vattenkraftproducerande älvarna. Till följd av uppdaterade riktlinjer har nya beräkningar gjorts för några av dessa älvar. I det här projektet har beräkningsantaganden och resultat mellan den första och den andra generationens beräkningar jämförts och analyserats för att identifiera eventuella systematiska skillnader.

Projektet har genomförts på SMHI av Julia Zabori, Jonas German, Anna Johnell och Johan Södling. Arbetet har följts av en referensgrupp bestående av Agne Lärke (Fortum), Björn Norell (Vattenregleringsföretagen), Peter Lindström (Skellefteälvens vattenregleringsföretag), Magnus Engström (Vattenfall) och Maria Bartsch (Svenska kraftnät).

Projektet har genomförts inom det dammsäkerhetstekniska utvecklingsprogrammet som drivs av Energiforsk där vattenkraftindustrin och Svenska kraftnät medverkar.

Författarna ansvarar för rapportens innehåll.

Sammanfattning

Kort efter den första utgåvan av riktlinjerna för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar utkom i början av 1990-talet började riktlinjerna tillämpas och de första dimensionerande flödena i flödesdimensioneringsklass I simulerades. Modellen som användes för beräkningarna var HBV-76. Samtidigt började utvecklingen av en ny HBV-version, HBV-96, som innehöll flera stora förändringar som ledde till en förbättrad simulering av de hydrologiska processerna. Med nya förutsättningar och uppdaterade riktlinjer togs beslutet i kraftbranschen att göra nya beräkningar där det bland annat ingår en noggrannare dokumentering av arbetsmaterialet och en klimatanalys. Beräkningar med de nya riktlinjerna har fram till dags dato (2019) gjorts i Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Indalsälven, Dalälven och Lagan på 2000-talet.

I detta projekt har det undersökts om det finns systematiska skillnader mellan de gamla och de nya beräkningarna. Skillnader i modellprestanda, snövatten-ekvivalent med 30-års återkomsttid, senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar, tillrinning vid dimensionerande vattenstånd i flödesdimensioneringsklass I samt tillfälle på året då det dimensionerande vattenståndet inträffar har analyserats och satts i ett geografiskt sammanhang.

Varken systematiska skillnader eller skillnader beroende på geografiskt läge kunde fastställas för någon av de undersökta parametrarna. Däremot varierade skillnaderna mycket mellan anläggningarna. Fastän tre fjärdedelar av modellkalibreringarna uppvisade oförändrad eller förbättrad prestanda vid de nya dimensioneringsberäkningarna jämfört med de äldre, så försämrades prestandan i en fjärdedel av modellerna. En lägre snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid erhöles för majoriteten av anläggningarna vid användning av den nya modelluppsättningen jämfört med den äldre då samma tidsperiod beaktades. För 43 % av anläggningarna var snöekvivalenten oförändrad eller större. Ingen systematisk skillnad mellan datum vid vilket snötäcket kulminerar identifierades vid jämförelse av nya och äldre dimensioneringsberäkningar. Tillrinning vid dimensionerande vattenstånd i flödesdimensioneringsklass I blev högre för ungefär hälften, oförändrad för 40 % och mindre för 15 % av anläggningarna. För ~20 % av anläggningarna ändrades det dimensionerande tillfället från ett vår- till ett hösttillfälle, eller tvärt om, från ett höst- till ett vårtillfälle.

Ytterligare analyser genomfördes för att undersöka hur valet av tidsperiod påverkar snövattenekvivalentens 30-årsåterkomsttid och dess senaste kulminationsdatum i modellberäkningarna. Det visade sig att anläggningarnas geografiska lägen påverkade resultatet. Generellt sett ökade snövattenekvivalentens 30-årsvärde i norra Sverige och minskade i södra Sverige. Även senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar verkar påverkas av geografiskt läge. Senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar infaller tidigare i södra Sverige under den senaste 30-årsperioden jämfört med den dessförinnan. För norra Sverige är förändringen otydlig.

Summary

The Swedish design flood guidelines were first published in 1990. Shortly after publishing the first calculations for the Flood Design Category I were conducted using the hydrological model HBV-76. At the same time a new version of the HBV model was under development aiming to improve the simulation of the hydrological processes. The work effort resulted in the development of HBV-96. The updated flood guidelines including instructions how to include calculations with respect to climate change in combination with the improved HBV version resulted in new design flood calculations. Until today (2019) new calculations were conducted for Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Indalsälven, Dalälven och Lagan under the 21st century.

Within this project factors such as the model performance, water equivalent of snow with a return period of 30 years, latest day of snow culmination, inflow for a Flood Design Category I and the occasion of the inflow were compared for simulations made with HBV-76 and HBV-96, respectively. The focus was to identify any systematic differences in the factors. Furthermore, it was examined if differences were related to the geographic location of the dam sites. No systematic differences and geographic dependencies could be determined. It was obvious that differences exhibited large variance between different dam sites. For 75 % of the dam sites the model performance was similar or better for the newer calculations with HBV-96, and for 25 % it was worse. The water equivalent of snow with a return period of 30 years was for the majority of dam sites less for HBV-96 simulations than for HBV-76 simulations provided that the time period was the same. For 43 % of the dam sites the snow water equivalent was similar or larger for the HBV-96 simulations than for the HBV-76 simulations. No systematic difference was determined for the day of the latest snow culmination. The inflow was higher for almost 50%, lower for 15 % and similar for 40 % of the dam sites for simulations performed with HBV-96 compared to simulations conducted with HBV-76. For 20 % of the dam sites the occasion of the inflow differed, while for 80 % it remained the same for simulations conducted with HBV-76 and HBV-96.

Further analysis determined the influence of the chosen time period on the magnitude of snow water equivalent with a return period of 30 years and on the latest day of the snow culmination. A geographic influence on both parameters was identified. An increase in snow water equivalent (calculated for the last 30 years and for a 30-year period before that) with time was shown for stations in northern Sweden. Furthermore, the latest day of the snow culmination (calculated for the last 30 years and for a 30-year period before that) was shown to occur earlier or didn't change for dam sites situated in the south of Sweden. For the north of Sweden the direction of the change was ambiguous.

Innehåll

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
2	Litteraturgenomgång	8
3	Informationskällor	10
4	Modellprestanda	12
5	Starttillstånd	17
6	Flödesdimensioneringsklass I - tillrinning	24
7	Starttillstånd - ytterligare analyser	31
8	Slutsatser	42
9	Referenser	44
	Bilaga 1	45

1 Inledning

1.1 BAKGRUND

Dammanläggningar som vid dammhaveri kan orsaka fara för människors liv och innebära stora konsekvenser för infrastruktur och ekonomi måste dimensioneras för att klara mycket extrema tillrinningar. I detta syfte utförs de så kallade flödesdimensioneringsklass I-beräkningarna. En rad ogynnsamma förhållanden som fortfarande är realistiska antas för beräkningen, t.ex. att det inte finns ett markvattenunderskott, att snötäckets vattenekvivalent har en återkomsttid av 30-år och att det dessutom kommer en nederbördsperiod med extrema regnmängder.

De första dimensioneringsberäkningarna enligt riktlinjerna utfördes under 1990-talet. Sedan dess har en kontinuerlig förbättring av de hydrologiska modellerna skett, kvaliteten på nederbörds-, temperatur- och vattenföringsdata har ökat och riktlinjerna för beräkning av dimensionerande flöden har uppdaterats två gånger. Detta har medfört att vattenkraftbranschen har beslutat att uppdatera de gamla beräkningarna med nya för att i det fortsatta dammsäkerhetsarbetet använda det bästa tillgängliga materialet.

1.2 SYFTE

Projektets syfte är att fastställa om systematiska skillnader mellan de gamla och de nyare dimensioneringsberäkningarna föreligger och därmed förbättra dammägarens beslutsunderlag. Den första beräkningomgången gjordes med HBV-76 i de flesta älvar med data ungefär från 1970 till 1990. De nya beräkningarna har gjorts i HBV-96 startade ca 2010 och innehåller data från 1961 fram till datum för modellens uppsättande. Älvar som ingår i undersökningen är Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Indalsälven, Dalälven (Trängslet) och Lagan. Jämförelserna avser modellprestanda, snövattenekvivalent med en återkomsttid av 30 år, senaste dagen för snökulmination, tillrinning vid dimensionerade vattenstånd i flödesdimensioneringsklass I samt tillfället på året då det dimensionerade vattenståndet inträffar.

2 Litteraturgenomgång

Denna studie fokuserar på att jämföra de gamla och de nya beräkningarna på flödesdimensioneringsklass I-flöden. Faktorer så som förändringar i kalibreringskvalité och starttillstånd tas upp. Den uppenbart största skillnaden är att två olika modellversioner av HBV- modellen har använts. Tidigare studier har undersökt effekter av hur förändrade parametervärden påverkar modellprestanda, hydrologiska flöden och flödesdimensioneringsklass I-flöden. Resultaten av dessa studier ger en del förklaringar till varför beräknade flödesdimensioneringsklass I-flöden kan skilja sig åt.

I början av 1990-talet beslutades att HBV-modellen (version HBV-76) skulle uppgraderas med målet att skapa en ny version (HBV-96) som var bättre anpassad till vattenkraftsindustrins behov samt tar större hänsyn till fysikaliska förhållanden som styr hydrologiska processer (Lindström et al., 1996). Några av förändringarna som gjordes och konsekvenserna på modellens prestanda nämns nedan:

- HBV-96 har anpassades till att kunna använda temperatur- och nederbördsdata som beräknas areellt med hjälp av optimal interpolation.
- I HBV-96 modifierades rutinen för evapotranspiration så att potentiella avdunstningen är höjdberoende och beroende av aktuell lufttemperatur samt nederbördsmängd.
- En förbättring av snörutinen möjliggjorde modellering av olika snöfördelningar inom en viss höjdzon samt att ett temperaturintervall för snöblandat regn infördes.
- En interceptionsrutin infördes.
- En ny respons- och transformationsfunktion med färre parametrar gjorde modellen lättare att förstå samt gav bättre modellprestanda för höga flöden.
- Automatisk kalibrering under användning av ett nytt kriterium som tar hänsyn till Nash-Sutcliffe Efficiency samt volymfel togs i bruk.

Efter att ha jämfört de två HBV-versionerna i sju områden (Lindström et al. 1996) drogs slutsatsen att modellprestandan för HBV-96 är bättre. En stor del av förbättringen beror på användning av areella indata, särskilt i områden med ett glest stationsnät samt inom områden med stora nederbördsgradients. Det nya automatiska kalibreringskriteriet gav den nya HBV-versionen fördelar. Även möjligheten att fördela snö inom samma höjdzon samt den nya responsfunktionen bidrar till en förbättrad modellprestanda (Lindström et al, 1996).

HBV-modellen har använts inom vattenkraftsindustrin sedan 1990-talet för beräkning av dimensionerade flöde för dammanläggningar i dimensioneringsklass I. Olofsson & Sanner (1998) undersökte hur dimensionerade flöden beräknade med HBV-96 skiljde sig från de beräknade med den tidigare HBV-modellen (HBV-76). För undersökningen valdes tio dimensioneringspunkter ut (som uppvisar olika andel fjäll, skog, öppen mark och sjöar) i Ångermanälven, Indalsälven, Ljungan, Ljusnan, Motala Ström, Mörrumsån, Lagan och Klarälven. Av totalt 28 kalibreringspunkter förbättrades modellprestandan (Nash-Sutcliffe-Efficiency + volymfel) för 25 av dessa efter att en automatisk kalibrering och manuella justeringar tillämpades. Vid användning av areella indata förbättrades

modellprestandan ytterligare i de fyra dimensioneringspunkter som testades. En jämförelse av snötäckets vatteninnehåll med en återkomsttid på 30 år (bestämt med Gumbelfördelningen), visar att vatteninnehållet ökat något vid användning av HBV-96. Den dimensionerade tillrinningen förändrades med mellan -20 % och +31 % med en medelökning på +13 % vid användning av HBV-96 jämfört med HBV-76. För fjällregioner var ökningen mindre än för områden i mellersta eller södra Sverige. För två dimensioneringspunkter undersöktes hur inverkan var på det dimensionerade flödet vid användande av areella indata, där det visade sig att den dimensionerade tillrinningen ökade. Dessutom drogs slutsatsen att den nya responsfunktionen förbättrade simuleringarna och gav ett högre dimensionerade flöde.

Andréasson et al. (2011) undersökte inverkan av olika faktorer så som användning av areella vs stationsdata, olika tidsperioder för 30-års snö, olika tidsperioder för dimensionering, HBV-76 vs HBV-96, olika kalibreringskriterier, olika kalibreringsperioder och inverkan av kalibrering med toppfelsvikt på osäkerheten i dimensioneringsberäkningar. Förändring av det dimensionerade vattenståndet i Seitevare (Luleälven), Torpshammar (Ljungan), Trängslet (Österdalälven) och Höljes (Klarälven) samt förändringen/osäkerheten i den dimensionerade tillrinningen för Torsebro (Helge å) undersöktes. Andréasson et al. (2011) kom fram till att användning av areella indata vs stationsdata inte resulterade i ett generellt högre eller lägre dimensionerade vattenstånd utan berodde på området. Perioden för att beräkna det dimensionerade snötäcket hade varierande betydelse för det dimensionerande vattenståndet, men ingen betydelse för den dimensionerade tillrinningen. Val av dimensioneringsperiod påverkade det dimensionerande vattenståndet olika. Oftast resulterade användning av HBV-96 jämfört med användning av HBV-76 i ett högre dimensionerande vattenstånd och tillrinning. Kalibreringen med toppfelsvikt resulterade i samma eller högre dimensionerande vattenstånd. Dimensionerande tillrinningen till Torsebro blev dock alltid högre med toppfelsvikten. Kalibreringskriterier och kalibreringsperioden hade i fyra av fem områden stor betydelse på dimensionerande vattenståndet/tillrinningen.

Med introduktionen av HBV-96 förändrades även den automatiska anpassningen av kalibreringen, det så kallade "toppfelskriteriet" infördes. Olofsson & Lindström (2000) undersökte hur användningen av den nya kalibreringsmetoden påverkar simulerade flödestoppar. De visade att den automatiska kalibreringen med det nya kriteriet gav en tydlig förbättring utan att mer än marginellt försämma modellens prestanda under övrig tid.

3 Informationskällor

Uppgifter om modellprestanda, snövattekvivalent med 30-årsåterkomsttid, senaste datum för vilket snötäcket kulminerat och beräknade flödesdimensioneringsklass I-flöden som presenteras i denna rapport hämtades från sex olika informationskällor: dimensioneringsrapporter, SMHIs arkiv, dimensioneringsprotokoll, modellfiler, underlag som skickades från Skellefteälvens Vattenregleringsföretag och underlag som skickades från Vattenregleringsföretagen. En sammanställning av samtliga datakällor finns i Bilaga 1.

SMHI som har allt datamaterial för uppsättning av HBV-modellen har satt upp modellerna för beräkning av dimensionerande Klass I-flöden. Kalibrering och beräkning har i vissa fall i de gamla beräkningarna gjorts av kunden. Information om modellprestanda för de tidigare modellerna är därför bara till viss del dokumenterade i SMHIs pappersarkiv. Information om kalibreringsprestanda/modellprestanda för Skellefteälven, Umeälven, Lagan och Trängslet hämtades från SMHI arkivet. För Luleälven finns kalibreringsprestandan för de gamla beräkningarna sammanställda i en rapport. Medan de äldre dimensioneringsrapporterna sällan fullständigt anger den data som ingår i dimensioneringsberäkningen, så är informationen i rapporterna från de nya beräkningarna tämligen fullständiga. Information om modellprestanda/kalibreringsresultat hämtades för Luleälven, Skellefteälven, Umeälven och Trängslet från dimensioneringsrapporter. SMHIs arbetsmaterial användes för att ta fram Lagans modellprestanda för de nya beräkningarna. Ingen information om modellprestanda för Indalsälven för den gamla modellen var tillgänglig.

Information om snödata för gamla beräkningarna hämtades från dimensioneringsrapporter (Luleälven, Umeälven nedströms Stensele), modellfiler (Umeälven uppströms Stensele, Indalsälven), SMHIs arkiv (Trängslet) och från en datafil från Skellefteälvens Vattenregleringsföretag (Skellefteälven). Snöinformationen för de nya beräkningarna hämtades från modellfiler (Luleälven, Trängslet), dimensioneringsprotokoll (Umeälven, Indalsälven) och från en datafil från Skellefteälvens Vattenregleringsföretag (Skellefteälven).

För Luleälven hämtades uppgifter om beräknade dimensionerande tillrinning för dimensioneringsklass I från dimensioneringsrapporten för gamla beräkningar. För Skellefteälven, Umeälven och Indalsälven erhöles en sammanställning av data från Skellefteälvens Vattenregleringsföretag och Vattenregleringsföretagen. För Trängslet hämtades information ur SMHIs arkiv. Uppgifter om de nya klass I dimensioneringsberäkningar hämtades från dimensioneringsrapporten (Umeälven, Trängslet, Indalsälven), dimensioneringsprotokoll (Luleälven) och från en datafil från Skellefteälvens Vattenregleringsföretag (Skellefteälven).

I Tabell 1 presenteras antal datapunkter som användes i studien av modellprestanda, starttillstånd och flödesdimensioneringsklass I-tillrinning för de gamla och nya beräkningarna.

Tabell 1 Sammanställning av antal anläggningar i olika älvar med uppgifter tillgängliga avseende modellprestanda, snövattenequivalent, senast datum vid snötäckets kulmination och flödesdimensioneringsklass I-tillrinning.

	Modell- prestanda [antal]	Snövattenequivalent med 30-års återkomsttid [antal]	senast datum vid vilket snötäcket kulminerat [antal]	Flödesdimensioneringsklass I-tillrinning [antal]
Luleälven	6	9	9	9
Skellefteälven	5	11	11	17
Umeälven	3	16	16	18
Indalsälven	-	35	36	41
Lagan	5	-	-	-
Dalälven (Trängslet)	1	1	1	1

4 Modellprestanda

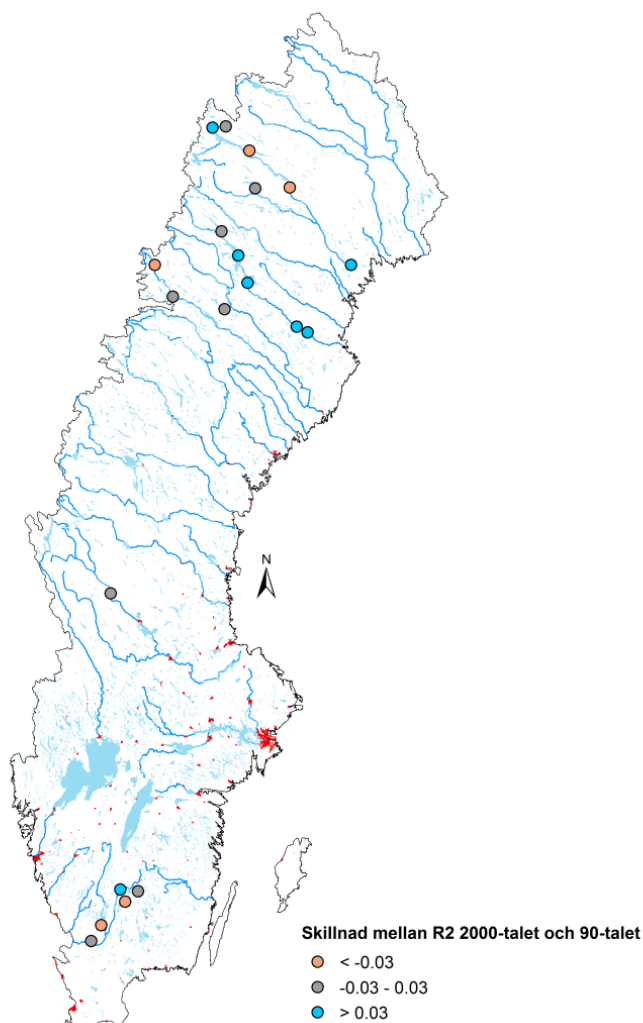
Det finns olika anpassningsmått för att bedöma kvalitén av en kalibrering. Vilka kriterier som används är bl.a. beroende på modellens användningsändamål. För en modell som ska användas för att simulera tillrinningen för dammanläggningar i flödesdimensioneringsklass I är det viktigt att de höga flödestopparna simuleras väl. Men det är också viktigt att flödesvolymen blir så bra som möjligt simulerad. Kalibreringen av en dimensioneringsmodell utförs vanligtvis mot tillrinningen, och förutsätter att vattenstands- och vattenföringsdata finns och är av bra kvalitet för att beräkna den observerade tillrinningen för en anläggning. För de nya dimensioneringsberäkningarna har flera anpassningsmått använts och dokumenterats. För de äldre är det endast ett kriterium som dokumenterats, det så kallade Nash-Sutcliffe-Efficiency (Nash & Sutcliffe, 1970), här benämnt R^2 :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_m^t - Q_o^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - \bar{Q}_o)^2}$$

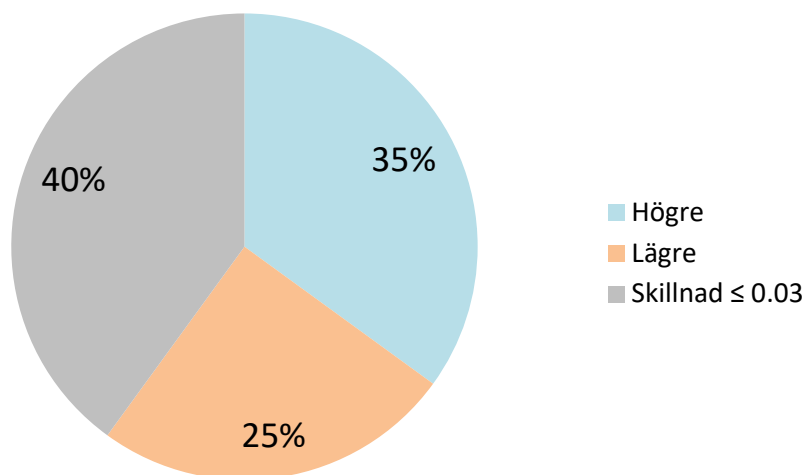
där Q_m^t är modellerad tillrinning och Q_o^t är observerad tillrinning. Ju närmare värdet för R^2 är 1, desto bättre är kalibreringen.

Inget underlag från kalibreringen av den gamla dimensioneringsmodellen för Indalsälven kunde återfinnas. Endast ett fåtal uppgifter för Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Lagan och Dalälven (20 stycken R^2 -värden totalt) återfanns. För de nya dimensioneringsberäkningarna återfanns R^2 -värden för Suorva, Rengård och Vargfors som avser en framkörning av modellen, men inte nödvändigtvis kalibreringsperioden. För Rörvik, Värmeshult, Bolmen och Norekvarn återfanns R^2 -värden som avser simuleringen av vattenföring och för övriga anläggningar R^2 -värden som avser simuleringen av tillrinning.

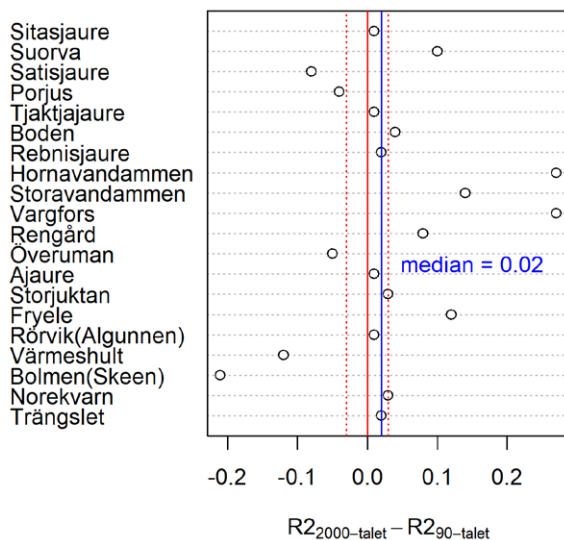
Figur 1 visar för de anläggningar som ingår i studien huruvida kalibreringen/framkörningen var bättre, sämre eller likvärdig i den nya dimensioneringsmodellen jämfört med den gamla. Utifrån de få datapunkterna som ingår i studien kan inga geografiska trender fastslås. Figur 2 visar andelen av förbättrade, försämrade och likvärdiga kalibreringar och det är tydligt att de nya dimensioneringsmodellernas prestanda i stort sett förbättrades eller var likvärdiga jämfört med den för de äldre dimensioneringsmodellerna. Differensen i R^2 mellan de nya och äldre modellerna visas i Figur 3.



Figur 1 Kartan visar om modellernas prestanda (R^2 – värdet) för 20 anläggningar har blivit bättre eller sämre eller är likvärdiga i de gamla jämfört med de nya modellerna. Röda prickar indikerar en försämrad, och blåa en förbättrad, modellprestanda i den nya modellen jämfört med den gamla. Gråa prickar indikerar att skillnaden i R^2 är mindre än ± 0.03 .

Förändring av modellprestanda R^2 (N=20)

Figur 2 Andel anläggningar i procent för vilka R^2 ökade i den nya modellen (blå) eller minskade (röd) jämfört med den gamla, eller för vilka skillnaden i R^2 är mindre än 0.03 mellan de två beräkningsomgångarna (grå).

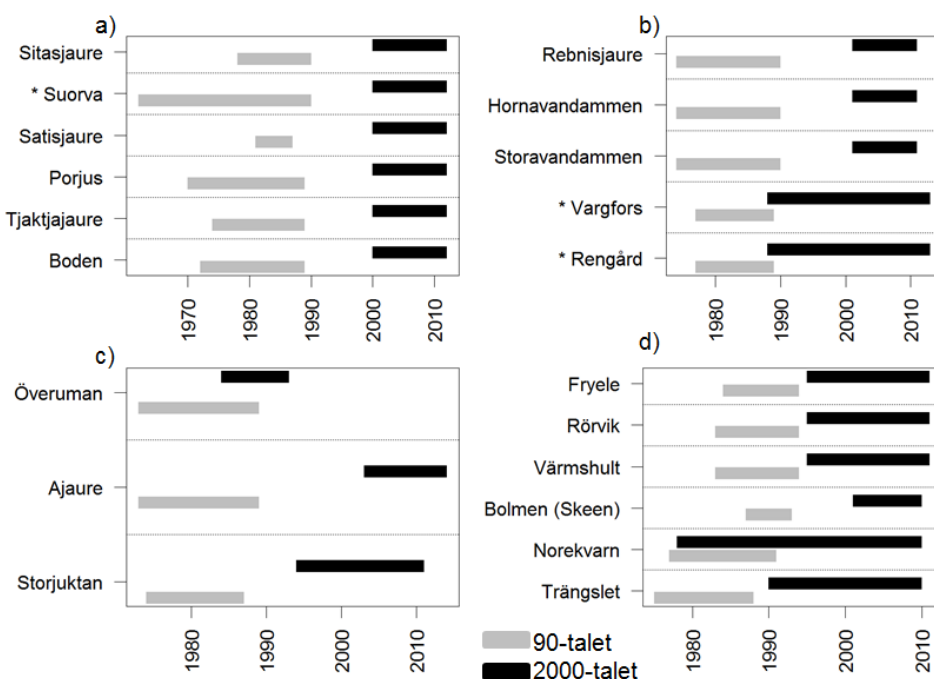
Modellprestanda
Förändring från 90-talet (N=20)

Figur 3 Differensen i R^2 mellan de nya och gamla dimensioneringsmodellerna. Området mellan de två röda streckade linjerna representerar en differens i $R^2 \leq 0.03$. Den röda heldragna linjen visar differensen 0. Den blå heldragna linjen visar medianvärdet av samtliga differenser.

Symboler (cirklar) som ligger på höger sida om den röda linjen, indikerar att R^2 är högre för de nya kalibreringar, d.v.s. att den nya modelluppsättningen simulerar tillrinningen/vattenföringen bättre än den äldre. Symboler (cirklar) som ligger mellan eller på de två röda streckade linjer indikerar att skillnaden i R^2 mellan de

nya och äldre beräkningarna är mindre eller lika med 0.03. Alla datapunkter som representeras av en grå färg i Figur 1 och Figur 2 har erhållit större R^2 -värde för de nya kalibreringarna jämfört med de äldre. Medianen (blå linje i Figur 3) visar att den genomsnittliga R^2 -differensen är 0.02.

Skillnader i R^2 mellan de nya och äldre beräkningarna kan ha många orsaker. För det första skiljer sig kalibreringsperioderna åt, d.v.s. modellparametrar för samma anläggning (se Figur 4) har anpassats till tillrinningsdata från olika tidsperioder. Kalibreringsperioden omfattar vanligtvis ett flertal år direkt innan det år som dimensioneringsmodellen satts upp. Figur 4 visar att det finns några anläggningar där tidsperioden för kalibrering i den gamla respektive nya modellen överlappar varandra (Överuman och Norekvarn, liten överlappning för Vargfors och Rengård). En del i skillnaden i prestanda mellan de gamla och nya modellerna kan bero på att datakvaliteten kan ha förändrats, både gällande kalibreringsdata (tillrinning) och drivdata (nederbörd och temperatur). R^2 -värden för Suorva, Vargfors och Rengård avser en framkörning för 2000-talsmodelluppsättningen. För Fryele, Rörvik, Värmeshult och Norekvarn visas R^2 -värden med avseende på vattenföringen. För alla andra anläggningar avser R^2 -värdet anpassningen till den observerade tillrinningen.



Figur 4 Kalibreringsperioder/Framkörningsperioder i de gamla- (grå linje) och de nya modellerna (svart linje) för a) Luleälven, b) Skellefteälven, c) Umeälven och d) Lagan & Dalälven (Trängslet). * Framkörning

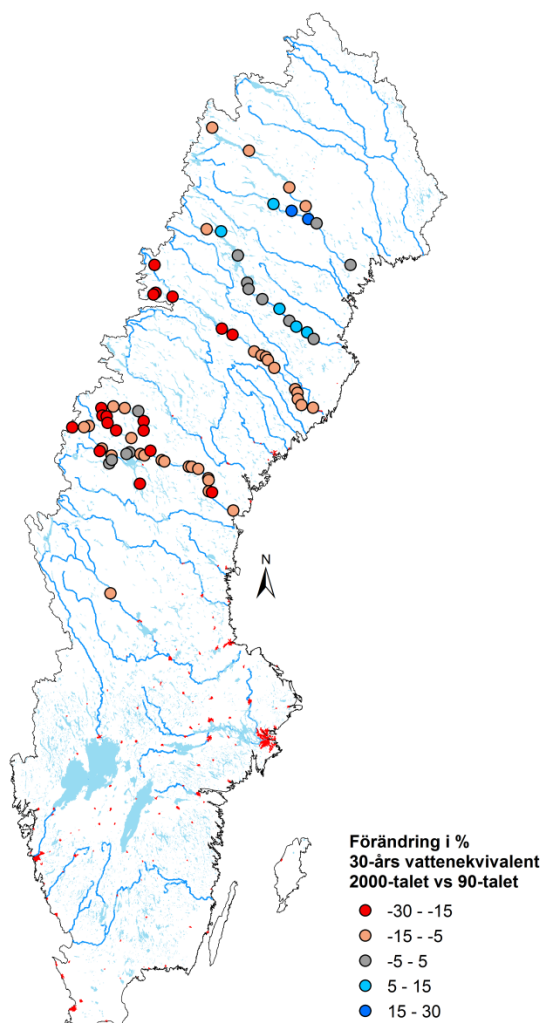
En annan faktor som kan ha bidragit till olika R^2 -värden är att valet av kalibreringsområden mellan de nya och äldre kalibreringarna möjligtvis skiljer sig åt. Övergången från HBV-76 till HBV-96 har också haft påverkan. Som nämnts i avsnitt 1, har användningen av areella indata generellt sett förbättrat

modellresultatet och ändringen av snörutinen/responsfunktionen samt användningen av automatisk kalibrering har också gett en bättre modellprestanda.

5 Starttillstånd

Beräkningen av klass-I-flöden är grundat på att ovanliga hydrologiska händelser inträffar samtidigt. Inför vårfloden är avrinningsområdets totala snömagasin mycket stort och vårfloden startar mycket sent, vilket innebär stor risk för höga temperaturer och stora nederbördsmängder under avsmältningen. I beräkningarnas starttillstånd finns heller inget markvattenunderskott.

Att beräkningarna initieras med ett stort snömagasin åstadkoms genom att modellen startar med en snövattenekvivalent med en storlek som i genomsnitt bara inträffar en gång på 30 år. I figur 5 visas en jämförelse av snöekvivalenten med 30-års återkomsttid mellan den gamla och nya modellen. Uppgifter om snövattenekvivalent är tillgängliga för Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Indalsälven och Trängslet. Återkomsttiden är beräknad genom Gumbelfördelning av serier på snövattenekvivalenternas årsmaximum. Alla år med data som finns i modellerna har använts i beräkningarna, d v s ca 20 år i de gamla modellerna och drygt 50 år i de nya. Uppgifter om snövattenekvivalenten med 30 års återkomsttid saknas för Lagan i de gamla beräkningarna och därför är ingen jämförelse möjlig där. I Figur 5 visas den procentuella skillnaden i snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid mellan de nya och gamla beräkningarna.

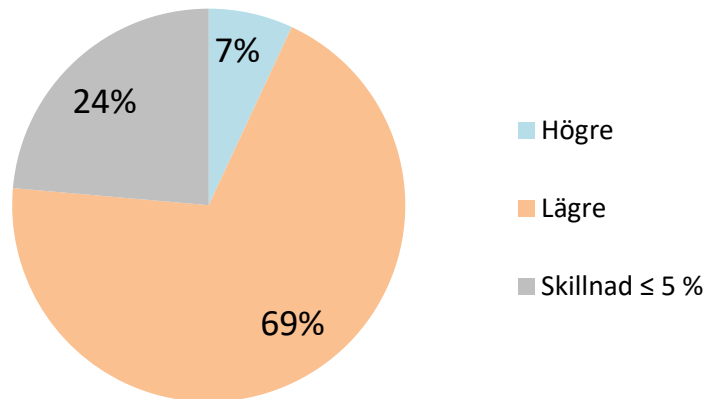


Figur 5 Procentuella skillnader i snövattenekvivalent med 30-års återkomsttid mellan den gamla och nya modellen; blåa symboler (cirklar) indikerar att snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid är större för de nya än för de äldre beräkningarna, medan röda symboler indikerar det motsatta. Gråa symboler visar att skillnaden i snövattenekvivalent mellan nya och äldre beräkningarna är mindre än $\pm 5\%$.

För Luleälven och Skellefteälven är snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid varierande större, mindre, eller oförändrad. För Umeälvens samtliga anläggningar är snövattenekvivalenterna i den nya modellen mindre än i den gamla. Snövattenekvivalenterna i Indalsälvens nya modell är mindre eller oförändrade jämfört med de i den gamla. Även för Trängslet är snövattenekvivalenten i den nya modellen mindre än i den gamla. Observera att snövattenekvivalenten här avser hela uppströmsområdet.

Figur 6 visar hur snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid har förändrats för alla anläggningar i studien (förändringar anges i procentuell andel).

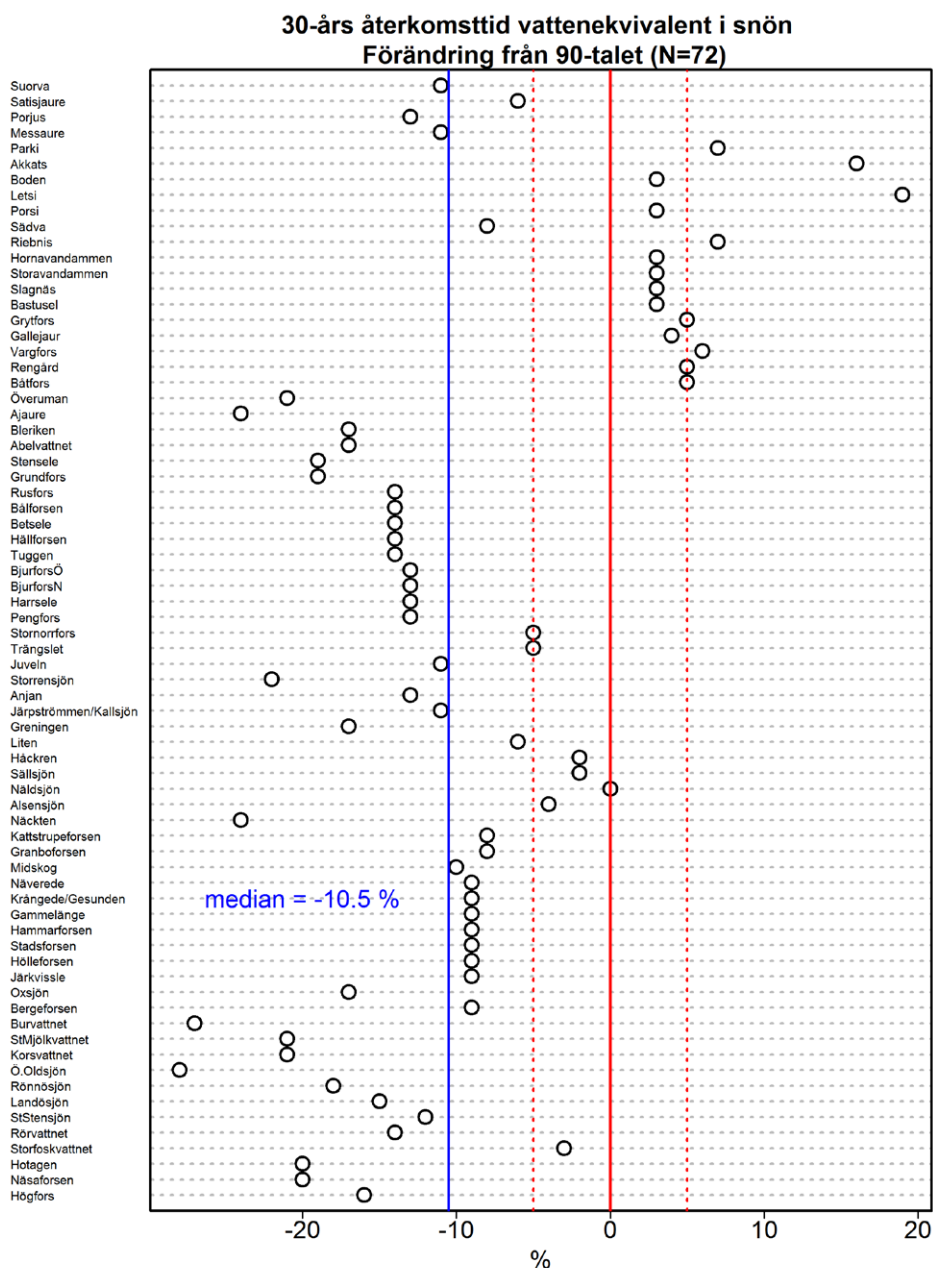
**30-års återkomsttid vattenekvivalent i snön
Förändring från 90-talet (N=72)**



Figur 6 Andel anläggningar i procent för vilka snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid ökat (blå), minskat (röd) eller är relativt oförändrad (grå).

För 69 % procent av anläggningarna (data för 72 anläggningar finns tillgängliga) var snövattenekvivalentens 30-årsvärde lägre i de nya beräkningarna, och för en fjärdedel av anläggningarna var snövattenekvivalenten oförändrad. För endast 7 % hade värdet ökat.

Figur 7 visar procentuella skillnader i snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid för enskilda anläggningar.

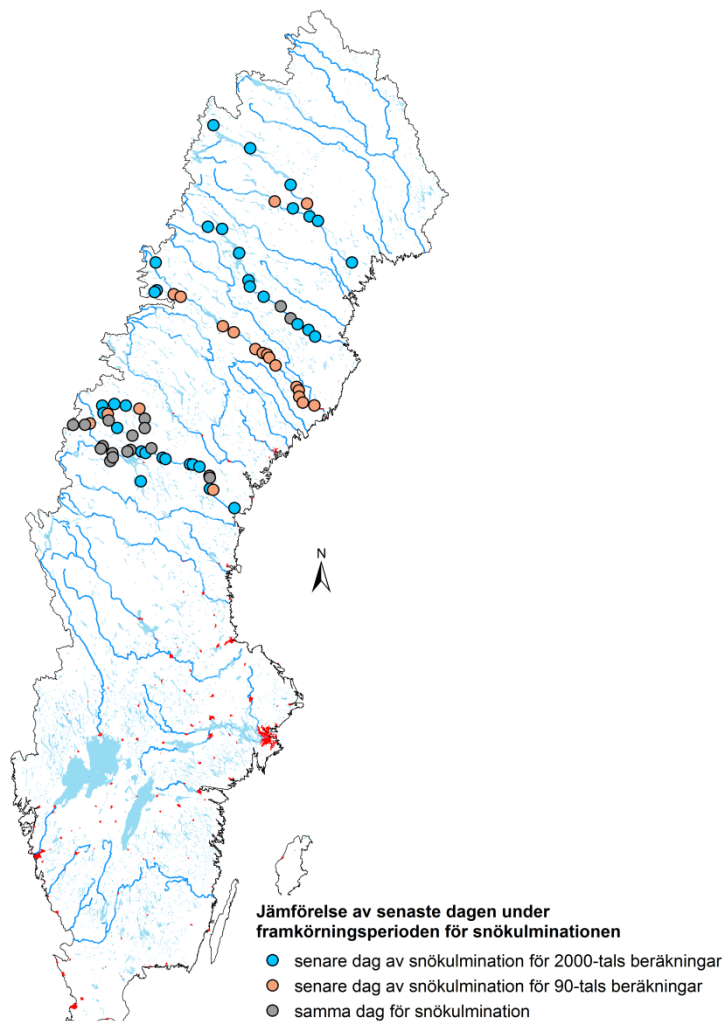


Figur 7 Procentuell skillnad i snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid, jämförelse mellan värden för snövattenekvivalent använda vid gamla och nya beräkningar. Området mellan de röda streckade linjerna indikerar en skillnad mindre än $\pm 5\%$. Den röda heldragna linjen visar skillnaden 0. Den blåa heldragna linjen visar medianvärdet av samtliga differenser.

Om symbolerna (cirklar) ligger till höger av den röda linjen betyder det att värdet i den nya modellen är högre och om den ligger till vänster är värdet lägre. Symboler som ligger mellan de två streckade linjerna indikerar att skillnaden i värdet mindre än $\pm 5\%$. Medianvärdet av skillnaden för samtliga anläggningar är -10.5% , vilket tydligt visar att snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid i genomsnitt är lägre för de nya dimensioneringsberäkningarna jämfört med de äldre. Många anläggningar som ligger geografiskt nära, upp- eller nedströms varandra uppvisar

samma skillnad mellan nya och äldre snövattekvivalenter. Detta eftersom det inte skiljer mycket mellan deras avrinningsområden.

Att vårfloden startar mycket sent åstadkoms i modellberäkningarna genom att identifiera det senaste datumet som snötäcket kulminerat (i denna undersökning i det totala avrinningsområdet) under något av de analyserade åren för respektive anläggning. Startdatumet för modellsimuleringarna för respektive anläggning är satt till dagen efter detta datum. Figur 8 visar hur senaste datum för snövattekvivalentens kulmination (för hela uppströmsområdet) har ändrats för enskilda anläggningar mellan beräkningsomgångarna.



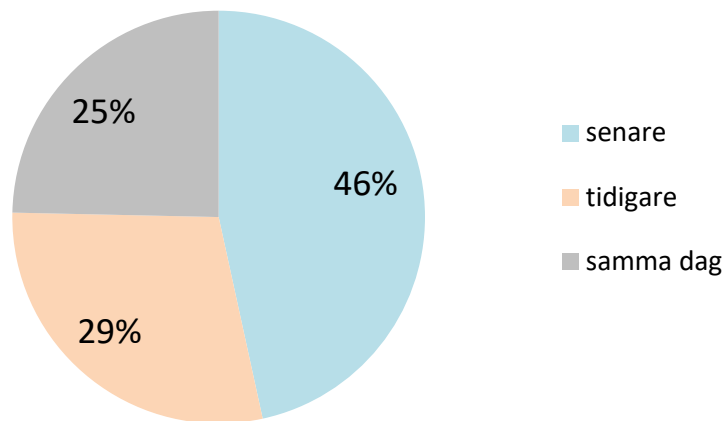
Figur 8 Jämförelse av senaste dagen för snökulmination under framkörningsperioden för dimensioneringsberäkningar utförda i den gamla och i den nya modellen. En senareläggning av dag för snökulmination i den nya modellen indikeras med blå symbol (cirkel). Det motsatta indikeras med röd symbol. Oförändrad dag indikeras med grå symbol.

För majoriteten av anläggningarna i Luleälven och Skellefteälven är datumet för "senaste snökulmination" senare i den nya modellen. För anläggningarna i Umeälven har tvärtom den nya modellen fått ett tidigare datum. För Indalsälven

har majoriteten av anläggningarna ett oförändrat eller senare datum för snökulmination.

I Figur 9 visas hur stor andel totalt av anläggningarna som fått ett senare, samma eller tidigare datum för snömaximum i den nya modellen.

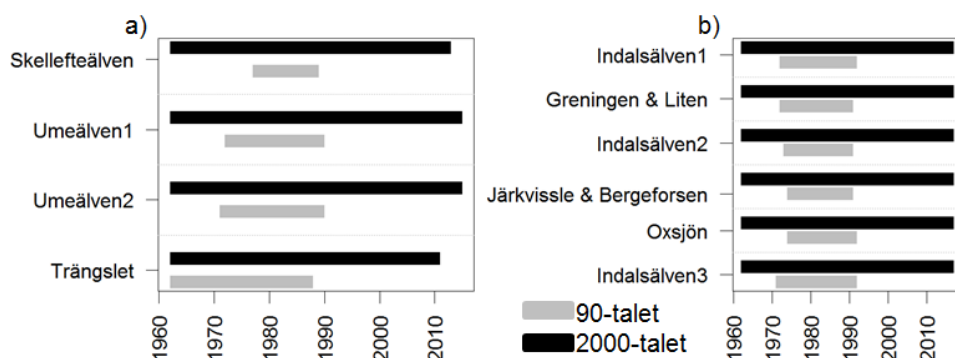
Förändring av senaste datum för snökulmination i den nya jämfört med den gamla modellen (N=73)



Figur 9 Andel anläggningar i procent för vilka senaste dagen av snökulminationen förekommer senare (blå), tidigare (röd) och på samma dag (grå) i den nya modellen jämfört med den gamla.

Det visar sig att nästan hälften av anläggningarna har fått ett senare "senaste kulminationsdatum" i den nya modellen. För nästan en tredjedel av anläggningarna är "senaste kulminationsdatum" tidigare och för en fjärdedel av datumet oförändrat.

Metoden för att beräkna snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid skiljer sig mellan beräkningsomgångarna. Vid den äldre beräkningen av snövattenekvivalent användes stationsdata för nederbörd och lufttemperatur medan areella indata användes för de nya beräkningarna. Med HBV-96 kan snö fördelas olika inom en och samma höjdzon. Kalibreringen påverkar också snövattenekvivalenten eftersom nederbördskorrektioner används vid kalibreringen för att minska volymfelet. Därutöver användes vid de äldre och nya dimensioneringsberäkningarna olika långa tidsperioder med data för att beräkna snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid. De tidsperioder med data som användes vid beräkningarna visas i Figur 10.



Figur 10 Perioder med data som användes vid frekvensanalysen för att bestämma snövattenequivivalenten med 30-årsåterkomsttid för a) Skellefteälven, Umeälven (där Umeälven 1 avser uppströms Stensele och Umeälven 2 avser nedströms Stensele) och Trängslet, och b) Indalsälven (där Indalsälven 1 avser Juveln, Storrensjön, Anjan, Järpströmmen, Näldsjön, Alsensjön, Näckten, anläggningar i Lången, St. Stensjön och Indalsälven 2 avser Häckren, Sällsjön, anläggningar nedströms Storsjön t.o.m. Hölleforsen, samt Indalsälven 3 avser Härkan utom St. Stensjön).

För att bestämma snövattenequivivalenten med 30-årsåterkomsttid användes 50-år av nederbörds- och temperaturdata för de nya beräkningarna. För de äldre beräkningarna användes data från betydligt kortare tidsperioder (se Figur 10). För att undersöka om de olika långa tidsperioderna orsakade att snövattenequivivalenten blev mindre för en tredjedel av anläggningarna för beräkningarna utförda med den nya modellen jämfört med den gamla modellen utfördes komplementerade analyser som visas i kapitel 7.

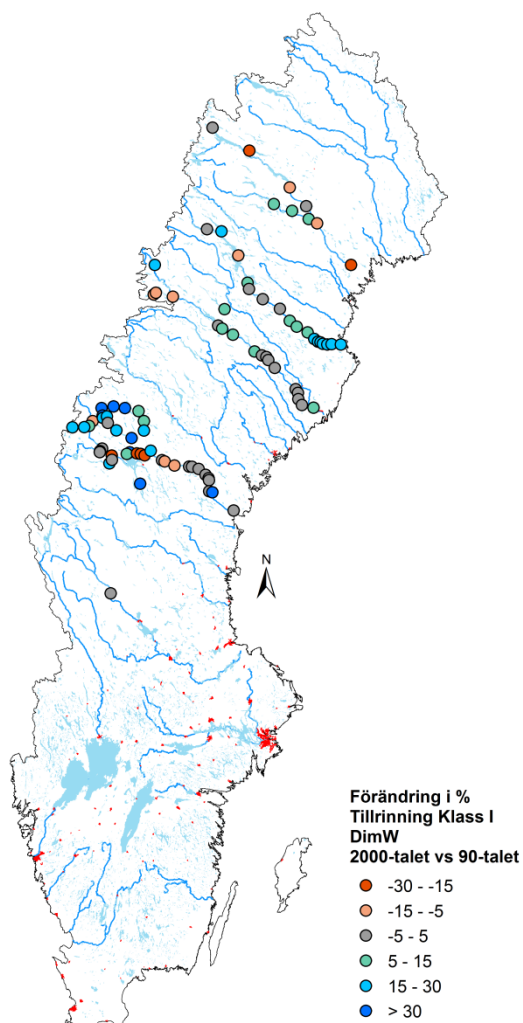
6 Flödesdimensioneringsklass I - tillrinning

Utgående från starttillståndet beräknas flödesdimensioneringsklass I-flöden (för tillrinning). Beräkningen (framkörningen) börjar dagen efter senaste datum vid vilket snötäcket kulminerat under något av framkörningsåren, samt med ett snötäcke som har en snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid. Dessutom har alla magasin ett vattenstånd som bedöms rimlig i förväntan på en kraftig vårflood och markfuktighetsunderskott saknas.

Data från båda beräkningsomgångarna av flödesdimensioneringsklass I-flöden (för tillrinning) finns endast för Luleälven, Skellefteälven, Umeälven, Indalsälven och Trängslet. I det följande jämförs nya och gamla beräkningar för de flödesdimensioneringsklass-I-flöden (tillrinning) som uppstår vid dimensionerade vattenstånd. Det betyder att dessa tillrinningar inte nödvändigtvis är de absolut högsta, utan är de som åtföljer de högsta beräknade vattenstånd som uppstår vid en klass-I-flödesdimensionering. Därutöver redovisas skillnader mellan de två beräkningsomgångarna avseende den totala tillrinningen, med undantag för Båtfors, Finnfors, Granfors, Krångfors, Selsfors, Kvistforsen och Bergsbyn i Skellefteälven. För dessa anläggningar visas skillnader i den lokala tillrinningen (nedströms Bergnäs för alla anläggningar) som uppstår vid dimensionerade vattenstånd.

Inga tillrinningsdata som direkt kan jämföras mellan de två beräkningsomgångarna finns för Lagan. Detta eftersom det är tillrinning som följer av det klass-I-flödesdimensionerande vattenståndet som redovisas för de äldre beräkningarna, medan den absolut högsta tillrinningen vid klass-I-flödesdimensionering redovisas för de nya beräkningarna. För de nya beräkningarna finns dock även det absolut högsta vattenståndet för olika anläggningar i Lagan rapporterat. En jämförelse för Lagans data visar att vattenståndet vid klass I-flödesdimensionering med ett undantag blir lägre för de nya beräkningarna jämfört med de gamla. Samtidigt blir tillrinningarna vid klass I-flödesdimensionering erhållna från de nya beräkningarna alltid högre än tillrinningarna erhållna från de äldre beräkningarna vid dimensionerande vattenstånd.

En jämförelse av tillrinningen vid dimensionerade vattenstånd mellan de äldre och nya beräkningarna visas i Figur 11. Totalt finns tillrinningsdata från 86 anläggningar som kan jämföras.

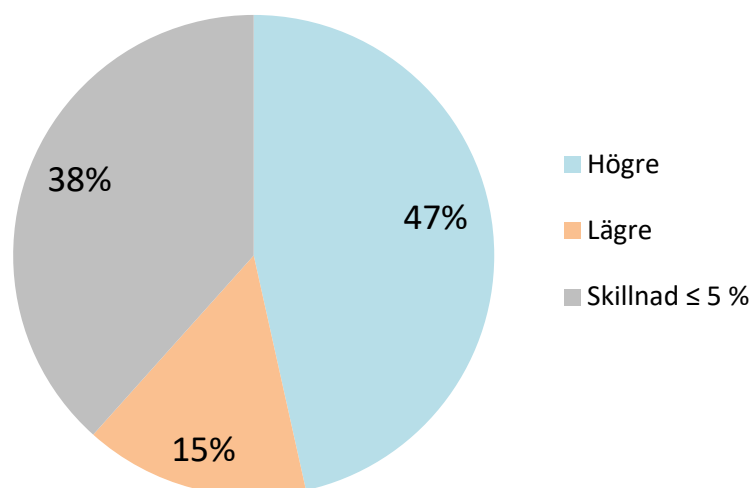


Figur 11 Procentuell förändring av tillrinningen vid klass I-flödesdimensionerade vattenstånd mellan nya och äldre beräkningar. Tillrinningen vid klass I-flödesdimensionering erhållen från nya beräkningar är lägre än (röda färger), högre än (blåa färger), eller skiljer sig mindre än 5 % från äldre beräkningar.

Blåa symboler (cirklar) indikerar att tillrinningen är större för de nya beräkningar, medan röda symboler indikerar att den är mindre. Gråa symboler indikerar att skillnaden i tillrinning mellan de nya och gamla beräkningarna är mindre än $\pm 5\%$. Det visar sig att tillrinningen erhållen från de nya beräkningarna blir större, mindre, eller oförändrad för Luleälven, Skellefteälven, Umeälven och Indalsälven. Inget geografiskt mönster är synligt. Tillrinningen till Trängslet visar att skillnaden mellan de nya och gamla beräkningarna är små, d.v.s. mindre än 5 %. De största procentuella skillnaderna finns i Indalsälven. Det visar sig att de nya dimensioneringsberäkningarna kan ha en mer än 30 % större tillrinning jämfört med de äldre beräkningarna.

En sammanfattning och generell bild av skillnader i tillrinningen mellan de två beräkningsomgångar presenteras i Figur 12.

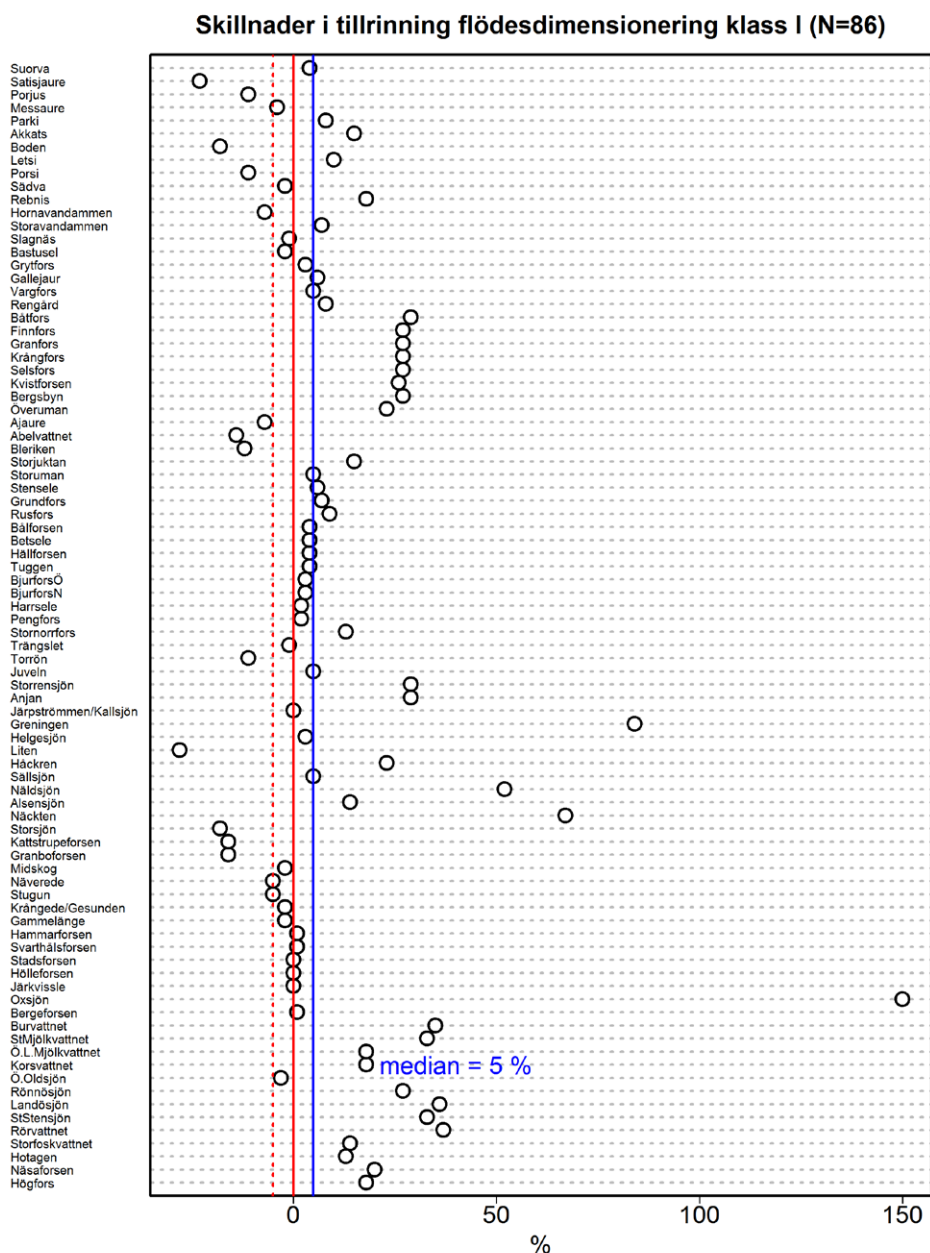
**Tillrinning flödesdimensioneringsklass I
Förändring från 90-talet (N=86)**



Figur 12 Andel anläggningar i procent för vilka tillrinningen vid klass I-flödesdimensionerade vattenstånd är högre (blå), lägre (röd) eller har en skillnad $\pm 5\%$ (grå) för nya jämfört med äldre dimensioneringsberäkningar.

Det visar sig att 85 % av alla 86 anläggningar har en högre eller oförändrad tillrinning vid klass I-flödesdimensionerande vattenstånd medan 15 % av alla anläggningarna har en lägre tillrinning för de nya beräkningarna jämfört med de äldre beräkningarna.

Procentuell skillnaden i tillrinning för nya och äldre beräkningar för varje anläggning visas i Figur 13. Den röda linjen indikerar 0 och de röda streckade linjerna (en skymd av medianlinjen) visar skillnader $\pm 5\%$ mellan de nya och äldre tillrinningsberäkningarna. Den blåa linjen visar medianvärdet.

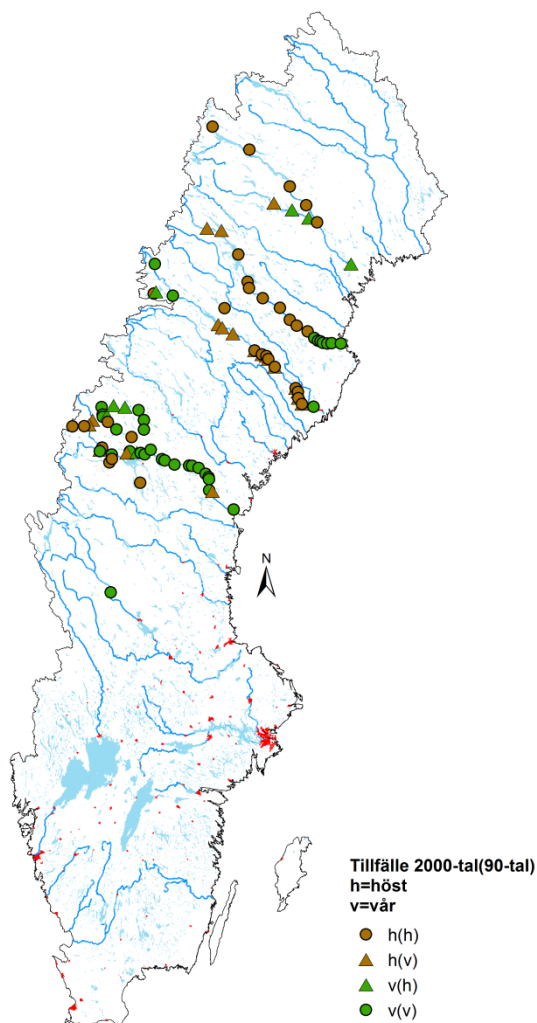


Figur 13 Procentuell skillnad i tillrinning vid klass I-flödesdimensionerande vattenstånd mellan de nya och äldre simuleringar. Den blåa heldragna linjen visar medianvärdet. Området mellan de röda streckade linjerna (en streckad linje täcks av den blå heldragna linjen) visar skillnaden mindre än ± 5 %.

Det visar sig att skillnader i tillrinning varierar stort mellan de nya och äldre beräkningarna (Figur 13). För Nälidsjön, Näckten, Greningen och Oxsjön är tillrinningen beräknad med den nya modellen mer än 50 % större än tillrinningen beräknad med den äldre modellen. Den största skillnaden mellan dimensioneringsberäkningarna uppvisas av Oxsjön som har en 150 % större tillrinning vid den nya beräkningen jämfört med vid den äldre. Figur 13 visar även att skillnaden i tillrinning är likartad för många anläggningar som ligger efter

varandra (t.ex. Båtfors, Finnfors, Granfors, Krångfors, Selsfors, Kvistforsen och Bergsbyn). Även om skillnaden i tillrinning kan vara stor för en anläggning, så visar medianvärdet att tillrinningen erhållna från de nya beräkningarna i genomsnitt är +5 % större än från de äldre beräkningarna.

Tiden på året som det dimensionerade flödet inträffar ger indikationer om vad som orsakat flödet. Ett hösttillfälle är främst orsakat av nederbörd medan ett vårtillfälle kan vara orsakat av snö, nederbörd eller en kombination av båda. Ett hösttillfälle beskriver en dimensionerande tillrinning som inträffar efter den 1:e augusti, medan ett vårtillfälle inträffar innan den 1:e augusti. Huruvida tidpunkten för det dimensionerande tillfället rädrats eller inte visas i Figur 14.



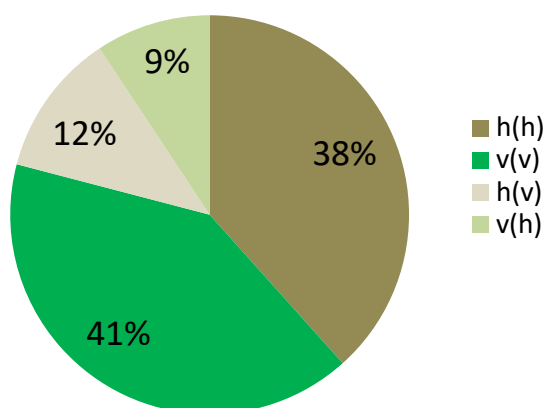
Figur 14 Jämförelse av tillfälle då dimensionerande tillrinning inträffar. Hösttillfällen betyder att den dimensionerande tillrinningen inträffar efter den 1:e augusti. Vårtillfället betyder att den dimensionerande tillrinningen inträffar innan den 1:e augusti. En cirkel indikerar att tillfället inte har ändrats. En triangel indikerar att tillfället har ändrats mellan de nya och äldre beräkningarna. Brun färgen indikerar ett hösttillfälle för de nya beräkningarna medan grön färg indikerar ett vårtillfälle.

För Skellefteälven dominerar hösttillfällena för både de nya och äldre beräkningarna, men hösttillfällena är fler för de äldre beräkningarna jämfört med

de nya. För Skellefteälven är tidpunkten för det dimensionerande tillfället för de flesta anläggningarna oförändrad. Samtidigt är det tydligt att anläggningarna som ligger längst nedströms i älven är karakteriserade av vårtillfällen medan anläggningarna som ligger uppströms är mest karakteriserade av hösttillfällen. För Umeälven dominerar också hösttillfällena över vårtillfällena. Vårtillfällena förekommer bara längst upp i älven och längst ner i älven. För Indalsälven är tidpunkten för det dimensionerande tillfället för de flesta anläggningarna oförändrat mellan nya och äldre beräkningar. Mest i uppströmsområdet finns förändringar från hösttillfälle till vårtillfälle och vice versa. Både nya och äldre dimensioneringsberäkningar visar på att det dimensionerande flödet för Trängslet inträffar under våren.

En översikt av förändringen av vår- och hösttillfällen mellan nya och gamla dimensioneringsberäkningar presenteras i Figur 15.

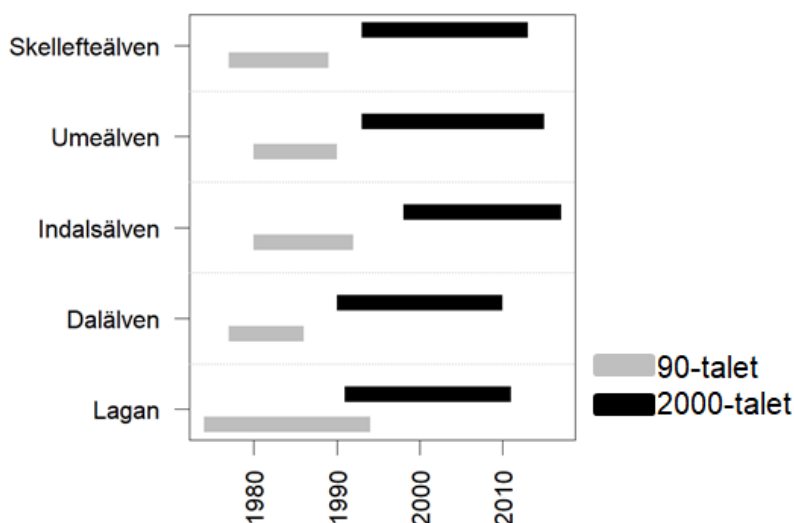
**Förändring av flödestillfällen
2000-talet(90-talet) (N=86)**



Figur 15 Procentuell förändring i tillrinningstillfälle för anläggningarna. Jämförelse mellan nya och äldre beräkningar; hösttillfälle för både nya och äldre beräkningar (mörk brun), vårtillfälle för både nya och äldre beräkningar (mörk grön), hösttillfälle för nya beräkningar och vårtillfälle för äldre beräkningar (ljus brun), vårtillfälle för nya beräkningar och hösttillfälle för gamla beräkningar (ljus grön). Dimensionerande tillrinning som inträffar innan 1:e augusti definieras som ett vårtillfälle, medan efter den 1:e augusti definieras som ett hösttillfälle.

Figur 15 visar att karaktären av tillfället för ungefär tre fjärdedelar av de totalt 86 anläggningarna inte har ändrat sig mellan de nya och äldre dimensioneringsberäkningarna. Dessutom är den andel av anläggningarna som har haft ett dimensionerande vårtillfälle lika stor som den andel som haft ett hösttillfälle för både de äldre och de nya beräkningarna (vardera ~40 %). Det är ungefär samma andel anläggningar som har haft ett vårtillfälle enligt de nya beräkningarna och ett hösttillfälle enligt de äldre beräkningarna som den andel som har haft ett hösttillfälle enligt de nya beräkningarna och ett vårtillfälle enligt de nya beräkningarna (vardera ~10 %).

Det finns många faktorer som skiljer sig mellan de gamla och nya dimensioneringsberäkningarna. Delvis fanns redan skillnader under kalibreringsprocessen som sedan kan ha påverkat simuleringen av tillrinningen: kalibreringsparametrar, kalibreringsområden, kalibreringsperioder, val av indata (stationsdata eller areella indata), samt den automatiska kalibreringen med toppfelsvikt. Dessutom är det ändringarna i olika modellrutiner, t.ex. responsfunktionen, snörutinen, och evaporationsrutinen som tillämpas i HBV-96. Även dimensioneringsperioderna skiljer sig mellan de två beräkningsomgångarna, se Figur 16.

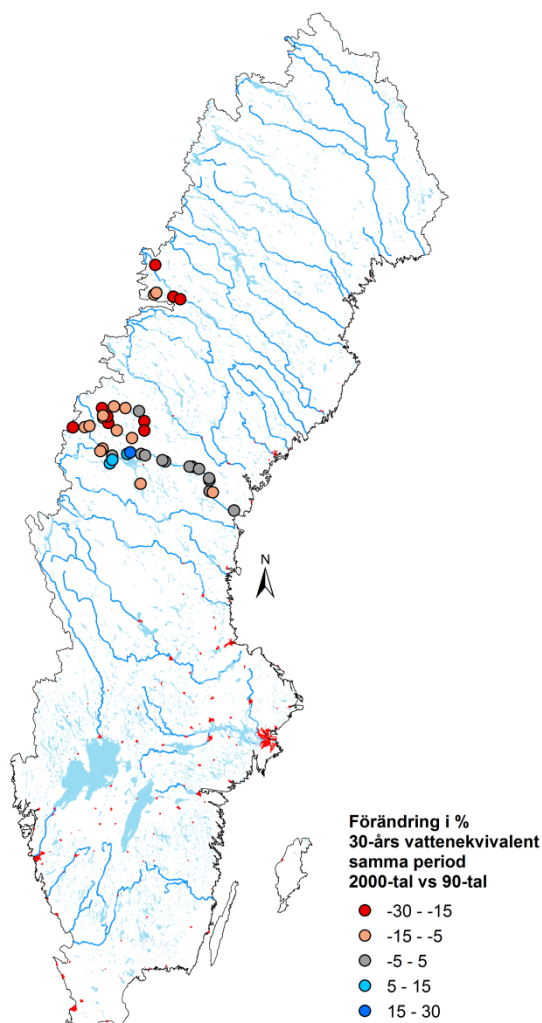


Figur 16 Tidsperioder som användes för de nya och gamla dimensioneringsberäkningarna.

Utöver nämnda faktorer kan det inte uteslutas att anläggningarna har byggts om med förändrade magasinvolym och avbördningskapacitet som följd. Även ändrade regleringsrutiner kan ha bidragit till skillnader i tillrinningen i flödesdimensioneringsklass I vid dimensionerande vattenstånd.

7 Starttillstånd - ytterligare analyser

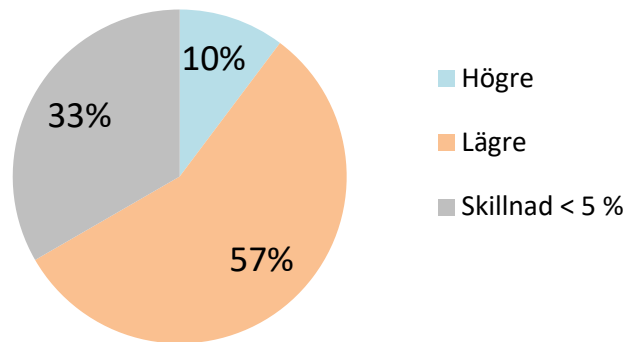
För att eliminera den potentiella inverkan som tillämpning av olika tidsperioder (beräkningsperioder) kan ha på resultatet för snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid vid de nya och äldre dimensioneringsberäkningarna, genomfördes nya beräkningar för komma till rätta med detta. Tidsperioden som valdes var den som användes för de äldre dimensioneringsberäkningarna. Detta eftersom den är kortare än tidsperioden som användes för de nya dimensioneringsberäkningarna. Dock beräknades även snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid på nytt för gamla dimensioneringsberäkningar eftersom valet av parameter som användes för anpassning till Gumbelfördelningen kan påverka resultatet. För att beräkna snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid behövs information om årliga maximala snövattenekvivalenter. Den informationen fanns bara tillgänglig för Indalsälven samt några få anläggningar i Umeälven för de gamla modelluppsättningarna. Skillnader i snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid (omräknat för samma tidsperiod) för äldre och nya dimensioneringsberäkningar visas i Figur 17.



Figur 17 Procentuell förändring i snövattenequivalenten med 30-årsåterkomsttid vid användning av samma beräkningsperiod vid tillämpning av nya och äldre modelluppsättning. Tillrinningen i flödesdimensioneringsklass I är lägre (röda färger), högre (blåa färger), eller skiljer sig mindre än 5 % vid tillämpning av den nya modelluppsättningen jämfört med den gamla.

Det visar sig för anläggningarna i Umeälven att snövattenequivalenten med 30-årsåterkomsttid är lägre för den nya modelluppsättningen jämfört med den äldre om beräkningsperioden överensstämmer. För anläggningarna i Indalsälven är resultat blandat med högre, mindre och oförändrade värden för snövattenequivalenten med 30-årsåterkomsttid. En översiktlig bild av förändringen av snövattenequivalenten med 30-årsåterkomsttid då samma beräkningsperiod tillämpas för nya och gamla modelluppsättning presenteras i Figur 18.

Vattenekvivalent av snön med 30-års återkomsttid
Samma period
Förändring från 90-talet (N=39)

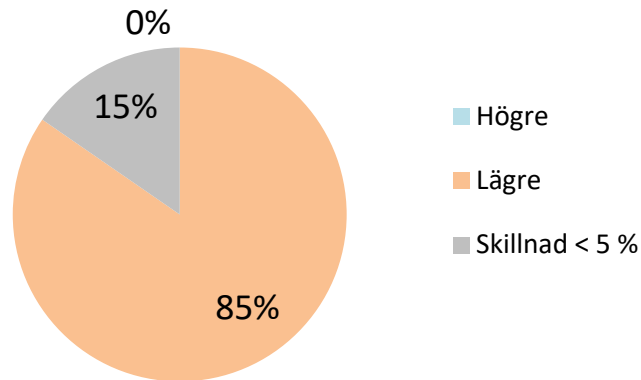


Figur 18 Andel anläggningar i procent för vilka snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid blev högre (blå), lägre (röd) eller oförändrad (grå) vid tillämpning av den nya modelluppsättningen jämfört med den gamla och vid val av samma beräkningsperiod.

För ungefär 60 % av de 39 anläggningarna i Umeälven och Indalsälven blev snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid lägre vid tillämpning av den nya modelluppsättningen, om samma beräkningsperiod användes. För en tredjedel av alla anläggningar är skillnaden mindre än +/- 5%. För 10 % av anläggningarna är snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid högre vid tillämpning av den nya modelluppsättningen jämfört med den gamla.

Figur 19 (grundat på data från Figur 5) ger en översikt av skillnader i snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid för anläggningarna i Figur 18 vid tillämpning av de (skilda) beräkningsperioder som ursprungligen användes vid nya och äldre dimensioneringsberäkningar.

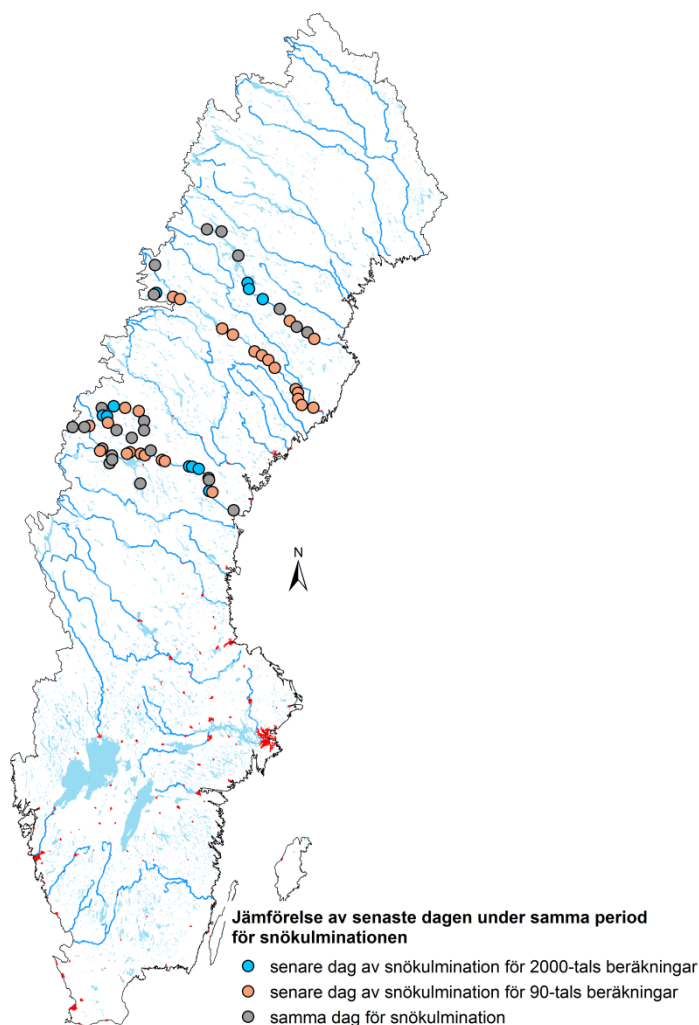
Vattenekvivalent av snön med 30-års återkomsttid
Olika perioder
Förändring från 90-talet (N=39)



Figur 19 Andel anläggningar i procent för vilka snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid blev högre (blå), lägre (röd) eller oförändrad (grå) för nya dimensioneringsberäkningar jämfört äldre (ursprungliga beräkningsperioder skiljer sig åt mellan dimensioneringarna).

En jämförelse mellan resultaten i Figur 18 och Figur 19 visar beräkningsperiodens påverkan på snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid. Beräkningsperioden för nya dimensioneringsberäkningar startade på 1960-talet och slutade på 2010-talet (se Figur 10). Användning av denna beräkningsperiod ger en ökad andel anläggningar som har en lägre snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid jämfört med den kortare beräkningsperioden som användes för äldre dimensioneringsberäkningar.

Även för senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar gjordes en jämförelse mellan resultatet från de äldre och nya modelluppsättningarna vid användning av samma beräkningsperiod. Tidsperioden som användes var den som användes för framkörning av snö vid de äldre dimensioneringsberäkningarna. Data fanns bara tillgängliga för anläggningarna i Skellefteälven, Umeälven och Indalsälven. Huruvida senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar beräknat med ny modelluppsättning jämfört med äldre (vid användning av samma beräkningsperiod) infaller senare, tidigare eller på samma dag visas i Figur 20.

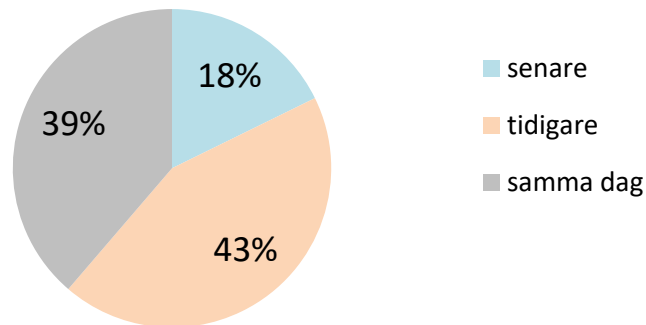


Figur 20 Jämförelse mellan senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar för de äldre och de nya modelluppsättningarna vid användning av samma beräkningsperiod. En senareläggning av datumet vid vilket snötäcket kulminerar för nya modelluppsättningen jämfört med den äldre modelluppsättningen indikeras med blå symbol (cirkel). En senareläggning av datum för äldre modelluppsättning jämfört med den nya visas med röd cirkel. Ett oförändrat datum indikeras med en grå cirkel.

För Skellefteälven och Indalsälven inträffar senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar senare, tidigare eller på samma dag vid användning av nya modelluppsättningen jämfört med den gamla. För områden i Umeälven som ligger högst upp i avrinningsområdet är det ingen skillnad mellan resultatet från de äldre och de nya modelluppsättningarna. För resten av anläggningarna inträffar senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar senare vid användning av den äldre modelluppsättningen jämfört med den nyare.

Figur 21 ger en översikt av förändringar i datum vid vilket snötäcket kulminerar för anläggningarna, huruvida datum erhållet med den nya modelluppsättningen infaller senare, tidigare eller på samma dag jämfört med för den äldre modelluppsättningen vid användning av samma beräkningsperiod.

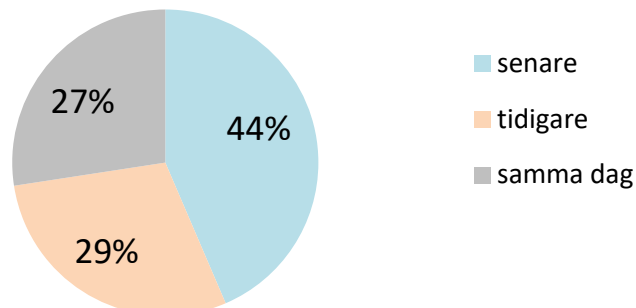
Förändring i senaste dagen av snökulmination
Förändring i förhållande till 90-talet
- Samma period (N=62)



Figur 21 Andel anläggningar i procent för vilka senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar infaller senare (blå), tidigare (röd) eller på samma dag (grå) vid tillämpning av den nya modelluppsättningen jämfört med den äldre och vid användning av samma beräkningsperiod.

För ungefär en lika stor andel anläggningarna kommer senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar infalla på samma dag eller tidigare för vid användning av den nya modelluppsättningen jämfört med den äldre. För 18 % av anläggningarna infaller datumet senare vid användning av nya simuleringar jämfört med gamla. I Figur 22 visas en jämförelse av senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar för de ny och äldre dimensioneringsberäkningarna vid användning av de ursprungliga (skilda) beräkningsperioderna (tidsperioderna visas i Figur 10). Samma anläggningar beaktas i Figur 21 och Figur 22.

Förändring i senaste dagen av snökulmination
Förändring i förhållande till 90-talet
- Olika perioder (N=62)

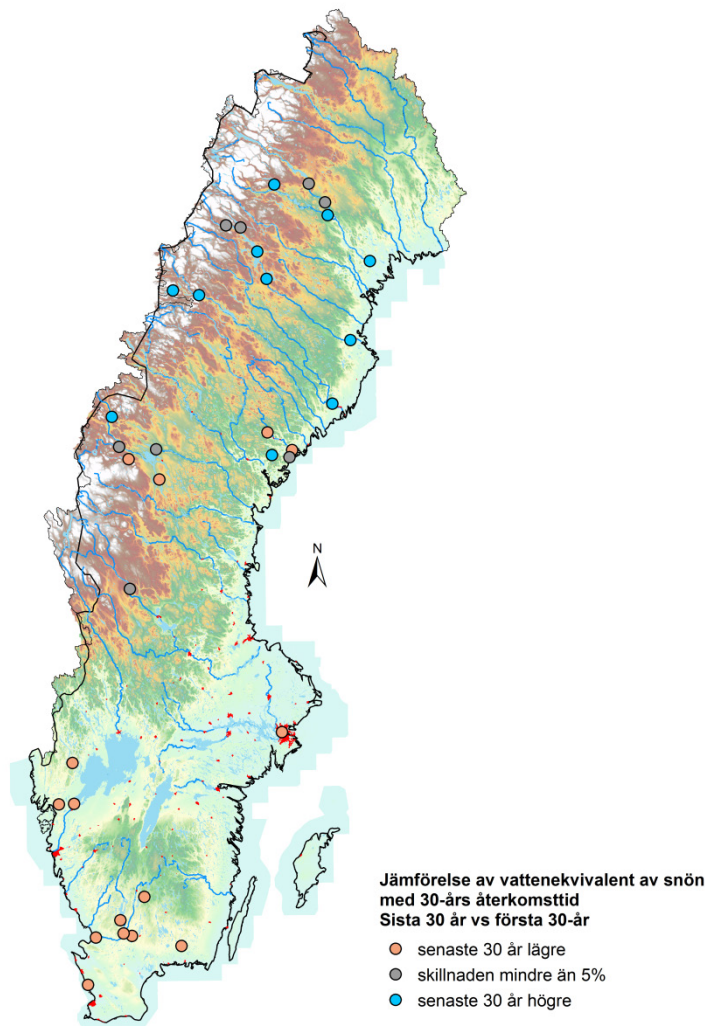


Figur 22 Andel anläggningar i procent för vilka senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar infaller senare (blå), tidigare (röd) eller på samma dag (grå) för nya jämfört med äldre dimensioneringsberäkningar vid användning av ursprungliga (skilda) beräkningsperioder (se Figur 10).

Det visar sig att användning av ursprunglig (skilda) beräkningsperioder resulterar i att en ökad andel anläggningar som erhåller ett senare datum vid vilket snötäcket kulminerar för nya beräkningarna jämfört med gamla (44 % vs 18 % vid användning av samma beräkningsperiod för båda modelluppsättningarna). Andelen anläggningar som har samma datum eller ett tidigare datum är däremot ungefär densamma (27 % och 29 %) för de två dimensioneringsomgångar (vid användning av de ursprungliga skilda beräkningsperioderna) det observerades också när senaste snökulminations dag under samma period undersöktes. Om förskjutningen till flera anläggningar med en senare dag av snökulminationen för de nya beräkningarna för olika långa perioder beror på att en tidigare eller en senare tidsperiod ingår är inte känt.

För att få en bättre förståelse hur valet av beräkningsperioden påverkar snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid och senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar genomfördes ytterligare analyser som enbart tog hänsyn till starttillståndsberäkningar utförda med den nya modelluppsättningen. Framkörningsperioden delades upp i två 30-års perioder (härefter kallat första 30 år och senaste 30 år). Om det inte fanns 60 år av data beräknades snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid och senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar för de första respektive för de senaste 30 åren, vilket gör att vissa år ingick i båda 30-årsperioderna. För analysen valdes ett 30-tal anläggningar från hela Sverige ut.

Skillnader i snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid mellan de första och sista 30 år för anläggningar i Sverige visas i Figur 23. Anläggningarna som valdes är utspridd över hela Sverige för att ge ett större underlag och en större geografiskt spridning.



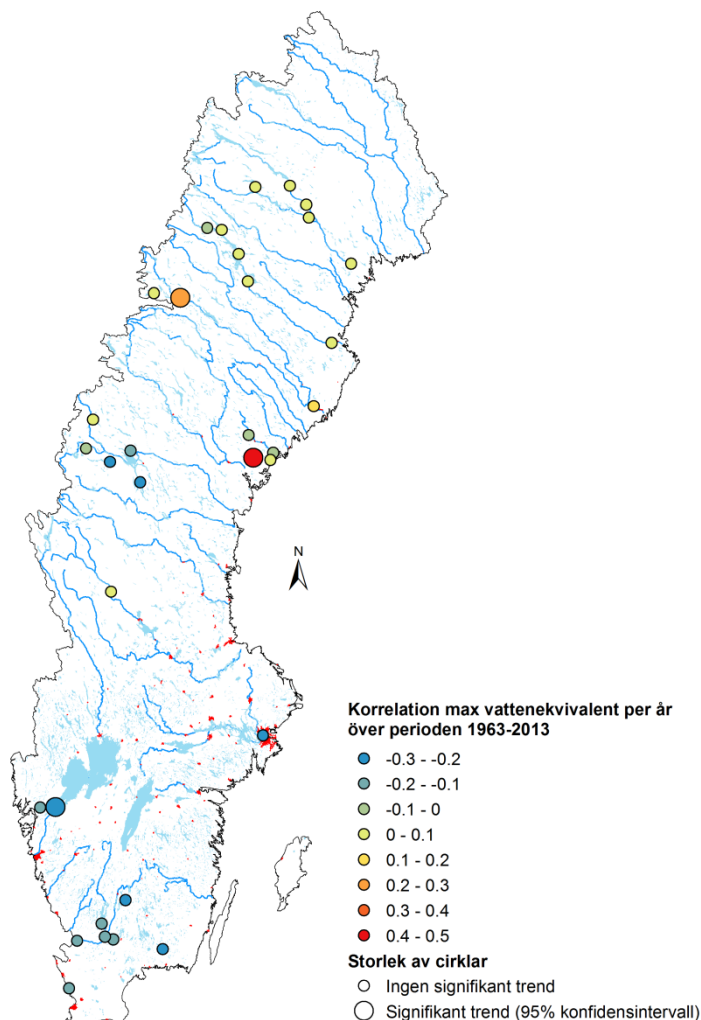
Figur 23 Skillnader i snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid för beräkningar av de första 30 år jämfört med de senaste 30 år.

Anläggningarna i södra Sverige uppvisar en mindre snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid för de senaste 30 åren jämfört med de för de tidigare 30 åren. Skillnaderna i snövattenekvivalent erhållna för anläggningarna som ligger omkring Kramfors latitud och omkring Storsjön visar inget tydligt mönster. Det finns anläggningar uppvisar en högre, mindre eller oförändrad snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid för de första jämfört med senaste 30 år. Anläggningarna som ligger norr om Umeå har en högre snövattenekvivalent eller skillnad mindre än 5 % för de senaste 30 år jämfört med de första 30 år.

Inget cirkeldiagram visas för att sammanfatta resultat från Figur 23 eftersom det geografiska läget verka vara avgörande för hur snövattenekvivalenten förändras mellan de två 30-årsperioderna. Denna information skulle inte vara synbar i cirkeldiagrammet och därmed riskera leda till att felaktiga slutsatser dras.

Snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid beräknas genom frekvensanalys av årshögsta snövattenekvivalenter. En trendanalys av årshögsta snövattenekvivalent under perioden 1963-2013 genomfördes. Dessutom undersöktes om observerad

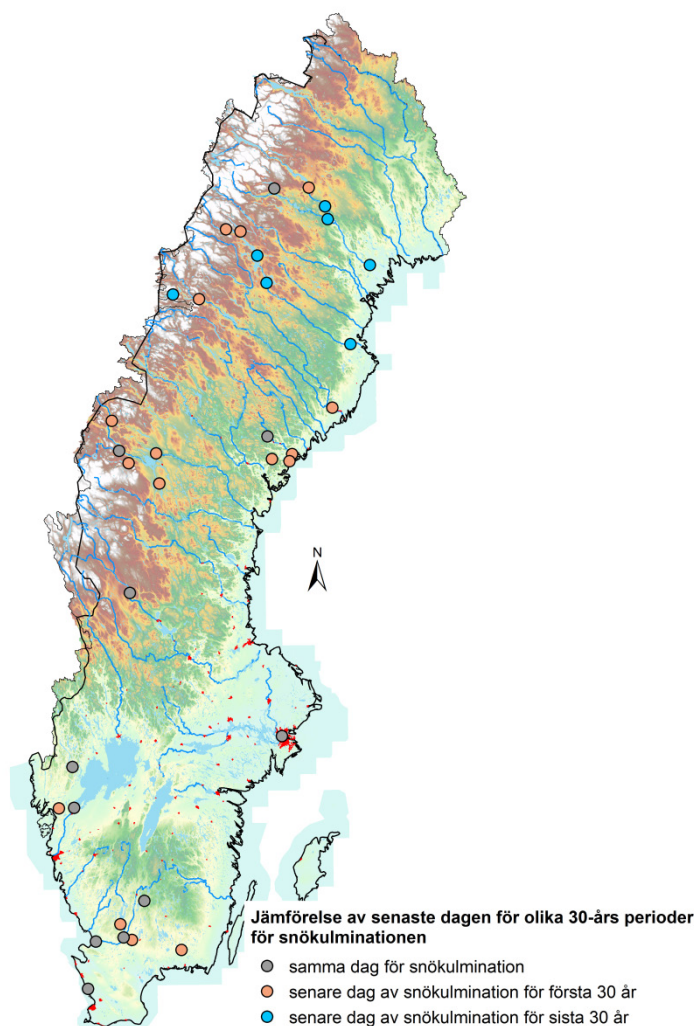
trend var signifikant (med 95 % konfidensintervall). Resultatet av trendanalysen visas i Figur 24.



Figur 24 Resultat från trendanalys av årshögsta snövattenekvivalent under perioden 1963-2013. En minskning av den maximala snövattenekvivalenten under perioden indikeras genom gröna och blåa färger. En ökning av den maximala snövattenekvivalenten under perioden indikeras genom gula, orange och röda färger. Små symboler (cirklar) betyder att trenden inte är signifikant, medan stora cirklar betyder att trenden är signifikant.

I södra Sverige observeras en negativ trend i den maximala snövattenekvivalenten under perioden 1963-2013. Detta stämmer överens med resultatet i Figur 23. Snövattenekvivalenten med 30-årsåterkomsttid är mindre för de senaste 30 år jämfört med de första 30 år. Samtidigt uppvisas en positiv trend i maximal snövattenekvivalent för den norra delen av Sverige och som också återspeglas i en högre snövattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid för de senaste 30 år jämfört med de första 30 år (se Figur 23). Hursomhelst visar Figur 24 att de flesta trender inte är signifikanta. Det är endast 3 utav 33 anläggningar som uppvisar en signifikant trend.

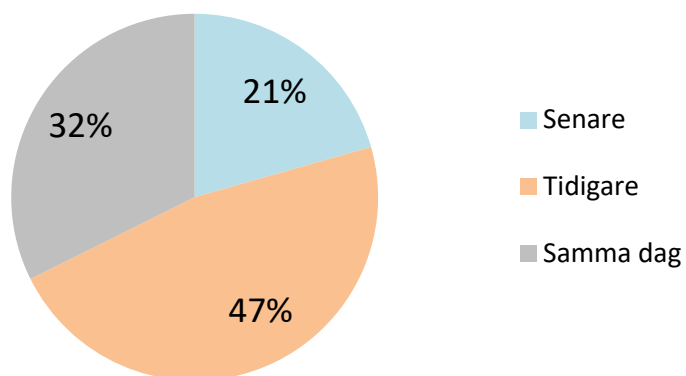
Skillnader i senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar mellan de första och sista 30 år för anläggningarna över hela Sverige visas i Figur 25.



Figur 25 Jämförelse av senaste datum vid vilket av snötäcket kulminerar mellan de första och senaste 30 åren.

Söder om Kramfors är senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar oförändrat eller senare för de första 30 år jämfört med de sista 30 år. Norr om Kramfors latitud kan senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar vara oförändrat, senare, eller tidigare för de senare 30 år. Geografiska trender är inte tydliga såsom i Figur 23. Det är dock värt att notera att senareläggning av senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar endast uppvisas i norra delen av Sverige vid jämförelse av värden från de sista och första 30 åren. En sammanfattning av andelen anläggningar i procent som har ett senare, tidigare eller oförändrat senaste datum vid vilken snötäcket kulminerar vid jämförelse av de två 30-årsperioderna visas i Figur 26.

Senaste kulmination
Förändring från första 30-år (N=34)



Figur 26 Andel anläggningar i procent för vilka senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar infaller senare (blå), tidigare (röd) eller på samma dag (grå) för den senaste jämfört med de första 30-årsperioden.

Den största andelen (47 %) av anläggningarna uppvisar ett tidigare senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar för den senaste 30-årsperioden jämfört med den första, följt av en stor andel anläggningar (32 %) som uppvisar ett oförändrat datum. För 21 % av anläggningarna inträffar senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar senare för de senaste 30 åren jämfört med för de första 30 åren.

8 Slutsatser

Skillnader i resultaten mellan beräkningarna som är utförda under 1990-talet och 2000-talet varierar. För några anläggningar är skillnader små eller obefintliga medan skillnader är stora för andra anläggningarna. Även om skillnader för en parameter kan vara små kan de vara stora för en annan parameter. T.ex. skiljer sig snövattekvivalenten för Håckren med -2 % mellan de gamla och nya beräkningarna, fast tillrinningen vid dimensionerade vattenståndet skiljer sig med +23%. Det är många faktorer och förutsättningar som samtidigt har ändrat sig mellan de gamla och nya beräkningarna som gör det omöjligt att dra slutsatser om vad skillnaderna beror på, utan ett omfattande jämförelsearbete för den enskilda anläggningen och uppströms anläggningar.

Syftet med projektet var att undersöka om det finns systematiska skillnader mellan de nya och gamla beräkningarna. Detta kunde inte fastställas. Även om tre fjärdedelar av anläggningarna har haft ungefär samma eller bättre modellprestanda för de nya beräkningarna jämfört med de gamla, blev för en fjärdedel av anläggningarna modellprestandan sämre. För vattenekvivalenten av snön med en återkomsttid av 30-år beräknad för samma tidsperiod är för majoriteten av anläggningarna vattenekvivalenten mindre för de nya beräkningarna, men för 43 % är det likadant eller större. Dagen för senaste snökulminationen visar inte heller någon systematisk skillnad mellan de nya och gamla beräkningarna. För tillrinningen vid dimensionerande vattenstånd för flödesdimensioneringsklass I har ungefär hälften en högre tillrinning, 40 % en likadan tillrinning och 15 % en mindre tillrinning för de nya beräkningarna jämfört med de gamla.

Svårigheten i att jämföra modellprestanda, starttillståndet och tillrinningen vid dimensionerande vattenstånd för flödesdimensioneringsklass I är inte bara att många faktorer ändrade sig samtidigt mellan de gamla och nya beräkningarna, utan de ändrar sig antagligen också olika för olika anläggningar. T.ex. kan kalibreringsområdet för en anläggning vara densamma för den nya och gamla beräkningen, men de kan vara olika för en annan anläggning. Ett annat exempel är att magasinsvolymen och regleringsrutin (inklusive avbördningsförmåga) kan ha ändrat sig för en anläggning men inte för en annan anläggning. Man kan spekulera i att detta kan ha bidragit till att förändringarna inte är systematiska.

Förutom systematiska avvikelser undersöktes det om det finns indikationer att skillnader beror på geografiska läget. För modellprestanda, starttillståndet, flödestillfallet och tillrinningen vid dimensionerande vattenstånd kunde det inte fastställas att det geografiska läget påverkade resultatet. Men det visade sig att det geografiska läget verkade påverka resultaten av de ytterligare analyser som gjordes. Vattenekvivalenten av snön med en återkomsttid av 30 år blev större för anläggningarna som ligger i norra delen av Sverige och mindre för anläggningarna som ligger i södra delen av Sverige för senare 30-år jämfört med tidigare 30-år (samma modell – ingen ändring av andra faktorer). Detta kan bero på en kombination i förändring av nederbörd och temperatur. Det visar sig också att geografin förefaller inverka på dagen för senaste snökulmination. Söder om Kramfors är senaste datum vid vilket snötäcket kulminerar oförändrat eller senare för de första 30 år jämfört med de sista 30 år. Norr om Kramfors kan senaste datum

vid vilket snötäcket kulminerar vara oförändrat, senare, eller tidigare för de senare 30 år.

9 Referenser

- Andréasson J. Bergström S., Gardelin M., German J., Johansson B., Lindström G., Rosberg J. (2011): Analys av osäkerhet vid beräkning av dimensionerade flöden för dammar i flödes-dimensioneringsklass I, Elforsk rapport 11:31.
- Lindström G., Gardelin M., Johansson B., Persson M., Bergström S. (1996) : HBV-96- En areellt fördelad modell för vattenkraftshydrologin, SMHI, RH, Nr 12.
- Nash J. E. & Sutcliffe J. V. (1970): River flow forecasting through conceptual models. Part I: a discussion of principles, J. Hydrol., 10,282-290.
- Olofsson J. & Lindström G. (2000): Förbättring av automatkalibrering i HBV-96 – toppvärden, SMHI rapport, 2000, Nr. 9.
- Olofsson J. & Sanner H. (1998): Skillnader i dimensionerade flöden mellan gamla modellen och nya HBV-96 modellen, SMHI uppdragsrapport för Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO), Norrköping 1998.

Bilaga 1

Tabell 2 Lista över datakällor för modellprestanda, snövattekvivalent med 30-årsåterkomsttid, datum för senast snökulmination och flödesdimensioneringsklass I-tillrinning.

Älv	Anläggning	Referens 1990-talet	Referens 2000-talet
Modellprestanda			
<u>Luleälven</u>	Sitasjaure, Suorva, Satisjaure, Porjus, Tjaktjajaure, Boden	Åtgärder i Luleälven med anledning av reviderade dimensionerande flöden, Slutrapport inklusive bilagor, Vattenfall Hydropower AB, 1996-05-13, Bilaga 2.4	Flödesdimensionering i Luleälv, SMHI, Rapport, Nr. 2015-6, 2015
<u>Skellefteälven</u>	Riebnisjaure Vargfors, Rengård	F2 LCB: 2; Riebnesströmmen Skellefteälven 20, 1992	Dimensionerande flöden för Skellefteälven Delrapport 1- Modellkalibrering och beräkning av 100-års-tillrinningar, SMHI, Rapport 2016 nr 16, 2016
	Hornavan	F2 LCB: 2; Hornavan Skellefteälven, 1991	"
	Storavan	F2 LCB: 2; Skellefteälven, Uddjaur-Storavan, 1992	"
	Vargfors	F2 LCB: 3; Skellefteälven Vargfors	"
	Rengård	F2 LCB: 3; Skellefteälven Rengård	"
<u>Umeälven</u>	Överuman	F2 LCB: 5 ; 28 Överuman Kalibrering för dammdim HBV 900925	Dimensionerande flöden och vattenstånd för Umeälven. Delrapport 1 – Kalibrering och dataanalys, SMHI, Rapport 2016 nr 25, 2016
	Ajaure	F2 LCB: 5 ; 28 Ajaure Kalibrering för dammdim HBV 900925	"
	Storjuktan	F2 LCB: 5 ; 28 Storjuktan Kalibrering för dammdim HBV 1991	"
<u>Lagan</u>	Fryele, Värmeshult, Norekvarn, Rörvik (Algunnen), Bolmen (Skeen)	F2 LCF: 11; 98 Flödeskalibrering och Dammdimensionering i Lagan	Damdim Lagan 2012; 2011/1288/204; Inte än arkiverat arbetsmaterial
<u>Dalälven</u>	Trängslet	F2 LCF: 3; Dimensionering Trängslet 901122	Flödesdimensioneringsklass I dimensionering för Trängslet, SMHI, Rapport Nr. 2012-8, 2012

Älv	Anläggning	Referens 1990-talet	Referens 2000-talet
Vatten- ekvivalent av snön med 30- års återkomsttid + dagen av senaste snö- kulmination			
<u>Luleälven</u>	Suorva, Satisjaure, Porjus, Messaure, Parki, Akkats, Boden, Letsi, Porsi	Åtgärder i Luleälven med anledning av reviderade dimensionerande flöden, Slutrapport inklusive bilagor, Vattenfall Hydropower AB, 1996-05-13, Bilaga 3.4	Luleälvens dimensioneringsmodell, dessta.tab filer
<u>Skellefteälven</u>	Sädvajaure, Riebnisjaure, Hornavan, Storavan, Slagnäs, Bastusel, Grytfors, Gallejaure, Vargfors, Rengård, Båtfors	Sammanställning av 30 årssnö och kulminations- datum.xlsx, skickat från SkellefteälvensVatten reglerings Företag, 20190412	Sammanställning av 30 årssnö och kulminationsdatum.xlsx, skickat från SkellefteälvensVattenreglerings- Företag, 20190412
<u>Umeälven</u>	Överuman, Ajaure, Bleriken	Umeälvens dimensionerings- modell, dessta.tab filer	Umeälvens dimensioneringsprotokoll, Dimensioneringsprotokoll_- Umeälven.xls, 20160410
	Abelvattnet, Stensele, Grundfors, Rusfors, Bålforsen, Betssele, Hällforsen, Tuggen, Bjurfors Ö., Bjurfors, N., Harrsele, Pengfors, Stornorrfors	Flödesberäkning i Umeälven nedströms Storuman, Vattenfall Hydropower, 1993- 06-11	"
<u>Indalsälven</u>	Juveln, Storrensjön, Anjan, Järpströmmen, Greningen, Liten, Häckren, Sällsjön, Näldsjön, Alsensjön, Näckten, Kattstrupeforsen, Granboforsen, Midskog, Näverede, Krångede, Gammelänge, Hammarforsen, Stadsforsen, Hölleforsen, Järkvissle, Oxsjön, Bergeforsen	Indalsälvens dimensionerings- modell, dessta.tab filer	Dimensioneringsprotokol_- Övre älven.xls, 20190214 Dimensioneringsprotokoll_- nedre _delen.xls, 20190318 Dimensioneringsprotokoll_- Oxsjön.xls, 20190130 Dimensioneringsprotokoll_- Långan.xls, 20190204 Dimensioneringsprotokoll_- Hårkan.xls, 20190201

Älv	Anläggning	Referens 1990-talet	Referens 2000-talet
	Burvattnet, St. Mjölkvattnet, Korsvattnet, Ö. Oldsjön, Rönnösjön, Landösjön, St. Stensjön, Rörvattnet, Storfoskvattnet, Hotagen, Näsaforsen, Högfors		
<u>Dalälven</u>	Trängslet	F2 LCF: 3; Dimensionering Trängslet, Extrema vår och höstflöden för Trängslet, SMHI Arbetsmaterial, 1990- 11-27	Trängslets dimensioneringsmodell, dessta.tab fil
Flödes- dimension- eringsklass I Tillrinningen			
<u>Luleälven</u>	Suorva, Satisjaure, Porjus, Messaure, Parki, Akkats, Boden, Letsi, Porsi	Åtgärder i Luleälven med anledning av reviderade dimensionerande flöden, Slutrapport inklusive bilagor, Vattenfall Hydropower AB, 1996-05-13, Bilaga 3.5	Dimensioneringsprotokoll_- Stora ny Boden.xlsx, 20141217 Dimensioneringsprotokoll2.xls, 20151217
<u>Skellefteälven</u>	Sädvajaure, Riebnisjaure, Hornavan, Storavan, Slagnäs, Bastusel, Grytfors, Gallejaure, Vargfors, Rengård	SSVF-Ske- mu19022611520.pdf skickat från SkellefteälvensVatten- reglerings Företag, 20190226	SSVF-Ske-mu19022611520.pdf skickat från SkellefteälvensVattenreglerings- Företag, 20190226
	Båtfors, Finnfors, Granfors, Krångfors, Selsfors, Kvistforsen, Bergsbyn	5b_Friavbördning Lokaldimensionering 2016 OCH 1998.pdf skickat från SkellefteälvensVatten- reglerings Företag, 20190508	5b_Friavbördning Lokaldimensionering 2016 OCH 1998.pdf skickat från SkellefteälvensVattenreglerings- Företag, 20190508

Älv	Anläggning	Referens 1990-talet	Referens 2000-talet
<u>Umeälven</u>	Överuman, Ajaure, Bleriken, Storjuktan, Storuman, Abelvattnet, Stensele, Grundfors, Rusfors, Bålforsen, Betsle, Hållforsen, Tuggen, Bjurfors Ö., Bjurfors, N., Harrsele, Pengfors, Stornorrfors	UMEDIM 2012-03-05.xlsx skickat från Vattenreglerings Företagen, 20190508	Dammdimensionering för Umeälven, Delrapport 2. Dimensioneringsberäkningar, SMHI, rapport nr 2016-53, 2016
<u>Indalsälven</u>	Torrön, Juveln, Storrensön, Anjan, Järpströmmen, Greningen, Helgesjön, Liten, Håckren, Sällsjön, Näldsön, Alsensjön, Näckten, Storsjön, Kattstrupeforsen, Granboforsen, Midskog, Näverede, Stugun, Krångede, Gammelänge, Hammarforsen, Svarthålsforsen, Stadsforsen, Hölleforsen, Järkvissle, Oxsjön, Bergforsen, Burvattnet, St. Mjölkvattnet, Ö.L. Mjölkvattnet, Korsvattnet, Ö. Oldsjön, Rönnösjön, Landösjön, St. Stensjön, Rörvattnet, Storfoskvattnet, Hotagen, Näsaforsen, Högfors	Indalsälvens Vattenregleringsföretag (2002): Flödesdimensionering i Indalsälven, Bilaga 1:1, Bilaga 1:2	Dammdimensionering för Indalsälven_utkast_2019_03_05.pdf, 2019
<u>Dalälven</u>	Trängslet	F2 LCF: 3; Dimensionering Trängslet, Extrema vår och höstflöden för Trängslet, SMHI Arbetsmaterial, 1990-11-27	Flödesdimensioneringsklass I dimensionering för Trängslet, SMHI, rapport nr 2012-8, 2012-02-15

TVÅ GENERATIONER AV FLÖDESDIMENSIONERINGSKLASS I-BERÄKNINGAR

Under 1900-talet gjordes beräkningar av flödesdimensioneringsklass 1 för flöden i de stora älvarna som producerar vattenkraft. Efter att riktlinjerna har uppdaterats har nya beräkningar gjorts för några av älvarna. I den här rapporten har antaganden och resultat mellan den första och den andra generationens beräkningar jämförts och analyserats för att hitta eventuella skillnader.

Fokus har varit att identifiera systematiska skillnader i modellprestanda, snö-vattenekvivalent med 30-årsåterkomsttid, senaste datum vid vilken snötäcket kulminerar, tillrinning vid dimensionerande vattenstånd i flödesdimensioneringsklass I samt tillfälle på året det dimensionerande vattenståndet inträffar.

Varken systematiska skillnader eller skillnader beroende på geografiskt läge kunde fastställas för någon av de undersökta parametrarna. Däremot varierade skillnaderna mycket mellan de olika anläggningarna.

Ett nytt steg i energiforskningen

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